



ARRANJOS ALTERNATIVOS PARA O PRÉ-TRATAMENTO DO CHORUME DO DEPÓSITO MUNICIPAL DE ARACRUZ

Jefferson Guidolini,¹ Iatahanderson Barcellos,¹ Flávia P. Puget² e Marcos R. T. Halasz²

¹Alunos do Curso de Engenharia Química

²Professores do Departamento de Engenharia Química
Faculdade de Aracruz (UNIARACRUZ)
{halasz, puget}@fsjb.edu.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor metodologias alternativas, como a floculação seguida da sedimentação e filtração, para o pré-tratamento do chorume proveniente das instalações do aterro sanitário de Aracruz-ES. Foram realizados ensaios clássicos do tipo “jar-test” para determinação do agente floculante ideal e sua concentração ótima. O agente floculante que apresentou melhor resultado foi o sulfato de alumínio com uma concentração de 180ppm. Testes preliminares de sedimentação, seguidos de filtros de argila e carvão ativo, demonstraram uma redução de cerca de 80% na turbidez do efluente inicial, bem como uma redução de 60% na quantidade de Ca, 97% na quantidade de Fe, 54% na quantidade de Mn e 70% na quantidade de Zn.

Palavras-chave: Chorume. Aterro Sanitário. Sedimentação

ABSTRACT

This work presents an alternative procedure (flocculation followed by a highly efficient sedimentation and filtration) to the recirculation method in order to purpose a treatment of the leachate generated in Aracruz's sanitary landfill. The flocculation tests showed the best concentration of the sulfate of aluminum was 180ppm, moreover, preliminaries tests of sedimentation, followed by filtration with activated charcoal, indicated a reduction of about 80 % in turbidity of the initials effluents as well as a reduction of 60 % for Ca, 97 % for Fe, 54 % for Mn and 70% for Zn.

Keywords: Leachate. Sanitary Landfill. Sedimentation

INTRODUÇÃO

Aracruz é uma cidade localizada na Região Centro-Norte do Estado do Espírito Santo. Possui uma população de aproximadamente 65 mil habitantes e uma área de 1.400km². Seu aterro sanitário fica localizado a cerca de 7km do centro da cidade e atende também a municípios vizinhos. Possui aproximadamente sete anos de existência e estima-se que sua área seja capaz de atender perfeitamente à demanda pelos próximos quinze anos. O aterro recebe em média 70t/dia de lixo domiciliar, tendo esse valor aumentado para 85t/dia nos meses de janeiro e fevereiro (períodos de férias) e está em andamento o projeto de ampliação para recepção de rejeitos do Tipo 1. Todo o chorume gerado no aterro é recirculado e calcula-se que, em um curto tempo, essa recirculação não seja mais suficiente já que se estima receber cerca de 400t/dia nos próximos anos.

O tratamento do chorume representa um grande desafio, devido à variação das suas características, causadas pelos diferentes resíduos dispostos e pela idade do aterro. Esses fatores tornam difícil a determinação e adoção de uma única técnica eficaz, já que a técnica adotada para determinado aterro nem sempre é aplicável a outro. Os principais parâmetros utilizados para monitorar efluentes provenientes de aterros sanitários são: pH, turbidez, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e metais pesados (SILVA, 2002).

As principais fontes de geração de chorume correspondem à água que entra pela face superior do solo, à umidade presente no lixo doméstico e à umidade de lodo (se adicionado).

O processo de recirculação pode ser realizado, dependendo das características do subsolo, em taxas controladas. Nesses casos, uma atenção maior deve ser dada ao monitoramento das águas superficiais. No trabalho de Mcbeam *et. al.* (1995), é mencionado que a recirculação do chorume promove um rápido desenvolvimento das bactérias metanogênicas, implicando a aceleração da estabilização biológica do aterro sanitário e, conseqüentemente, a redução dos componentes orgânicos do chorume. Além disso, estudos realizados por Reinhart & Al-Yousfi (1996) mostram que esse método aumenta a eficiência de compactação do aterro, facilitando o reaproveitamento posterior do terreno, e reduz o tempo necessário para a estabilização do aterro de algumas décadas para dois a três anos. Em contrapartida,

Mcbeam *et al.* (1995) afirmam que, apesar da redução da DBO, a recirculação aumenta a concentração de metais e de cloretos. Além disso, podem obstruir os drenos do chorume e causar problemas de odor, não sendo indicados para grandes quantidades de materiais.

Quando os aterros sanitários começam a crescer e, conseqüentemente, a quantidade de percolado começa a aumentar, o processo de recirculação torna-se ineficiente e a necessidade de tratá-lo para o descarte torna-se imprescindível. Nesse caso, é possível encontrar diversas técnicas para o tratamento de chorume, que, freqüentemente, são usadas de forma associada:

Tratamento Primário

Tem por objetivo remover partículas coloidais, material sólido em suspensão e ajustar o pH para o posterior tratamento do efluente. A coagulação é um tratamento primário muito utilizado por promover a clarificação de efluentes industriais contendo partículas coloidais e sólidos em suspensão. Para auxiliar no tratamento de coagulação/floculação, podem ser usados reagentes ou aditivos químicos, como o sulfato de alumínio, sulfato ferroso, cloreto férrico, polieletrólitos, entre outros (TATSI *et al.*, 2003). Podem ser acoplados sistemas de filtração para a remoção de sólidos em suspensão. Segundo Çecçen *et al.* (2003), a adição de carvão ativo pode apresentar um resultado bastante positivo na remoção de substrato das correntes de chorume. Outro meio filtrante que pode ser aplicado é a argila que, segundo Aziz *et al.* (2004), consegue remover uma grande quantidade de material em suspensão.

Tratamento Oxidativo

Os processos oxidativos avançados (POAs) são altamente eficientes para destruir substâncias orgânicas de difícil degradação e geram, como produto final da reação, CO₂ e H₂O. Esses processos criam radicais hidroxila (OH[•]) altamente oxidantes, capazes de oxidar completamente as moléculas orgânicas presentes em águas poluidoras. A oxidação com ozônio, com peróxido de hidrogênio combinado ou não com radiação ultravioleta (UV), bem como a fotocatalise são processos bastante utilizados atualmente (STEENSEN, 1998).

A utilização de ozônio tem se destacado quando os níveis de poluentes nos efluentes industriais a serem descartados estão acima dos valores estabelecidos pelos órgãos ambientais, além de promover a remoção de DQO e da Demanda

Bioquímica de Oxigênio (DBO), o aumento do teor de oxigênio dissolvido, a remoção de cor, odor sabor e turbidez. KUO (1999) comparou duas maneiras de adicionar ozônio no tratamento de um efluente, visando à remoção de DQO e Carbono Orgânico Total (COT). Na primeira, adicionando ozônio por meio de borbulhamento no fundo do reator, com auxílio de um agitador magnético; na segunda, empregando a injeção em fluxo descendente, aplicando pressão no topo do reator. O segundo teste apresentou melhores resultados, devido à melhor transferência de massa obtida da fase gás para a fase líquida.

Tratamento Biológico

De acordo com a literatura, o tratamento biológico tem se mostrado pouco eficiente para chorume proveniente de aterros velhos. Cammarota *et al.* (1994) não encontrou resultados satisfatórios para o tratamento biológico aeróbico, pois, com o aumento da concentração de chorume no reator biológico, a eficiência de remoção da DQO era reduzida.

A utilização das lagoas é bastante utilizada como etapa que procede a disposição final do chorume em estações de tratamento de esgotos, onde bons resultados de biodegradação são obtidos para chorume proveniente de aterros jovens. Alguns aspectos negativos apresentados pelos processos biológicos são: possuem baixo desempenho na presença de metais tóxicos (Ex.: Cu, Zn e Ni); demandam a adição de fósforo para assegurar o tratamento aeróbico; podem levar à formação de espuma na aeração artificial; pode ocorrer precipitação de CaCO_3 com prejuízo ao equipamento de aeração; e apresentam um elevado custo operacional.

Outros Tratamentos

Segundo Silva (2002), outras técnicas podem ser citadas com relação ao tratamento de chorume. De acordo com o autor, o processo eletroquímico consiste na passagem de uma corrente elétrica entre dois eletrodos, sendo bastante usado para recuperação de metais. A evaporação consiste na utilização de tanques abertos para a evaporação do lixiviado e apresenta como desvantagens: mau cheiro, aumento da concentração de sais solúveis, como cloreto de sódio, e condução a níveis inibidores à ação microbiana sobre o resíduo não evaporado.

A neutralização é o método mais simples e comum para contaminantes inorgânicos e envolve a adição de ácidos ou bases para ajustar o pH em níveis aceitáveis entre

6 e 9. Os *wetlands* são descritos como sistemas artificiais, que têm como princípio básico a modificação da qualidade da água que ocorre nas várzeas dos rios, igapós da Amazônia, banhados, pântanos, manguezais, etc. É um sistema que apresenta baixo custo de implantação, alta produção de biomassa, que pode ser utilizada na produção de ração animal, energia e biofertilizantes.

Esse método pode ser utilizado após um tratamento biológico, para promover a remoção adicional da matéria orgânica e da amônia, além da desnitrificação. A remoção de metais é a técnica mais empregada para a redução da concentração de metais pesados de águas residuárias e consiste numa precipitação química. Uma remoção mais eficiente pode ser obtida com a precipitação na forma de sulfetos, mas a precipitação na forma de hidróxidos, usando cal ou soda cáustica, é a mais usada. A desvantagem da precipitação química é a produção de lodo, que deve ser tratado como resíduo perigoso, devido ao seu conteúdo de metais pesados.

Tendo em vista a estimativa de que o processo de recirculação de chorume utilizado no aterro sanitário de Aracruz se apresentará incapaz de suportar a demanda nos próximos anos, estudos no sentido de desenvolver uma alternativa para esse tratamento já estão sendo solicitados. Por esse motivo, o objetivo deste trabalho é propor um tratamento primário de forma a reduzir a carga orgânica e alguns parâmetros, como turbidez e concentração de metais, de modo a prever se haverá necessidade de um outro tipo de tratamento posterior.

MATERIAIS E MÉTODOS

O chorume recolhido no aterro sanitário de Aracruz, por conter uma grande quantidade de sólidos grosseiros, teve que passar inicialmente por um processo de gradeamento para a sua retirada. Livre desse material, iniciou-se a busca por condições ótimas de floculação, por meio de testes de jarro (jar-test). Nesses ensaios, foi definido que o agente floculante ideal para o efluente em estudo é o sulfato de alumínio e a sua concentração ótima é de 180ppm. Após a otimização da floculação, iniciou-se a investigação do método mais eficiente para a remoção dos flocos, sendo realizadas diferentes combinações de meios filtrantes e sistemas de floculação/sedimentação. Essas combinações deram origem aos diferentes métodos para o tratamento do chorume.

Em todos os sistemas, adicionou-se 5,0mL de sulfato de alumínio (7%) em 2L de chorume para promover a floculação inicial, seguida de sedimentação. Os diferentes métodos são apresentados nas Figuras de 1 a 6 onde S1 e S2 são os sedimentadores.

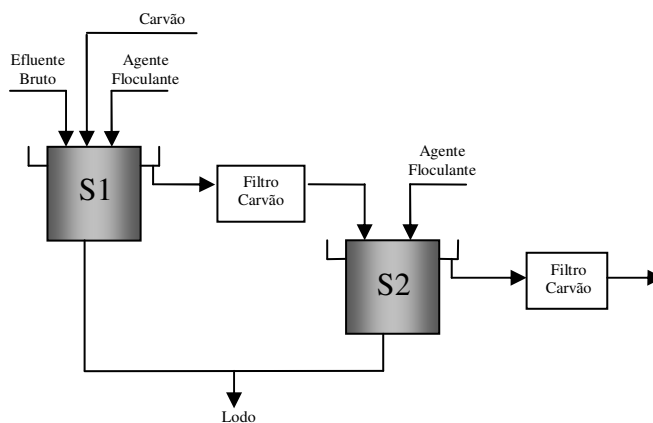


Figura 1 – Método 1 (adição de carvão ativo à suspensão original, floculação / sedimentação seguida de filtração com carvão ativo, nova floculação/sedimentação e novamente filtração com carvão ativo)

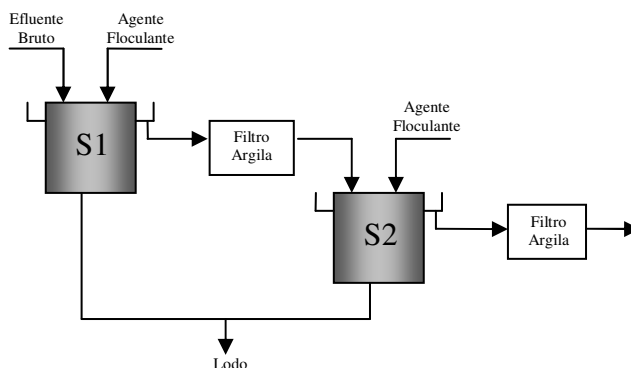


Figura 2 – Método 2 (floculação/sedimentação seguida de filtração com argila, nova floculação/sedimentação e novamente filtração com argila)

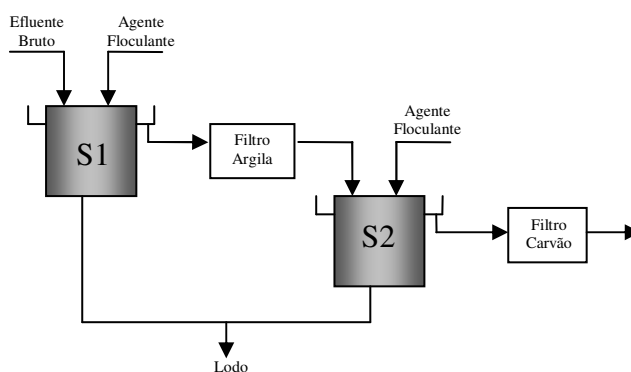


Figura 3 – Método 3 (floculação/sedimentação seguida de filtração com argila, nova floculação/sedimentação e novamente filtração com carvão ativo)

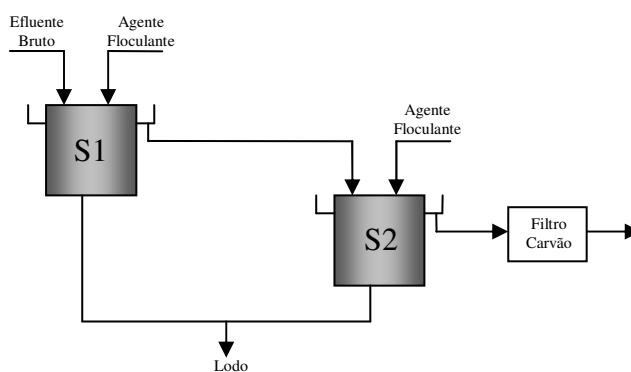


Figura 4 – Método 4 (floculação/sedimentação seguida de nova floculação/sedimentação e filtração com carvão ativo)

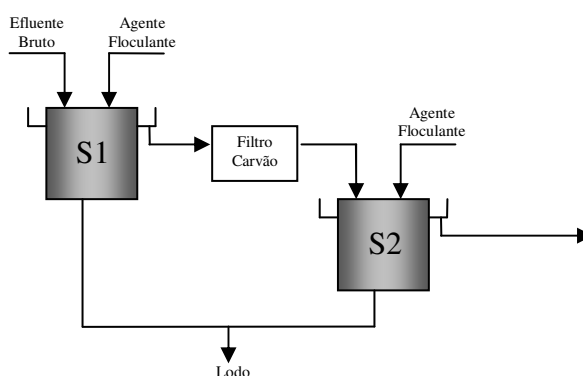


Figura 5 – Método 5 (floculação/sedimentação seguida de filtração com carvão ativo e nova floculação/sedimentação)

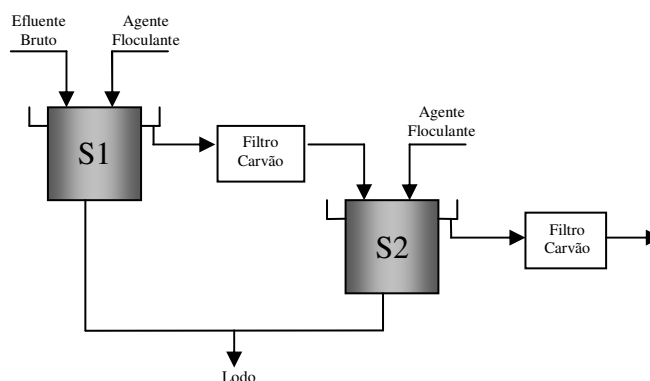


Figura 6 – Método 6 (floculação/sedimentação seguida de filtração com carvão ativo, nova floculação/sedimentação e novamente filtração com carvão ativo)

Após cada teste, as amostras eram analisadas para obtenção da eficiência do método investigado. Um dos parâmetros analisados foi a turbidez da amostra, determinada em um espectrofotômetro, usando um comprimento de onda de 480nm (Quimis Q – 108D, comprimento de onda 340/950nm), utilizando como branco a água pura. Também foram analisadas as concentrações de alguns metais por meio de análise em espectrofotômetro de absorção atômica.

RESULTADOS

Testes de jarro com sulfato de alumínio e polímeros levaram à conclusão de que os melhores resultados foram obtidos para o sulfato de alumínio na concentração de 180ppm, pois, visualmente, geravam os maiores flocos, com sedimentação mais rápida. De posse desses resultados, foram investigados os seis métodos de tratamento que se caracterizavam pelas diferenças nos arranjos das operações de separação. A cada etapa do método, foi avaliada a turbidez das amostras e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

De acordo com a Tabela 1, os melhores resultados foram obtidos para os Métodos 1, 3 e 6. Pode ser observado que misturar o carvão ao efluente (Método 1) ou usá-lo na forma de leite (Métodos 3 e 6) não influencia na eficiência do tratamento, já que esse procedimento leva aos mesmos resultados. Também é possível notar que a argila é menos eficiente que o carvão ativo. Vale ressaltar que, durante a filtração com argila, ocorre a formação de uma camada muito espessa sobre o filtro, dificultando e, às vezes, interrompendo a passagem do chorume durante a filtração.

Essa dificuldade exclui o Método 3 para ser utilizado como tratamento, mesmo esse método sendo eficiente.

Tabela 1 – Análise da turbidez das etapas de cada método proposto

Métodos	Efluente Bruto (%)	Após a 1ª Floculação (%)	Após a 1ª Filtração (%)	Após a 2ª Floculação (%)	Após a 2ª Filtração (%)
1	19,2	-	84,3	73,2	99,8
2	19,2	60,4	67,2*	72,7	90,5*
3	19,2	65,0	85,8*	83,0	99,5
4	19,2	60,9	-	62,1	96,0
5	19,2	57,3	84,3	98,3	-
6	19,2	58,7	96,0	92,8	99,8

*Filtração utilizando argila

A Tabela 2 mostra a quantidade de alguns metais analisados no efluente bruto e nos resultados finais de cada etapa. Em todos os casos, foram observadas reduções consideráveis nos parâmetros analisados, com exceção do cálcio e do magnésio. O Método 6 apresentou de forma geral um melhor resultado que os demais, sendo, portanto, considerado o melhor método e seus dados usados como base para a montagem do projeto do sedimentador.

Tabela 2 – Análise de diversos metais das etapas de cada método proposto e do efluente bruto

Métodos	Ca (µg/mL)	Mg (µg/mL)	Fe (µg/mL)	Zn (µg/mL)	Cu (µg/mL)	Mn (µg/mL)
Efluente Bruto	54,4675	8,6965	12,8140	0,5625	0,2025	2,4310
1	45,4190	12,4630	0,5525	0,2005	0,1630	6,8320
2	31,9990	9,4350	1,4175	0,4780	0,1440	0,6770
3	22,8675	11,078	0,1485	0,1245	0,1035	2,2605
4	32,2075	9,1940	0,1725	0,4625	0,1040	1,2190
5	27,3195	8,9545	2,8520	2,7485	0,1000	6,0035
6	20,4970	10,9835	0,0435	0,1730	0,0945	1,1130

Usando a técnica de Kinch (FRANÇA *et al.*, 1998) que, a partir da sedimentação livre em proveta permite determinar a altura e o diâmetro de um sedimentador, foi possível dimensionar dois sedimentadores em série para o tratamento primário do chorume. Os resultados dos testes de proveta para as duas floculações propostas pelo Método 6 são apresentados nas Figuras 7 e 8 e levam a um primeiro sedimentador de 1,20m de diâmetro e 1,10m de altura e a um segundo

sedimentador de 1,70m de diâmetro e 1,10m de altura, considerando uma carga de $100\text{m}^3/\text{dia}$ de chorume a ser tratado.

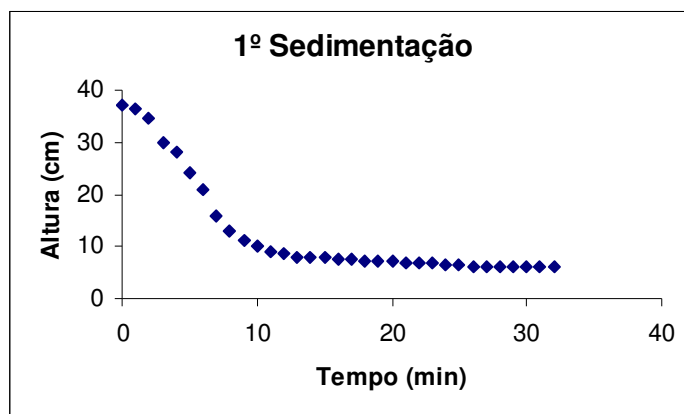


Figura 7- Teste de proveta para a primeira floculação

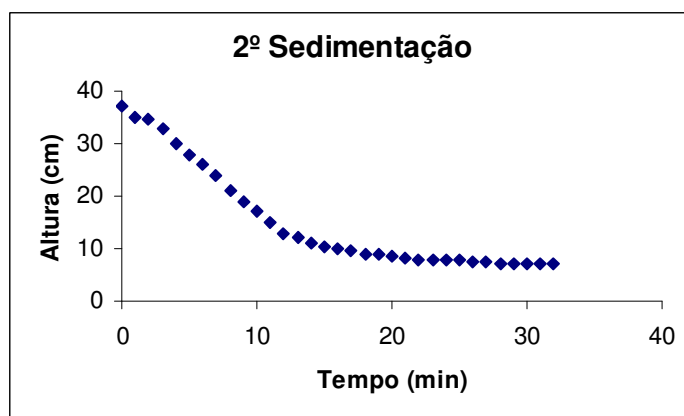


Figura 8- Teste de proveta para a segunda floculação

CONCLUSÕES

Dentre os vários métodos propostos, o Método 6 apresentou os melhores resultados, tanto visualmente quanto em relação aos resultados das análises envolvidas. Com base no arranjo proposto no Método 6, realizou-se o dimensionamento dos sedimentadores e espera-se enquadrar o efluente dentro dos parâmetros exigidos pela Legislação Ambiental vigente, sendo possível a reutilização do efluente tratado para outras atividades da empresa ou seu descarte. A análise dos metais pesados torna-se imprescindível. Essa é uma etapa proposta para trabalhos posteriores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado graças ao apoio incondicional de um grande amigo que, infelizmente, não se encontra mais entre nós para presenciar os frutos do Investimento na Educação de Aracruz. Obrigado, Eloisio Guzzo.

REFERÊNCIAS

AZIZ, H. A. et al. Physico-Chemical Removal of Iron From Semi-Aerobic Landfill Leachate by Limestone Filter, **Waste Management**, v. 24, n. 4, p. 353 -360, 2004.

CAMMAROTA, M. C.; RUSSO, C.; SANT'ANA JUNIOR, G. L. Tratabilidade do chorume gerado no aterro Sanitário Metropolitano do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS, 1., 1994, Rio de Janeiro. **Anais do I Encontro Brasileiro de Ciências Ambientais**, 1994. v. 2, p. 453-473.

ÇEÇEN, F.; ERDİNÇLER, A. AND KILIÇ, E. Effect of powdered activated carbon addition on sludge dewaterability and substrat removal in landerfill leachate treatment. **Advance in Environmental Research**, n. 7, p. 707-713, 2003.

FRANÇA, S.C.A.; MASSARANI, G.; BISCAIA JUNIOR, E.C. Projeto e análise do desempenho de sedimentadores contínuos para suspensões floculentas. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 27.,1999, Campos do Jordão. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados**, 1999, Campos do Jordão, p. 95-102.

KUO, W.S. Destruction of toxic organics in water by an injection-type downflow uv/03 oxidation reactor. **Ozone Science & Engineering**, v. 21, p. 539-550, 1999.

MCBEAM, E.A.; ROVERS, F.A.; FORQUHAR, G.J. Solid Wast Landerfill Engineering and Design. **Prentice Hall PTR**, Englewood Cliffs, NJ; 1995. 521 pp.

SILVA, A.C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto tratado**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

STEENSEN, M. Chemical oxidation for the treatment of leachete-process comparison and results from full-scale plants. **Water Science Technology**, v. 35, n. 7, p. 249-256, 1997.

TATSI, A. A.; ZOUBOULIS, A. I.; MATIS, K. A. AND SOUMA, P. Coagulation-floculation pretreatment of sanitary landerfill leachals. **Chemosphere**, v. 53, n. 7, p. 737-744, 2003.