



III-296 – AVALIAÇÃO DE PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS ASSOCIADO A UMA BARREIRA REATIVA PERMEÁVEL NO TRATAMENTO DE LIXIVIADO

Eduardo Antonio Maia Lins⁽¹⁾

Mestre em Geotecnia Ambiental pela UFPE; Doutorando em Geotecnia Ambiental pela UFPE; Responsável pelo monitoramento ambiental do Aterro da Muribeca; Professor do Instituto de Administração Municipal – IBAM, FUNDAJ e da Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – RECESA. Pesquisador do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB).

Cecília Maria Mota 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). Pesquisadora do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) e da Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

Fabírcia Maria Santana Silva

Graduada em Ciências Biológicas pela UPE; Mestre em Engenharia Civil - Geotecnia Ambiental pela UFPE; Doutoranda em Engenharia Civil - Geotecnia Ambiental pela UFPE; Membro do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS-UFPE) e Pesquisadora do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) e da Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

Érica Patrícia Lima de Brito

Tecnóloga em Gestão Ambiental; Graduanda de Engenharia Química pela UFPE; Bolsista do Grupo de Resíduos Sólidos GRS/UFPE.

Natália Nascimento de Souza

Graduanda de Engenharia Química pela UFPE; Bolsista do Grupo de Resíduos Sólidos GRS/UFPE.

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Souto Maior, Nº33, Apto.1303, Edf. Morumbi Residence, Casa Amarela, Recife-PE, Brasil. CEP:52051-240. e-mail: eduardomaialins@yahoo.com.br

RESUMO

Na escolha do melhor tratamento para lixiviados de aterros sanitários são encontradas várias dificuldades, como a definição de suas características físico-químicas e biológicas e a variação de sua composição com o tempo. A possibilidade de obtenção de um sistema de tratamento de lixiviado economicamente viável, de fácil implantação, simples operação e com boa eficiência de remoção de poluentes, pode tornar-se uma forte ferramenta para os órgãos públicos e privados na redução dos impactos ambientais negativos gerados pelo tratamento inadequado de lixiviado, garantindo a preservação do solo, das águas superficiais e dos lençóis freáticos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do tratamento do lixiviado do Aterro da Muribeca através dos métodos de precipitação química utilizando hidróxido de cálcio e *stripping* de amônia associado a um sistema de barreira reativa permeável com zeólita, através de ensaios de tratabilidade realizado em laboratório.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Tratamento de Lixiviado, Precipitação Química, Stripping, Barreira Reativa.

INTRODUÇÃO

Um dos desafios nos projetos de aterros sanitários é o tratamento do lixiviado uma vez que sua qualidade é alterada em função das características dos resíduos dispostos no aterro, de fatores relativos a área, de fatores climáticos e, sobretudo, com a idade do aterro. A maioria dos aterros brasileiros não possui nenhum tipo de tratamento para o lixiviado ou o trata de maneira ineficiente. Desta forma, é relevante o desenvolvimento de técnicas de tratamento eficientes na remoção da carga poluidora do lixiviado e que sejam compatíveis com a realidade técnica e econômica dos municípios. O verdadeiro desafio consiste em garantir a empresa geradora do lixiviado uma solução tecnológica que funcione 24 horas por dia com total confiabilidade, uma vez que o lixiviado, pela característica intrínseca de ser um produto indefinido na composição, oriundo de uma série de processos biológicos e físico-químicos que acontecem no interior do aterro, é um elemento difícil de ser tratado e recusa soluções muito simplistas.



A solução dos problemas potenciais que possam existir em relação ao lixiviado coletado do aterro, não se resume na escolha do processo de tratamento. Na realidade o termo que melhor se enquadra nesta questão é o *manejo do lixiviado*, que constitui a chave para eliminação dos riscos de contaminação de aquíferos provocados por este efluente do aterro de resíduos sólidos urbanos (HAMADA, DA SILVA & CIACHETI, 2004).

A seleção e projeto de uma estação de tratamento de lixiviado não é simples. Os fatores mais importantes que influenciam no manejo de tratamento de lixiviados são: características do lixiviado, alternativas de descarga do efluente, alternativas tecnológicas, custos e legislação específica (QASIM & CHIANG, 1994).

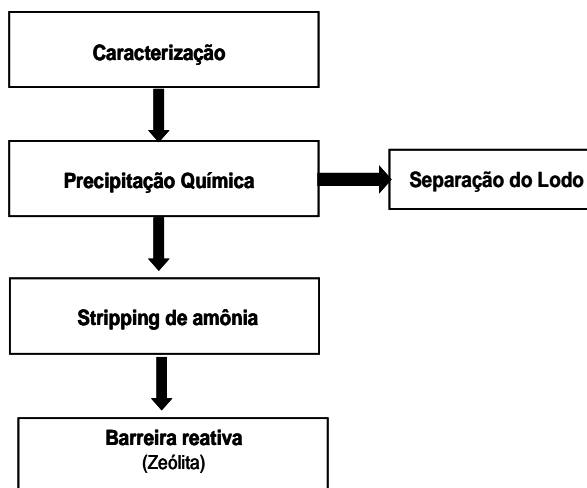
Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do tratamento do lixiviado do Aterro da Muribeca através dos métodos de precipitação química utilizando hidróxido de cálcio e *stripping* de amônia associado a um sistema de barreira reativa permeável com zeólita, através de ensaios de tratabilidade realizado em laboratório.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios de tratabilidade realizados foram baseados em um sistema físico-químico seguido de uma barreira reativa permeável conforme Figura 1. O lixiviado inicialmente foi caracterizado e posteriormente foram realizados 6 (seis) ensaios de tratabilidade, etapa a etapa, nas condições ideais. Ressalta-se que os resultados dos ensaios foram realizados em períodos com balanços hídricos distintos. As concentrações utilizadas para os ensaios de tratabilidade foram de 15 e 35g/L e tais concentrações foram obtidas através de ensaios preliminares, correspondentes a precipitação química. Ressalta-se que foram obtidas 3 amostras em épocas de déficit hídrico e 3 amostras em épocas de excedente hídrico.

A precipitação química foi realizada através da adição de diferentes concentrações de Ca(OH)_2 (15 e 35 g/L) em amostras de 1 L de lixiviado conforme características do efluente e balanço hídrico da região. A amostra de lixiviado foi agitada em Jar Test a 120 rpm durante 30 min e no término da agitação, a amostras permaneceu decantando por um período de tempo de 1 hora e em seguida separou-se o sobrenadante do lodo formado. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: DBO, DQO, pH, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, cor e condutividade. Estes mesmos parâmetros também foram analisados nas etapas subseqüentes dos ensaios de tratabilidade.

Figura 1: Fluxograma correspondente às etapas do ensaio de tratabilidade.



Os ensaios referentes ao estudo de remoção de nitrogênio amoniacal por *stripping* tiveram como objetivo avaliar a remoção de nitrogênio amoniacal de uma amostra com o melhor pH estabelecido na etapa anterior (pH 12), utilizando-se a injeção de ar. Nessa etapa foram também analisados todos os parâmetros descritos anteriormente. O procedimento experimental adotado foi:



1. O *stripping* de amônia foi então iniciado, na primeira etapa com uma agitação rápida de 120 rpm e na segunda etapa, injetando ar com uma vazão de 5 L/min na fase líquida remanescente da precipitação química. Esta aeração foi realizada utilizando-se o permeâmetro de parede flexível, que permite a injeção de ar com vazão controlada no sistema;
2. Utilizou-se o volume de 2 litros de lixiviado;
3. As amostras foram coletadas em intervalos de tempo pré-estabelecidos (hora em hora) para a análise da concentração de N-NH_3 , com a finalidade de reduzir até valores compreendidos entre 200-300 mg/l, onde foi finalizado o processo de *stripping*. Logo em seguida foi realizada a caracterização completa do lixiviado tratado;
4. A temperatura foi mantida constante durante todo o procedimento (26°C).
5. Após a etapa *stripping* e obtenção da concentração de nitrogênio amoniacal desejada, foi realizada na amostra tratada de lixiviado a correção do pH para um valor aproximado de 8,5, visto que após o tratamento com $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ o pH apresentava-se na faixa entre 10-11. Esta correção foi realizada com uma solução de ácido clorídrico 6 M.

Por fim, para a simulação de uma barreira reativa permeável utilizando zeólita natural foram realizados ensaios de coluna. Este ensaio teve como objetivo simular as características da barreira permeável de campo, e assim otimizar a eficiência desta barreira, sendo realizado no Permeâmetro de parede flexível - Sistema Tri-Flex 2 - Soil Test, ELE Internacional. Para a realização do ensaio de coluna, inicialmente, o corpo de prova foi montado na célula do equipamento. Este com diâmetro de 10 cm e altura de 9 cm, sendo preenchido com 715 g de zeólita natural. Após a montagem do corpo de prova, encheu-se a célula com água destilada. Em seguida, aplicou-se uma pressão confinante de 30 KPa e um gradiente de pressão de 20 KPa, para que a zeólita atingisse a saturação, ao mesmo tempo foi realizado o ensaio de permeabilidade a água. Alcançada a saturação da amostra foram percolados dois litros do lixiviado pré-tratado com hidróxido de cálcio e *stripping*. Neste efluente foi realizada a caracterização físico-química para a conclusão do ensaio de tratabilidade.

RESULTADOS

Na Tabela 01 são apresentados os resultados médios da caracterização do lixiviado e dos resultados de cada etapa do ensaio de tratabilidade para uma época de déficit hídrico. Já na Tabela 02, são apresentados os resultados para uma época de excedente hídrico.

Ressalta-se que a primeira coluna das tabelas apresenta a caracterização do lixiviado, a segunda a característica média do lixiviado após tratamento físico-químico e *stripping*, enquanto que a terceira representa o tratamento final após passagem pelo polimento final com Zeólita.

De acordo com a Tabela 01, observa-se que o lixiviado bruto correspondente à época de déficit hídrico é facilmente biodegradável ($\text{DBO}/\text{DQO} = 0,76$). Nessa etapa da pesquisa, devido às características do lixiviado, uma vez que esse se encontra mais concentrado, utilizou-se uma concentração de cal hidratada aproximada de 35 g/L, baseando-se na remoção da cor aparente. Ressalta-se que o aumento da concentração de cal está diretamente ligado às características do lixiviado e sabe-se que essas variam conforme os períodos do ano. Por outro lado, na Tabela 10 pode ser observado que o lixiviado bruto analisado e coletado no período de excedente hídrico apresenta característica de um efluente de difícil biodegradabilidade ($\text{DBO}/\text{DQO} = 0,22$). Em função das características do lixiviado, em função da diluição, foi utilizada uma menor concentração de cal hidratada, aproximada de 15 g/L, considerando também a remoção da cor aparente.

O tratamento físico-químico favoreceu uma redução significativa de cor, alcançada uma eficiência de 76% e 83% para ambos os períodos. Os valores médios de cor medidos nas amostras de lixiviado antes e após tratamento físico-químico variaram na faixa de 12720 e 7182 Hz; 3060 e 1200 Hz, respectivamente.

Quanto à remoção de matéria orgânica através do tratamento físico-químico seguido de *stripping* medida na forma de DBO e DQO, observou-se um baixo desempenho na remoção desses parâmetros. As eficiências médias encontradas foram de 16% e 7% de DBO e 22 e 32 % de DQO, para respectivamente as concentrações de 35 e 15g/L.

**Tabela 1: Caracterização do Lixiviado e Resultados das Etapas de Tratabilidade na época de Déficit Hídrico.**

Parâmetros	Lixiviado Bruto	Lixiviado Após Tratamento Físico-Químico	% Remoção	Lixiviado Final após passar pela Zeólita	% Remoção
pH	8,4	8,5	-	8,0	-
Alcalinidade	11593,5	741,5	93,6	543,7	27
DBO (mg/l)	3295	2780	15,6	2180	22
DQO (mg/l)	4345	3403	21,7	2566	25
Relação DBO/DQO	0,76	0,82	-	0,86	-
Cor (Hz)	12720	3060	76	2270,5	26
Condutividade (mS/cm)	20.945	15.456	26	15.3195	1
Nitrogênio Amoniacal	1853	257	86	15,5	94

Tabela 2: Caracterização do Lixiviado e Resultados das Etapas de Tratabilidade na época de Excedente Hídrico.

Parâmetros	Lixiviado bruto	Lixiviado após tratamento Físico-químico	% remoção	Lixiviado final após passar pela Zeólita	% remoção
pH	7,85	8,05	-	8,1	-
Alcalinidade	4976,5	521,7	89,5	350	33
DBO (mg/l)	467	435	7	322,5	26
DQO (mg/l)	2102	1424	32	1239	13
Relação DBO/DQO	0,22	0,3	-		-
Cor (Hz)	7182,5	1200	83	883,2	26
Condutividade (mS/cm)	12.244	9.925	19	9.566	3,6
Nitrogênio Amoniacal	2052,5	357,7	82,5	99,5	72

O nitrogênio amoniacal, como já justificado, é volatilizado de forma acentuada através da elevação do pH e injeção de ar, como observado nas Tabelas 1 e 2, onde se constata uma grande remoção deste elemento, que em grandes quantidades no efluente torna-se tóxico.

O pH das amostras de lixiviado brutas encontravam-se na faixa de 7-8,5, no entanto após o processo de stripping o pH chega a valores na faixa de 12 e por esse motivo, foi feita uma correção do pH para valores próximo a 8,5 no qual praticamente toda forma amoniacal se encontra sob a forma ionizada. A remoção de nitrogênio amoniacal após o tratamento físico-químico foi verificada uma remoção superior a 86%, já para o parâmetro de alcalinidade foi alcançado valores de eficiência médios de 89 e 93%, dessa forma não houve uma diferença entre o período de déficit e excedente hídrico.

Quanto ao sistema de barreira reativa permeável, esta tem como função realizar um polimento final do efluente. Observa-se uma acentuada remoção de nitrogênio amoniacal nos experimentos realizados tanto com o lixiviado coletado em época de excedente hídrico quanto de déficit hídrico, respectivamente (72 e 94%). Comprova-se assim, o elevado potencial deste material para utilização em sistemas de BRPs.



A BRP apresentou uma maior eficiência na remoção de DBO e DQO que o tratamento físico-químico (Precipitação + *Stripping*), com remoções médias de DBO em 25% e DQO em 20%.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- De um modo geral, observa-se através dos ensaios de tratabilidade realizados que o sistema adotado é bastante eficiente na remoção do nitrogênio amoniacal do lixiviado, tornando-se essencial como pré-tratamentos de tecnologias biológicas. Nota-se também um bom nível de remoção cor do lixiviado. Porém, observa-se uma baixa eficiência na remoção de DBO e DQO, tornando-se necessário tratamento complementar;
- A utilização da zeólita natural como um possível material de enchimento para barreiras reativas permeáveis, de acordo com os resultados apresentados, mostrou eficiência quanto a remoção de nitrogênio amoniacal, além de outros parâmetros como: DBO, DQO, entre outros;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMOKRANE, A.; COMEL, C. & VERON, J. (1997). Landfill Leachates Pretreatment by coagulation – flocculation. *Water Research*, Vol. 31, N°11 pp. 2775-2782.
2. LUNA, Y.; OTAL, E.; VILCHES, L. F.; VALE, J.; QUEROL, X.; PEREIRA, C. F. (2006). Use of zeolitised coal fly ash for landfill leachate treatment: A pilot plant study. *Waste Management*, v. 27, n. 12, p. 1877-1883.
3. OTAL, E.; VILCHES, L. F.; MORENO, N.; QUEROL, X.; VALE, J.; PEREIRA, C. F. (2005). Application of zeolitised coal fly ashes to the depuration of liquid wastes. *Fuel*, v. 85, p. 1440-1446.
4. QASIM, S.R; CHIANG,W. (1994). *Sanitary Landfill leachate: generation, control and treatment*. Lancaster : Technomic Publishing Company, 339p.