

III-199 - EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE CHORUME POR PROCESSO DE OSMOSE REVERSA

Caio Ávila Ferreira⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia-UFBA. Pós Graduando em Administração de empresas pela Fundação Getúlio Vargas- FGV. Engenheiro da Vega Engenharia Ambiental

Endereço⁽¹⁾: Rua Butantã 408 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05414-210 - Brasil - Tel: (71) 9956-4644 - e-mail: Caferreira@vega.com.br

RESUMO

A complexidade do tratamento do chorume, líquido gerado pela decomposição de material orgânico e pela percolação de água em aterros, é um desafio constante para as empresas especializadas em saneamento ambiental devido ao fato dos mecanismos de formação do lixiviado, de natureza biológica e físico-química ser muito complexa. Por isso, operar uma estação de tratamento de chorume com sucesso é uma atividade complicada, dada a elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio, a presença de metais pesados e de substâncias tóxicas. Por exemplo, enquanto o esgoto sanitário apresenta, em média uma DBO da ordem de 400 mg/litro, a DBO do chorume vai de 3.000 a 17.000 mg/litro.

Em todo o mundo, existe um crescimento no tratamento de percolado por filtração, conhecido por Osmose reversa. Tal processo consiste em aplicar uma pressão superior à pressão osmótica, fazendo com que o líquido, através de uma membrana, flua de um compartimento mais concentrado para um menos concentrado. O processo se completa com a produção de efluente tratado e de um concentrado a ser eliminado, que contém os elementos retidos.

Sendo assim, o presente trabalho vem relatar um estudo realizado em um projeto piloto - estação de tratamento de chorume por osmose reversa para a vazão nominal de 100 m³/dia no aterro sanitário do município de Rio Grande- RS.

Os estudos realizados nesta estação resultaram não só em uma grande eficiência no tratamento do chorume como também possibilitou a geração de um permeado com ótima qualidade, possibilitando a reutilização de grande parte deste líquido, mantendo a qualidade conforme padrões de água de reuso.

PALAVRAS-CHAVE: Osmose Reversa, Chorume, Percolado, Permeado, tratamento de efluente.

INTRODUÇÃO

Muitos autores relatam que o lixiviado de Aterro Sanitário é o efluente de maior complexidade e dificuldade para tratamento. Por isso, muitas alternativas vêm sendo desenvolvidas para resolver a questão do tratamento deste tipo de efluente. E a opção pela Osmose Reversa é uma das novas soluções aplicadas no Brasil.

O chorume é o líquido que percola do maciço de resíduos sólidos dispostos em um aterro. Portanto, o chorume é definido como o líquido orgânico formado pelo contato da água da chuva com a matéria orgânica presente nos resíduos e da própria umidade intrínseca dos resíduos. As principais características de interesse para a seleção do sistema de tratamento são: DQO, DBO, Nitrogênio, condutividades, Sólidos totais dissolvidos, metais pesados, entre outros constituintes tóxicos.

Então, observa-se que o tratamento de chorume é uma atividade com grau de complexidade elevado, e por isso a opção por um tratamento de alta tecnologia (osmose reversa) foi adotada como possível solução para este dilema.

No tratamento por osmose reversa são geradas duas correntes: uma definida como permeado, que se caracteriza pelo baixo teor de poluentes e a outra definida como rejeito ou concentrado, na qual se concentra a carga poluidora. O rendimento da filtração, tanto em percentual da vazão de permeado, como de características químico-físicas do mesmo, varia em função do líquido filtrado. No caso do percolado de aterro sanitário, estudos indicam que após a fase de estabilização, o tratamento de osmose reversa permite produzir em média

72% da vazão entrante de permeado, devido à elevada condutividade. E após o tratamento, praticamente toda a carga poluidora é armazenada no concentrado, porém aplicado a uma vazão bem menor que a inicial.

Para melhor entendimento da importância deste trabalho é preciso que se conscientize de que o chorume gerado nos aterros sanitários, têm se mostrado como maior desafio no tratamento de resíduos sólidos.

No projeto piloto, o tratamento foi executado em algumas etapas. Na primeira, pré-tratamento e acumulação de percolados brutos, as lagoas tiveram a função de equalização da vazão afluente, sedimentação de possíveis partículas de sólidos carregadas pelo percolado e foram responsáveis pelo tratamento primário do afluente orgânico. A segunda, tratamento por Osmose Reversa, consistiu de uma série de filtros em forma de cartucho onde a filtração se deu pela passagem do efluente em areia e em filamentos de polipropileno. Enquanto que as etapas posteriores se resumiram a tanques de armazenamento dos líquidos tratados e concentrados.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação das empresas Vega Engenharia Ambiental e Rio Grande Ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a otimização do sistema de tratamento de percolado gerados no Aterro Sanitário de Rio Grande, foi planejado um sistema integrado de tratamento e armazenamento de percolado.

O processo do tratamento por osmose reversa foi iniciado em um depósito de água bruta que tem por finalidade regular o pH, visando a conversão dos bicarbonatos presentes (eliminação em CO_2) que podem causar a precipitação de sais de cálcio e bário durante o tratamento dos lixiviados.

Com o pH regulado, o lixiviado foi levado ao sistema de membranas. A primeira etapa consistiu na filtração por material arenoso, onde sólidos suspensos maiores que $50\mu\text{m}$ foram retidos. Na segunda etapa ocorreu a filtração, com poros na ordem de 5 a $10\mu\text{m}$.

Importante ressaltar que, no sistema de tratamento, após a eliminação dos sólidos suspensos, outros parâmetros do lixiviado (Pressão, condutividade, temperatura) são controlados automaticamente pelo sistema.

Finalizadas as etapas de filtração, o lixiviado foi tratado com o auxílio de uma bomba de alta pressão trabalhando com pressões de 30 a 65 bar. Do produto resultante desta primeira etapa, cerca de 22% é uma solução com alta concentração de substâncias contaminantes (concentrado) e cerca de 78% é efluente com alguma concentração de contaminantes que passou posteriormente por uma segunda etapa de osmose reversa.

Nesta segunda etapa, as pressões de funcionamento estavam na ordem de 30 a 55 bar. O concentrado gerado nesta etapa (cerca de 5%) foi recirculado à primeira etapa. O permeado tratado, resultante desta etapa, foi transferido a unidades de armazenamento de efluentes tratados.

O concentrado gerado foi considerado como uma solução com alta concentração de substâncias contaminantes. No projeto piloto de Rio Grande - RS foi concebida a recirculação no aterro sanitário através da injeção controlada pelo Sistema de injeção dos efluentes brutos.

Um exemplo do processo pode ser visualizado no fluxograma a seguir:

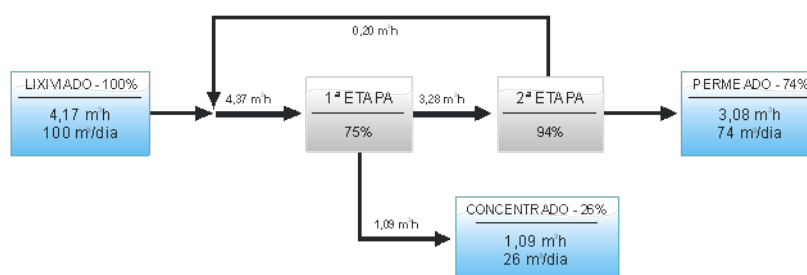


Figura 1: Etapas de tratamento do lixiviado

Foi definido como diretriz que o sucesso do tratamento estava condicionado ao atendimento do Padrão Sabesp de água de Reuso.

- a. DBO < 25mg/l, em 95% das amostras;
- b. SST < 35mg/L, em 95% das amostras;
- c. CRT entre 2 e 10mg/L; (cloro residual total)
- d. Turbidez < 20;
- e. pH entre 6,0 e 9,0;
- f. Óleos e Graxas: visualmente ausente;
- g. Coliformes Fecais < 200 NMP/100 ml;
- h. Tempo de contato = 30 minutos
- i. Nitrogênio Total Kjeldahl <= 20mg/l
- j. Nitrogênio Amoniacal <= 20mg/l
- k. Fosforo <= 4mg/l
- l. DQO <= 120mg/l

Figura 2: Padrões do permeado Final

Também foi elaborado um plano de monitoramento de vazão onde foram realizadas medições de escoamentos diários em diversos pontos do sistema de tratamento de lixiviados, através de hidrômetros, visando garantir a eficiência quantitativa do tratamento.

Devido à recirculação do concentrado, foram realizadas medições e registros do biogás gerado no aterro. As medições, em todos os drenos de biogás, foram realizadas no mínimo uma vez por semana.

Para avaliação da influência na geração do biogás decorrente da injeção de concentrado na massa de resíduos do aterro sanitário de Rio Grande, foi definida uma área na qual se considerou que sofreria influência direta pela infiltração controlada de concentrado nas trincheiras de injeção do maciço de resíduos.

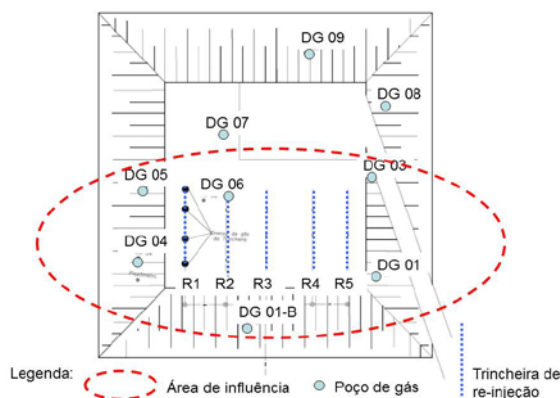


Figura 3: Croqui da área de influência da infiltração controlada de concentrado.

Para determinação das concentrações de metano no biogás em cada poço de gás, foi utilizado um analisador de gás GEM 2000. A velocidade e temperatura do biogás afluyente pelos poços de gás eram medidas com um anemômetro, a partir da qual era calculada a vazão do biogás drenada nos poços de gás.

Os resultados do trabalho serão expostos em 3 etapas: Eficiência Quantitativa, Eficiência Qualitativa e influência na geração de biogás.

RESULTADO: EFICIÊNCIA QUANTITATIVA

Em relação à eficiência quantitativa do experimento, os dados foram controlados através de hidrômetros instalados na entrada e na saída do contêiner, além de hidrômetros na entrada das lagoas de acumulo. A partir deste controle, os resultados abaixo foram compilados.

Tabela 1: Eficiência operacional durante período do projeto piloto

Mês	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Número de dias de avaliação	28	31	30	31	31	30	31
Volume de percolato tratado (m³)	1.192	1.473	1.889	1.749	1.847	2.014	2.004
Vazão média de percolato tratado (m³/dia)	43	48	63	56	60	67	65
Volume de permeado gerado (m³)	656	965	1.104	1.266	1.351	1.554	1.520
Taxa (Permeado / Percolato)	55%	66%	58%	72%	73%	77%	76%

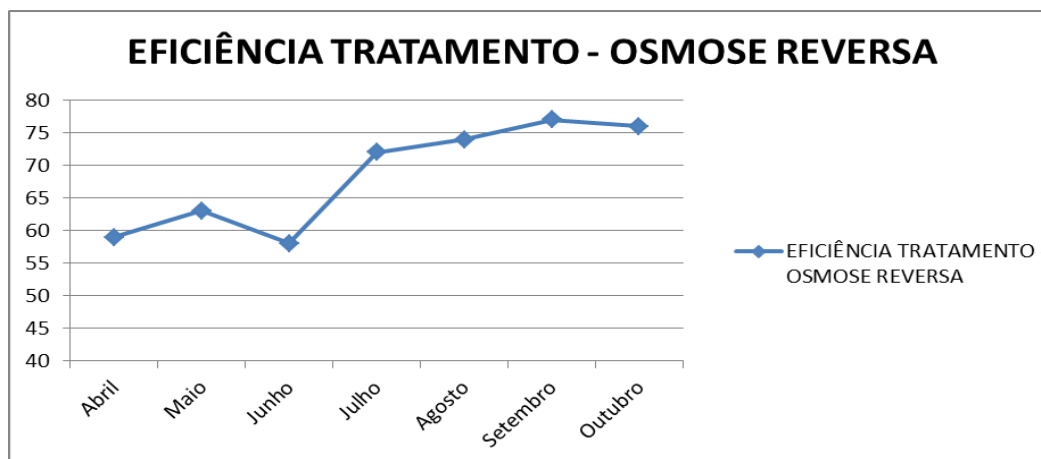


Figura 4: Variação da eficiência do tratamento no decorrer do tempo

De acordo com as informações apresentadas no gráfico acima, pode-se observar que a unidade de tratamento conseguiu atender às necessidades de tratamento de percolato pré-estabelecidas a partir do mês de julho, seja pela vazão de percolato tratado, seja pela eficiência.

É possível notar também que os primeiros meses não atenderam os resultados esperados, porém com ajustes operacionais adequados, a estação conseguiu atender a vazão de percolato tratada com a eficiência esperada.

Importante ressaltar que a eficiência quantitativa só começou a ser contabilizada a partir do momento em que a eficiência qualitativa foi alcançada.

RESULTADOS: EFICIÊNCIA QUALITATIVA

Com a finalidade de evidenciar os resultados obtidos através do tratamento e comprovar a eficiência qualitativa do processo, foi montado um plano de monitoramento em conformidade a Legislação adotada para o projeto piloto. Os resultados destas análises foram avaliados para que houvesse a tabulação dos resultados. O Plano foi encaminhado ao Laboratório Alac, cujo foi o responsável por realizar as coletas e as análises laboratoriais. A seguir é expresso o Plano de Monitoramento, com a devida programação das amostragens.

Tabela 2: Programação do plano de monitoramento

Cronograma		Amostragem
Antes do início		Amostra de montante das águas do canal de rebaixamento das águas subterrâneas
		Amostra de jusante das águas do canal de rebaixamento das águas subterrâneas
1º Mês	1ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	2ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	3ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	4ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
		Amostra de montante das águas do canal de rebaixamento das águas subterrâneas
		Amostra de jusante das águas do canal de rebaixamento das águas subterrâneas
2º Mês	1ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	2ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	3ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	4ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
3º Mês	1ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	2ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	3ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
	4ª Semana	1 amostra de chorume, 1 amostra de concentrado e 1 amostra de permeado
		Amostra de montante das águas do canal de rebaixamento das águas subterrâneas
		Amostra de jusante das águas do canal de rebaixamento das águas subterrâneas

Através destas análises semanais controlamos a qualidade do permeado gerado e a partir do mês de abril, ininterruptamente, os padrões de qualidade do efluente tratado foram atingidos.

Após a realização de toda a campanha de monitoramento, foi encontrada a seguinte média de parâmetros:

Tabela 3: Dados do monitoramento

Parâmetro	Valores Limites de Permeado		Unidade	Resultados				
	Limite de entrada do Lixiviado	Padrões de descarte		Efluente Bruto	Concentrado		Permeado	
					Tubo	Lagoa	Tubo	Lagoa
Cádmio	-	-	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Chumbo	-	-	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cloretos	-	-	mg/l	2.795	12.113,00	8.552	5,66	8,36
Coliformes Termotolerantes	3.900.000	200	NMP/100 ml	20,000	4	2,0	Ausente	Ausente
Condutividade	18.000 a 28.000	-	µs/cm	3.000	4.350	5.020	257	252
Cromo	-	-	mg/l	0,412	0,974	0,804	n.d.	n.d.
DBO	11.300	25	mg/l	650,0	2150	880	1	n.d.
DQO	31.733	120	mg/l	2602	8708	6.604	14	15
Ferro	-	-	mg/l	4,1	9,3	7,3	n.d.	0,033
Fósforo	45	4	mg/l	12,7	40,8	26,6	0,09	0,09
Magnésio	-	-	mg/l	222	568	456,0	n.d.	n.d.
Mercúrio	-	-	1530	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Níquel	-	-	mg/l	0,177	0,413	0,343	n.d.	n.d.
Nitrogênio Amoniacal	-	20	mg/l	1.530	4.968	2.477	19	18
Nitrogênio Total Kjeldahl	2.000	20	mg/l	1.645	5.318	3.593	19	18
Oxigênio Dissolvido	-	-	mg/l	0,50	1,3	1,5	6,0	6,0
pH	-	6 a 9	-	7,96	7,21	7,4	7,33	7,66
Potássio	-	-	mg/l	1.512	3.414	2.984	7,6	8,0
Sódio	-	-	mg/l	2.048	5.866	4.675	5,9	6,5
Sólidos Sedimentáveis	-	-	ml/l	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sólidos Suspensos	-	35	mg/l	165	750	480	n.d.	n.d.
Sulfato	-	-	mg/l	942,0	n.d.	13550	n.d.	1,15
Temperatura	-	-	°C	27,5	32,6	27,2	28,3	27,0
Turbidez	-	20	UNT	51	11,61	17,33	n.d.	1,06

Portanto, o experimento teve como resultado o atendimento integral dos padrões de qualidade esperados. Padrões como Nitrogênio amoniacal, DBO e condutividade, em que eram esperadas dificuldade na retirada, foram removidos com eficiência.

RESULTADOS: INFLUÊNCIA NA GERAÇÃO DE BIOGÁS

Comparando as frações de metano com os períodos de pré-injeção, durante a injeção e pós-injeção, observou-se uma tendência geral de estabilização nos patamares da fração de metano, não indicando uma queda ou elevação acentuadas nos períodos de injeção e pós-injeção.

Foi possível observar que ocorreu leve oscilação no valor da fração de metano no biogás em todos os drenos. Verificou-se também que a distribuição de tal oscilação ocorreu com praticamente a mesma frequência tanto no período pré-injeção do concentrado, durante a injeção e no período de pós-injeção do concentrado.

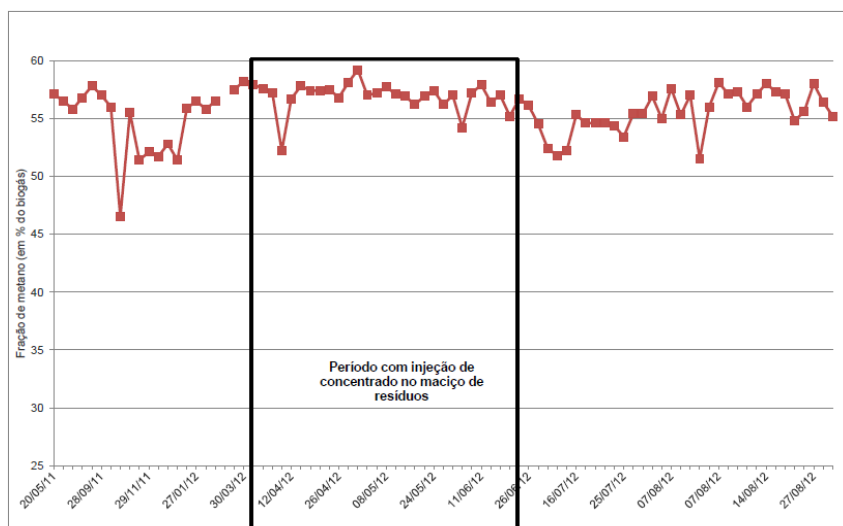


Figura 4: Variação média da geração de metano no decorrer do tempo

Portanto, de acordo com os dados obtidos no monitoramento da fração de metano no biogás, concluiu-se que de maneira geral que não há alteração significativa do valor de tal fração decorrente da injeção controlada de concentrado no maciço de resíduos.

Assim como observado para os valores registrados da fração de metano no biogás, ocorreram pequenas oscilações na vazão de biogás durante os períodos do monitoramento e que a distribuição de tal oscilação ocorreu com praticamente a mesma frequência tanto no período de injeção, como no período de pós-injeção do concentrado.

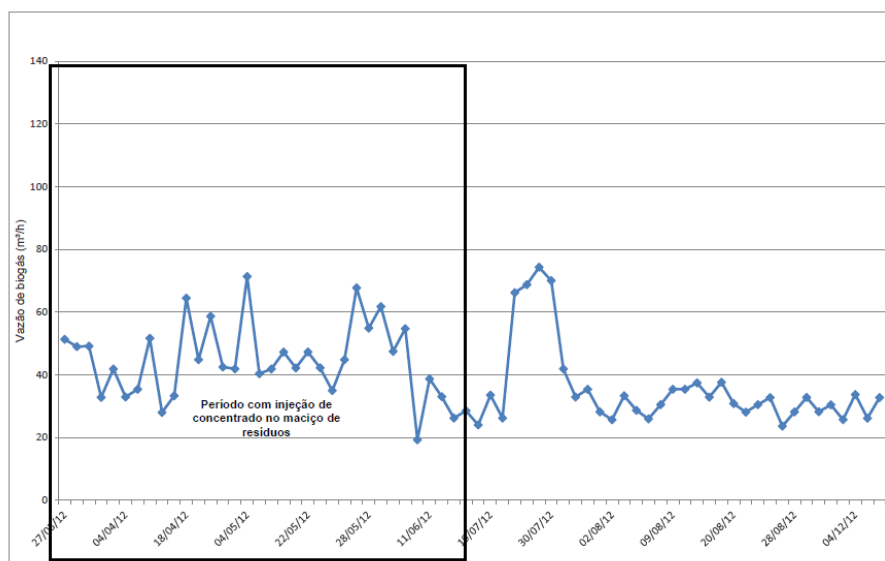


Figura 5: Variação da geração de biogás no decorrer do tempo

Como resultado verifica-se que a injeção controlada de concentrado no maciço de resíduos não prejudicou a geração de biogás no maciço.

Contudo, para consolidar esta afirmação é importante contar com um período maior de análise. O monitoramento deve ser contínuo no maciço de resíduos do aterro sanitário de Rio Grande. É importante a equipe técnica do aterro sanitário continue realizando o monitoramento semanalmente com os equipamentos de medição adequados (GEM 2000 e anemômetro).

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O tratamento por Osmose Reversa se mostrou uma ótima solução para aterros que não possuam alternativas de tratamento externo. A eficiência do tratamento foi comprovada e o equipamento se mostrou bastante confiável.

O ponto de maior importância e destaque deste estudo reside no fato de se buscar uma solução interna para o tratamento de chorume, visando não sobrecarregar as estações externas. Pois no Brasil, grande parte dos aterros tem enviado seu chorume para ETEs de concessionárias locais, e as mesmas não foram projetadas para receber um efluente com estas características.

Atualmente, existe a possibilidade de um município ser obrigado a fechar seu aterro sanitário devido ao fato de a concessionária local não aceitar receber o chorume gerado. Esse caso decorre da falta de um tratamento eficiente, aliado a falta de planejamento e a característica e composição do lixo brasileiro.

Portanto, é importante avaliar que independente da forma de tratamento a ser adotada, a busca por soluções no tratamento de chorume é um ponto que precisa ser tratado com maior atenção pelas pessoas que trabalham que resíduos sólidos no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASSANO, A., DRIOLI, E., MOLINARI, R. Recovery and reuse of chemicals in unhairing, degreasing and chromium tanning processes by membranes. *Desalination* 113, Elsevier, 1997, p. 251-261.
2. Resolução CONSEMA Nº 128/2006. Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente – Porto Alegre, 24 de novembro de 2006.
3. VIERO, A.F.; MAZZAROLLO, A.C.R.; WADA, K.; TESSARO, I. C. Removal of hardness and COD from retanning treated effluent by membrane process. *Desalination* n. 149, Elsevier, 2002, p. 145-149.
4. REINHART, D. R. Full-Scale Experiences with Leachate Recirculation Landfills: Case Studies., *Waste Management & Research*, v. 14, p. 347-365, 1996.
5. TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues. IRWIN/McGRAW- HILL, USA, 1993.
6. FERREIRA, J. A. et al., Revisão sobre Técnicas de Tratamento de Chorume de Aterros Sanitários e Relato de Casos no Estado do Rio de Janeiro, Relatório Técnico, 52 pp., Rio de Janeiro, RJ, 2000.