

III-081 - ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DO LIXIVIADO DO ATERRO DA MURIBECA ANTES E APÓS O ENCERRAMENTO**Eduardo Antonio Maia Lins⁽¹⁾**

Doutor em Geotecnia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor da Faculdade Maurício de Nassau. Tutor a Distância do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Pesquisador do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE. Coordenador técnico do monitoramento ambiental dos Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos da Muribeca e Aguazinha - PE.

Cecília Maria Mota Silva Lins

Graduada em Engenharia Civil pela UFPE. Mestre em Engenharia Civil - Geotecnia Ambiental pela UFPE; Doutoranda em Engenharia Civil - Geotecnia Ambiental pela UFPE. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS-UFPE).

José Fernando Thomé Jucá

Prof. Deptº. Engª. Civil (UFPE). Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos – GRS/UFPE. Coordenador do Programa de Monitoramento dos Aterros da Muribeca-PE e Aguazinha – Olinda. Coordenador dos Projetos PROSAB-FINEP, PRONEX e CHESF/UFPE. Consultor do Ministério das Cidades na área de resíduos sólidos.

Maria Cristina Moreira Alves

Doutorado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro/sanduiche na Universidade de Oxford. Professora da Escola de Engenharia Politécnica da UFRJ, colaboradora do Grupo de Resíduos Sólidos GRS/UFPE. Doutora em Geotecnia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio.

Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha

Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora adjunto II da Universidade Federal de Pernambuco. Coordenadora do Curso de Engenharia Química da UFPE desde agosto de 2005.

Endereço⁽¹⁾: Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N – Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (81) 2126-8222 - e-mail: eduardomaialins@yahoo.com.br

RESUMO

O Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca foi o maior aterro em operação no Estado de Pernambuco, recebendo diariamente cerca de 2.400 toneladas de sólidos regulares (resíduos domésticos), sólidos volumosos (entulhos e raspagens) e resíduos de poda. A composição gravimétrica média do aterro da Muribeca realizada em 2009 compreende em 47% do lixo composto de material orgânico, 19% plástico mole, 4% plástico duro, 9% de papel e papelão, 6% têxteis, 7% têxteis sanitários, 2% de metais, vidros, couro e borracha 1% cada e 3% de outros materiais. À partir do encerramento do Aterro Controlado da Muribeca, em julho de 2009, existiu uma tendência natural do lixiviado se tornar menos biodegradável sugerindo o comprometimento do atual sistema de tratamento adotado. Desse modo, este trabalho tem por objetivo analisar as características físico-químicas do lixiviado do Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos da Muribeca, antes e após o seu encerramento, analisando também a biodegradabilidade do lixiviado no decorrer do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Controlado, Encerramento, Lixiviado, Biodegradabilidade.

INTRODUÇÃO

O Aterro Controlado da Muribeca está situado na zona rural do Município de Jaboatão dos Guararapes, na localidade de Muribeca dos Guararapes, próximo ao Eixo de Integração em Prazeres - Jaboatão, distando cerca de 16 km do centro do Recife. A área de disposição está entre as seguintes coordenadas: 280.000 a 282.000 Leste e 9.096.000 a 9.098.000 Norte, ocupando uma área total de 60 hectares, com perímetro de 3.848 metros.

O Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca foi o maior aterro em operação no Estado de Pernambuco, recebendo diariamente cerca de 2.400 toneladas de sólidos regulares (resíduos domésticos), sólidos volumosos (entulhos e raspagens) e resíduos de poda, até julho de 2009. A composição gravimétrica média do aterro, baseada em dados obtidos para a célula experimental da CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco), compreende: 46,3% de matéria orgânica; 12,2% de papel/papelão; 19,4% de plástico; 1,9% de

metal; 2,7% de madeira; 3,5% de materiais têxteis; 0,8% de borracha e couro; 1% de vidro; 3,6% de fraldas descartáveis; 6% de coco e 2,6% outros (MARIANO et al., 2007).

Esta região vem sendo degradada desde 1985, quando o aterro funcionava como depósito de resíduo a céu aberto. Em 1994, foi realizado um diagnóstico do local a fim de reconhecer o seu meio físico: geologia, hidrogeologia, geotecnia, morfologia, recursos hídricos e meteorologia, permitindo o reconhecimento do subsolo, dos lençóis de águas superficiais e profundos e o mapeamento das falhas da rocha. Concluído o diagnóstico, foi iniciado um estudo do processo de tratamento dos resíduos e recuperação ambiental, visando a transformação do lixão em aterro controlado. Este processo consistiu na construção de nove células, com largura e comprimento médios de, respectivamente, de 200 x 200m, e altura variando de 20 a 40 m, aproximadamente (LINS, 2003).

Em 2002, de posse do estudo do processo de tratamento dos resíduos e recuperação ambiental do aterro da Muribeca devidamente aprovado pelo órgão ambiental do Estado, iniciaram-se as obras de implementação dos sistemas de drenagem de gás e lixiviado, além da implantação do Sistema de Tratamento de Lixiviado. A concepção adotada foi um tratamento biológico através de lagoas de estabilização (01 anaeróbia seguida de 03 facultativas) e o tratamento bioquímico, através da fitorremediação. Quanto à eficiência da Estação de Tratamento de Lixiviado, o órgão ambiental estadual afirmou que após a verificação dos resultados, constantes dos certificados dos ensaios físico-químicos e de toxicidade, o efluente apresentou valores elevados de DQO e DBO. Após a passagem pela lagoa anaeróbia e pela terceira lagoa facultativa, o efluente apresenta uma redução de cerca de 87% na DBO e de 34,5% na DQO. Como se pode observar, com relação a taxa de remoção da DBO, o sistema apresenta um desempenho em conformidade com o CONAMA 430/11, mas no tocante à DQO o sistema necessita melhorar bastante o seu desempenho operacional. Todavia o teor de metais pesados, apresentou-se dentro do preconizado pela legislação ambiental em vigor.

O encerramento do Aterro Controlado da Muribeca ocorreu em julho de 2009, por ter sido caracterizado pelo Ministério Público como forma inadequada de disposição de resíduos sólidos urbanos. Neste mesmo período, além da proibição da entrada de novos resíduos, foi iniciada a recuperação deste aterro, realizando-se a cobertura total dos platôs e o plantio de espécies nativas da Mata Atlântica em toda a área. Porém, em função da tendência natural do lixiviado se tornar menos biodegradável uma vez que a relação DBO₅/DQO tende a ser cada vez menor, o atual sistema de tratamento adotado (Lagoas de Estabilização) poderá estar comprometido, fazendo-se necessário a elaboração de um sistema de tratamento utilizando processos físicos e químicos com o objetivo de tratar o lixiviado de forma eficaz. Este trabalho tem por objetivo analisar as características físico-químicas do lixiviado do Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos da Muribeca, antes e após o seu encerramento, analisando também a biodegradabilidade do lixiviado no decorrer do tempo

MATERIAIS E MÉTODOS

- Coleta, Preservação e Amostragem do Efluente

A técnica de coleta das amostras foi baseada na Norma da CETESB (1998) e consiste em uma tarefa aparentemente simples, não se resume a apenas mergulhar uma garrafa no efluente para retirar uma amostra. É necessário obter uma amostra representativa e estabilizada do corpo de água amostrado e das condições locais que possam interferir tanto nas interpretações dos dados quanto nas próprias determinações laboratoriais.

Alguns cuidados foram tomados durante as coletas de amostras do efluente na entrada do Sistema de Tratamento de Lixiviado:

- As amostras coletadas não deveriam possuir partículas grandes, ou detritos, ou folhas;
- As amostras foram coletadas em um frasco em contra a corrente;
- Foram amostrados cerca de 5 litros de lixiviado em cada campanha de amostragem, acondicionadas em bombonas plásticas previamente esterilizadas para as análises físico-químicas.
- Para os ensaios microbiológicos cerca de 200 mililitros eram amostrados em recipientes de vidro, previamente esterilizados. Após a amostragem, os frascos foram colocados em banho de gelo a uma temperatura aproximada de 4°C.

A amostragem é de importância fundamental no monitoramento, não se constituindo unicamente na coleta das amostras a serem analisadas, mas envolvendo o planejamento das atividades de amostragem desde o campo até o laboratório.

A amostragem composta foi formada por pequenas e diferentes alíquotas coletadas ao longo do tempo. Este tipo de amostragem foi realizado nesta pesquisa para a caracterização do lixiviado em diferentes meses do ano. Ressalta-se que para cada dia de amostragem, foram coletadas dez alíquotas de 500 ml de lixiviado no intervalo de uma hora, no intervalo de 8 horas às 17 horas, formando, no final do dia, uma amostra homogênea de 5 litros. As amostras foram coletadas na entrada da Lagoa de Decantação da Estação de Tratamento de Lixiviado do Aterro da Muribeca- PE, onde se encontra concentrado todo o efluente do aterro, conforme observado na Figura 1.



Figura 1 – O Aterro da Muribeca e a Estação de Tratamento de Lixiviado.

- Caracterização Físico-Química do Lixiviado

Devido à grande variabilidade de composição do lixiviado, as amostras selecionadas foram previamente analisadas visando sua caracterização físico-química. A Tabela 01 apresenta resumidamente os parâmetros físico-químicos analisados para esta pesquisa, dentre eles destacam-se DQO, DBO, pH, cor, nitrogênio amoniacal e metais pesados (Ferro, Manganês, Zinco, Cromo, Cobre, Chumbo e Níquel).

A metodologia adotada para análise físico-química do lixiviado foi baseada nos procedimentos estabelecidos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Geotecnia Ambiental do Grupo de Resíduos Sólidos - GRS, no Departamento de Engenharia Civil, excetuando as análises de metais pesados que foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental e Qualidade (LEAQ).

RESULTADOS

Os resultados da caracterização do lixiviado são apresentados na Tabela 1. Salienta-se que no período de coleta a grande maioria dos resíduos do aterro apresentava uma idade de aterramento maior que 5 anos, existindo apenas uma pequena fração de resíduos novos.

Com base nas análises realizadas durante a pesquisa observou-se que a faixa máxima do pH ficou entre 8,2 e 8,7, podendo indicar um lixiviado de aterro na fase metanogênica, conforme observado por diversos autores. Nesta fase há a decomposição dos produtos de fermentação ácida que são convertidos em metano (CH_4), substâncias húmicas e água. Com esta faixa de pH, pode-se justificar a baixa concentração de metais pesados presente no lixiviado do Aterro da Muribeca uma vez que o pH elevado reduz a disponibilidade de contaminantes. Segundo os dados do levantamento realizado por Souto & Povinelli (2007), esta faixa de pH encontra-se dentro da faixa de valores mais prováveis para os aterros brasileiros.

A alcalinidade mede a quantidade de íons que reagirão para neutralizar os íons de hidrogênio, que influenciam na capacidade tampão do efluente. Os principais constituintes da alcalinidade são: bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos, sua distribuição no efluente é influenciado pelo pH, conforme observado abaixo.

- pH > 9,4: hidróxidos e carbonatos;
- pH entre 8,3 e 9,4: carbonatos e bicarbonatos;
- pH entre 4,4 e 8,3: apenas bicarbonatos.

De acordo com a Tabela 1, observou-se que a alcalinidade possui uma faixa máxima de concentração entre 5.867 e 8.375 mg/L, que, de acordo com Souto & Povinelli (2007), encontra-se na faixa máxima de aterros brasileiros. Além disso, poderá haver a predominância de carbonatos e hidróxidos no lixiviado do Aterro da Muribeca.

Tabela 1 - Caracterização do lixiviado do Aterro da Muribeca.

Parâmetros	Ago/07	Set/07	Nov/08	Dez/08	Nov/09	Dez/09	Faixa Máxima
pH	8,46	8,58	8,70	8,63	8,21	8,36	8,21 - 8,70
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	5.867	7.666	7.838	7.600	8.375	6.917	5.867 - 8.375
DBO ₅ (mg/L)	2.320	2.430	3.185	3.190	1.140	500	500 - 3.190
DQO (mg/L)	3.307	3.467	4.293	4.735	3.600	3.800	3.307 - 4.735
DBO ₅ /DQO	0,70	0,70	0,74	0,67	0,32	0,13	0,13 - 0,74
Cor (Hz)	8.683	8.645	10.550	10.355	8.850	8.830	8.645 - 10.550
Turbidez (NTU)	193,3	163,2	137	188	106,8	80,3	80,3 - 193,3
Condutividade (mS/cm)	18,24	20,63	21,33	19,40	24,16	24,73	18,24 - 24,73
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1.708	1.446	1.532	1.125	2.900	2.050	1.125 - 2.900
Fósforo Total (mg/L)	14,62	8,25	13,75	11,5	9,75	NA**	8,25 - 14,62
Sulfatos (mg/L)	764	967	880	662	NA**	NA**	662 - 967
Sulfetos (mg/L)	1,05	1,26	1,06	1,23	0,37	0,65	0,37 - 1,26
Cloretos (mg/L)	227	245	760	NA**	230	140	140 - 760
ST (mg/L)	8.990	10.100	11.469	10.804	10.772	10.862	8.990 - 11.469
SDT (mg/L)	7.022	8.188	9.387	9.524	10.012	9.944	7.022 - 10.012
SST (mg/L)	1.968	1.912	2.082	1.280	760	920	760 - 2.082
Fe (mg/L)	5,78	7,23	9,21	6,46	7,22	4,45	4,45 - 9,21
Mn (mg/L)	0,22	0,22	0,31	0,26	NA**	NA**	0,22 - 0,31
Zn (mg/L)	1,03	1,97	1,37	0,79	1,20	NA**	0,79 - 1,97
Cr (mg/L)	0,16	0,26	0,33	NA**	0,10	0,28	0,10 - 0,33
Cu (mg/L)	0,2	0,7	0,12	ND*	NA**	NA**	0,12 - 0,7
Pb (mg/L)	ND*	ND*	0,1	NA**	NA**	NA**	ND - 0,1
Ni (mg/L)	0,14	0,22	0,30	0,12	NA**	NA**	0,12 - 0,30

*ND: Não detectado; **NA: Não analisado

Segundo Cheung, Chu & Wong (1997), os resultados do teste de toxicidade para algas sugere que a concentração de amônia é o fator mais importante na toxicidade do lixiviado do aterro. Para o lixiviado em estudo, obteve-se uma faixa máxima de concentração entre 1.125 e 2.900 mg/L, que de acordo com Souto & Povinelli (2007), caracteriza-se na faixa máxima de aterros brasileiros. Por outro lado, de acordo com Clément & Merlin (1995), através de cálculos utilizando regressão matemática aplicada aos parâmetros físico-químicos e toxicológicos, obtiveram a confirmação de que a alcalinidade e a amônia podem ser os principais contribuintes para a toxicidade atribuída ao lixiviado. Dessa forma, faz-se necessário que o pH e a alcalinidade do lixiviado que será lançado no corpo receptor, sejam controlados de forma a não criar condições favoráveis para o surgimento de amônia na forma tóxica. No caso específico do lixiviado do Aterro da Muribeca, as concentrações de nitrogênio amoniacal variando entre 1.125 e 2.900 mg/L, com um alto valor de alcalinidade e um pH 8,6 pode indicar que o nitrogênio amoniacal esteja na forma ionizada NH_4^+ .

Ainda de acordo com a Tabela 1, avaliando a razão DBO_5/DQO pôde-se observar uma mudança na biodegradabilidade do lixiviado durante os anos analisados. Nos anos de 2007 e 2008, o aterro recebeu resíduos urbanos diariamente, enquanto que no final de 2009 o Aterro da Muribeca não recebeu mais resíduo e a camada de cobertura já se encontrava totalmente efetivada, fato este que pode ter contribuído na redução da relação DBO_5/DQO .

Os sólidos totais se subdividem em: Suspensos e Dissolvidos. Os sólidos totais, suspensos ou dissolvidos podem ser orgânicos (ou voláteis) e inorgânicos (ou fixos) e de acordo com as suas concentrações químicas podem resultar em problemas estéticos e ambientais. De acordo com a Tabela 1, verifica-se que a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos corresponde a aproximadamente 80% dos Sólidos Totais, podendo indicar que os sólidos dissolvidos são predominantes na composição do lixiviado, estando em concordância com Souto & Povinelli (2007), que afirmaram em termos de sólidos, predominam no lixiviado os sólidos dissolvidos, ao contrário dos efluentes domésticos, onde predominam os sólidos suspensos.

A cor verdadeira ou real do lixiviado está relacionada com os sólidos dissolvidos e colóides, mais especificamente com a presença de substâncias húmicas e fúlvicas. Kang et al. (2002) observaram que com o decorrer do tempo as moléculas e componentes aromáticos das substâncias húmicas também aumentam, ou seja, à medida que o lixiviado vai ficando mais velho, a cor tende a ficar mais concentrada. De acordo com a Tabela 1, da caracterização do lixiviado, não foi constatada nenhuma mudança considerável na cor do lixiviado após o encerramento do aterro. A faixa de concentração mais provável encontrada para a cor variou entre 8.645 e 10.550 Hz, podendo indicar um lixiviado bastante concentrado em substâncias húmicas e fúlvicas.

A Turbidez está relacionada aos sólidos em suspensão que provocam difusão e absorção da luz, provocada por plânctos, bactérias, argilas e siltes em suspensão, fontes de poluição que lançam material fino e outros. Além disso, deve-se à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, de natureza orgânica ou inorgânica e outros organismos microscópicos. De acordo com a Tabela 1, da caracterização do lixiviado, a turbidez variou entre 80,3 e 193,3 UNT apresentando um efluente bastante turvo quando comparado ao esgoto, indicando a necessidade de processo físico ou físico-químico para sua remoção no lixiviado.

A condutividade elétrica de um material é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions dependendo da temperatura. Os íons metálicos geralmente se combinam com compostos não metálicos (ácidos ou bases) chamados de ligantes. Em um aterro sanitário os ligantes mais comuns são certos ânions (cloretos, fosfatos, sulfatos), nitrogênio, ácidos húmicos e os aminoácidos. Nas amostras de lixiviado analisadas a faixa máxima obtida foi 18,24 e 24,73 mS/cm na entrada do sistema de Tratamento de Lixiviado do Aterro da Muribeca para diferentes períodos.

Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais dependendo da dose e da forma química. Ressalta-se que, de um modo geral, os metais são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde as bactérias até mesmo o ser humano, mas eles são requeridos em baixas concentrações e podem danificar sistemas biológicos. Os teores medidos de alguns metais pesados nas amostras são apresentados na Tabela 1. Dentre os valores de metais pesados apresentados, observa-se que a maioria desses estão bem abaixo dos valores máximos permitidos para lançamento de efluentes em corpos receptores, exceto os teores de Ferro que se encontram acima do padrão de lançamento pelo CONAMA 430/11. Fato este que confirma as afirmações de Harmsen (1983) e Santana-Silva (2008), de que a concentração de metais pesados nos lixiviados de aterros, na etapa de fermentação, deverá possuir baixo teores de metais pesados devido à solubilização metálica e complexação dos ácidos graxos voláteis, e, os riscos de contaminação ambiental

devem-se mais aos processos de acumulação. Alta concentração de Ferro encontrada, pode também ser justificada pelo alto teor deste metal presente na argila utilizada como camada de cobertura de resíduos no Aterro da Muribeca.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

De um modo geral, a concentração dos parâmetros analisados do lixiviado obtido tendeu, naturalmente, a se reduzir após o encerramento, uma vez que o aterro da Muribeca não recebeu novos resíduos e encontra-se com sua camada de cobertura efetivada. Assim, a relação DBO_5/DQO tendeu a reduzir-se, a disponibilidade dos metais tornam-se cada vez menores em função da elevação do pH e a quantidade de fósforo total disponível podem ter sido reduzidos pelo consumo dos microorganismos no interior da célula. Contudo, observou-se um aumento do nitrogênio amoniacal após o encerramento do aterro. Em ambas as fases, formação de ácidos simples e metanogênica, a maioria dos lixiviados de aterros sanitários contém elevadas concentrações de nitrogênio, principalmente na forma de íon amônio.

Um efluente que apresenta nitrogênio amoniacal em concentrações variando entre 1.125 e 2.900 mg/L, com um alto teor de alcalinidade e um pH de 8,6, juntamente com valores de DQO acima de 3.000 mg/L é considerado como de difícil tratamento por método biológico, principalmente devido a alta toxicidade que o nitrogênio pode oferecer. Além disso, os altos valores da cor do efluente dificultam o tratamento de lixiviado através de lagoas de estabilização, uma vez que as cores essenciais (verde e azul) para o processo fotossintético não conseguem ser absorvidos pelos micro-organismos presentes nas lagoas. Por fim, para um tratamento eficiente na remoção da matéria orgânica de um lixiviado que tende a recalcitrância, faz-se necessário a utilização de processos físico-químicos e/ou adsorptivos eficientes na redução dos compostos de difícil biodegradação e nitrogênio amoniacal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKERMAN, A. (2005). Feasibility of nitrate-shunt (nitrification) on landfill leachate. Dissertação de mestrado, Instituto de Tecnologia, Universidade de Lund (Suécia), 79p.
2. CETESB, Norma para Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos;
3. CHEUNG, K.C.; CHU, L.M.; WONG, M.H. (1997). Ammonia stripping as a pretreatment for landfill leachate. *Water, air and soil pollution*, v. 94, p. 209-221.
4. CLÉMENT, B.; MERLIN, G. (1995). The contribution of ammonia and alkalinity to landfill leachate toxicity to duckweed. *The Science of the Total Environment*, v. 170, p. 71-79.
5. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011: completa e altera a Resolução 357/05. Disponível em: <<http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/Resolucao%20Conama%20430%202011.pdf>>. Acesso em: 24 de maio de 2011.
6. ESTEVES, F.A. (1998). Fundamentos da limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.
7. HARMSSEN, J. (1983). Identification of organic compounds in leachate from a waste tip. *Water Research*, v. 17, p. 699-705.
8. LINS, E. A. M. (2003) - A Utilização da Capacidade de Campo na Estimativa do Lixiviado Gerado no Aterro da Muribeca. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco.
9. LINS, E. A. M. (2011) - Proposição e Avaliação de um Sistema Experimental de Processos Físicos e Químicos para Tratamento de Lixiviado. 278 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.
10. MARIANO, M.O.H.; MACIEL, F.J.M.; FUCAL, S.P.; JUCÁ, J.F.T.; BRITO, A.R. (2007). Estudo da composição dos RSU do projeto piloto para recuperação do biogás no Aterro da Muribeca/PE. In: VI Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO´ 2007 e V Simpósio Brasileiro de Geossintéticos – Geossintéticos 2007, Recife.
11. SANTANA-SILVA, F. M. (2008). Avaliação do método de precipitação química associados do stripping de amônia no tratamento do lixiviado do Aterro Muribeca-PE. Dissertação Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 133 p.
12. SOUTO, G.D.B.; POVINELLI, J. (2007). Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte-MG.