



II-400 - AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO PARA TRATAMENTO DO LIXIVIADO DE UM ATERRO DA INDÚSTRIA TÊXTIL

Filipe Gabriel Delmonego⁽¹⁾

Graduando do curso de Engenharia Ambiental da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Bolsista de Iniciação Científica.

Cladir Teresinha Zanutelli⁽²⁾

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mestre em Modelagem Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), especialização em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade do Contestado (UnC – Concórdia). Coordenadora do programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).

Lúcia Maria Rodrigues⁽³⁾

Mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), graduada em Engenharia Civil pela Universidade Veiga de Almeida (RJ).

Beatriz Maria de Oliveira Torrens⁽⁴⁾

Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), graduação em Ciências Biológicas pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário, sn – Bom Retiro - Joinville – Santa Catarina - CEP: 89201-972 - Brasil - Tel: +55 (47) 3461-9152 - Fax: +55 (47) 3461-9077 - e-mail: **fgd_delmonego@hotmail**.

RESUMO

Com o aumento da população mundial existe o aumento do consumo humano e geração de resíduos sólidos. Estes resíduos geralmente não são dispostos de forma correta, e no Brasil, a maior parte deles é lançada diretamente no solo. Durante o processo de decomposição destes resíduos, é gerado um líquido com alta carga de poluentes, denominado chorume ou lixiviado que escoar para os corpos hídricos. No caso do lixiviado produzido nos aterros sanitários e industriais, a forma de destinação é o transporte para ser tratado na estação de tratamento (ETE), o que faz com que ocorra uma sobrecarga na ETE. A construção de sistemas de tratamento no próprio aterro deve ser com baixo custo e fácil operacionalização, como o sistema de lagoas de estabilização, sendo assim, este projeto tem como o objetivo, avaliar a capacidade de tratamento do lixiviado gerado no aterro industrial têxtil com este método. A planta piloto é composta por quatro tanques, sendo eles: um tanque de armazenamento, uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e uma lagoa de maturação. Foram realizados coletas em quatro pontos do sistema, e análises semanais no primeiro mês, e quinzenalmente nos meses seguintes. Foram avaliados os parâmetros de nitrogênio total e amoniacal, nitrato, nitrito, fósforo, DQO, cor, turbidez, sólidos totais, pH, OD e Temperatura. Verificou-se boas eficiências de remoção do sistema, dando destaque para nitrogênio (remoção de 81,2%), nitrogênio amoniacal (91,18%) e diminuição de condutividade de 80,15%. Os valores de concentrações finais ainda não estão de acordo com a CONAMA 357, é necessário realizar mais estudos no projeto, para que o efluente final possa ser enquadrado nas normas vigentes.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de estabilização, indústria têxtil, lixiviado

INTRODUÇÃO

Os principais sistemas de disposição final de resíduos sólidos atualmente em uso no Brasil, apesar de muitos não serem considerados sanitariamente adequados são: descarga a céu aberto ou lixão, aterro controlado (lixão controlado) e aterro sanitário (STRELAU, 2006).

A questão de maior preocupação quanto à degradação ambiental em um sistema de disposição de resíduos sólidos é a geração de percolato (também denominado de lixiviado ou chorume). A elevada carga poluidora presente no percolato é devida à presença de compostos de origem orgânica e inorgânica formados durante a decomposição dos resíduos (GOMES, 2005). O lançamento deste efluente sem um tratamento prévio nos corpos hídricos, causa de imediato a diminuição do oxigênio dissolvido na água, levando a morte da vida



aquática e causando a eutrofização devido ao aumento da carga de nutrientes neste corpo receptor (FLECK, 2003).

Para o tratamento deste efluente, principalmente no Brasil, utiliza-se o sistema de lagoas de estabilização, que são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica ocorre devido a oxidação por bactérias, que pode acontecer em ambiente anaeróbio, aeróbio ou ainda por redução fotossintética das algas (JORDÃO, 1995). As algas produzem oxigênio através da fotossíntese e este oxigênio pode ser usado por bactérias para oxidar o material orgânico biodegradável. Na ausência de oxigênio, bactérias anaeróbias podem transformar o material orgânico em biogás, por meio do processo de digestão anaeróbia (CAVALCANTI, 2001).

Como o próprio nome diz, o objetivo principal de lagoas de estabilização é estabilizar, ou seja, transformar em produtos mineralizados o material orgânico presente na água. Devido à simplicidade construtiva e ausência de equipamentos mecânicos, apresentam baixo custo de investimento e operação. Lagoas são consideradas, atualmente a tecnologia de tratamento que mais se aproxima de ambientes hídricos naturais, e portanto, reconhecidas como as de menor impacto ao ambiente sob o ponto de vista das reações de depuração de águas residuárias. Entretanto, este processo requer áreas significativamente maiores que processos mecanizados de tratamento de efluentes, o que pode constituir séria desvantagem, principalmente para o atendimento de grandes populações (MONTEGGIA, 1999). Porém o tempo de detenção do líquido, ou o tempo de detenção hidráulica (TDH), necessário para que se complete o tratamento, é longo, mesmo no Brasil onde as condições climáticas são favoráveis, clima tropical, com temperatura elevada e alta incidência de radiação solar. O tempo de detenção é de 20 a 30 dias (CAVALCANTI, 2001).

Segundo Von Sperling (1996), para se ter uma significativa diminuição do TDH e melhores resultados de eficiência de remoção de poluentes geralmente se utilizam um sistema composto por lagoas ligadas em série. Ainda existe a variação da utilização de lagoas, que podem ser: lagoas facultativas, anaeróbias, aeróbia, aerada e de maturação.

Para Miwa *et al* (2006), os processos que ocorrem no sistema de lagoas de estabilização apresentam uma complexidade intrínseca resultante do acoplamento dos processos de produção e decomposição de matéria orgânica pela microbiota residente, além da influência das alterações climáticas sobre o metabolismo do sistema. Diante disso, fica claro que a otimização de operação de um sistema de lagoas de estabilização deve levar em conta, além da configuração, geometria e parâmetros hidrodinâmicos, geralmente considerados na fase de projeto como determinantes para a eficiência de remoção desejada, o conhecimento das respostas das lagoas às variações climáticas.

De acordo com Foresti *et al* (1999), a temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes na digestão anaeróbia, uma vez que afeta os processos biológicos de diferentes maneiras. Dentre os principais efeitos da temperatura incluem-se as alterações na velocidade do metabolismo das bactérias, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos, principalmente de lipídios. Recomenda-se a utilização de lagoas anaeróbias onde a temperatura do líquido mantém-se acima de 20°C.

Atualmente para o tratamento dos resíduos gerados pela indústria têxtil, composto principalmente por corantes, gomas, graxas, resinas e amido, são utilizados filtros biológicos e lodos ativados (BRAILE, 1993).

Com isto, a avaliação da capacidade de tratamento de lixiviado da indústria têxtil por lagoas de estabilização é de caráter inédito, servindo como base para futuros estudos e possível instalação de uma planta em escala real, trazendo benefícios para a empresa, diminuindo o custo de transporte deste lixiviado até a estação de tratamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto piloto do estudo está localizado em Joinville, Santa Catarina (Figura 1). O experimento foi montado no pátio da empresa devido às melhores condições de construção, monitoramento, logística de coleta e transporte das análises até o laboratório.



Figura 1. Mapa de localização de Santa Catarina, Joinville e o Distrito Industrial.

O sistema piloto é formado por quatro lagoas ligadas em série, construídas adjacente a estação de tratamento de efluentes da empresa. A primeira lagoa (L1) consiste em um tanque de armazenamento, onde é lançado o efluente bruto transportado do aterro. A segunda é a lagoa anaeróbia (L2) com formato circular, a terceira é a lagoa facultativa (L3) e a quarta a lagoa de maturação (L4), ambas de formato retangular, construídas com blocos de concreto e revestidas com mantas impermeáveis. Todas possuem uma capacidade de 2000 litros, as dimensões das lagoas estão descritas na Tabela 1. Na figura 2 a foto do sistema piloto construído.

Tabela 1. Dimensões das lagoas

Dimensões	L2	L3	L4
Comprimento (m)	-	3,5	3,5
Largura (m)	-	2,14	2,86
Altura (m)	2,10	1	0,8
Lâmina d'água (m)	2	0,8	0,6
Volume (m ³)	5	6	6
TRH (dias)	25	30	30



Figura 2 – Sistema de tratamento piloto.

Para iniciar o processo, a primeira lagoa foi alimentada com o lixiviado e água de acordo com a seguinte proporção: na primeira semana recebeu 95% de lixiviado e 5% de água, na segunda semana 90% de efluente e 10% de água, na terceira semana 85% de lixiviado e 15% de água, na quarta semana 80% de lixiviado e 20% de água e depois disto a lagoa foi abastecida normalmente com o lixiviado. As demais lagoas foram preenchidas inicialmente com água.



Foram feitas coletas em quatro pontos do sistema, o primeiro na saída da L1 (P1), o segundo na saída da L2 (P2), terceiro ponto localizado na saída da L3 (P3) e o quarto ponto na saída da L4 (P4).

As análises foram realizadas semanalmente no primeiro mês, e então estão sendo realizadas quinzenalmente nos seis meses seguintes. Os parâmetros avaliados foram: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH e condutividade, realizados *in loco*. Foram também realizadas análises de nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (N Am), nitrato, nitrito, fósforo total (PT), cor, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST) e turbidez, realizadas nos laboratórios da Univille, respeitando as normas da EPA.

Foi realizada a estatística descritiva do sistema e os cálculos de eficiência na remoção de cada lagoa.

RESULTADOS

Os valores da média e desvio padrão das concentrações dos parâmetros em cada ponto estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e eficiência de remoção (n=14).

Parâmetro	Ponto				Ef. Rem. (%) Sistema Total
	P1	P2	P3	P4	
Temperatura (°C)	22,79 ±4,4	22,96 ±3,75	22,92 ±3,89	22,91 ±3,76	-
OD (mg/L)	-	-	7,05 ±2,51	7,60 ±1,87	-
pH	8,02 ±0,55	8,18 ±0,40	8,35 ±0,34	8,61 ±0,42	-
Condutividade (us/cm)	3253,11 ±1202	2497,57 ±814	1301,01 ±373	645,73 ±290	80,15
NT (mg/L)	236,43 ±77,07	190,14 ±61,56	100,71 ±68,20	44,45 ±2509	81,2
N Am (mg/L)	195,86 ±84,64	137,29 ±65,22	50,64 ±21,55	17,28 ±9,40	91,18
Nitrito (mg/L)	26,54 ±19,92	62,15 ±19,92	38,46 ±25,69	17,46 ±13,35	34,21
Nitrato (mg/L)	69,69 ±60,61	117,31 ±90,95	141,23 ±72,74	78,92 ±44,57	-
PT (mg/L)	2,74 ±0,66	2,33 ±0,7	1,39 ±0,38	1,13 ±0,34	58,76
DQO (mg/L)	434,14 ±150,15	379,21 ±106,58	197,57 ±78,05	116,64 ±72,14	73,13
Cor (ADMI)	448,54 ±279,46	361,23 ±154,26	202,77 ±99,03	119 ±66,18	73,47
Turbidez (UNT)	33,57 ±25,75	31,92 ±23,12	35,69 ±33,53	23,45 ±25,51	30,14
ST (mg/L)	4615 ±2894	5129 ±3819	4290 ±3995	4079 ±4083	11,6

A lagoa anaeróbia operou com carga volumétrica de 20 gDQO/m³.d e a lagoa facultativa com carga de 14 gDQO/m³.d, a lagoa de maturação operou com carga superficial de 35 kgDQO/ha.d.

O sistema de lagoas de estabilização apresentou valores médios de temperatura de 22 °C e OD ficaram na faixa de 7 mg/L. Os valores de pH variaram pouco, de 8 a 8,6 em todas as lagoas, segundo Ferreira (2008) valores de pH moderadamente acima da faixa considerada ótima para a digestão anaeróbia não inviabilizam as atividades de degradação anaeróbia.

O sistema de lagoas apresentou boas eficiências de remoção, sendo: 80% para a Condutividade, 81,2% para o N total, 91,2% para o N Amoniacal, 34,2% para o Nitrito, 58,76% para o PT, 73,13% para a DQO, 73,47% para a Cor, 30,14% para a Turbidez, 11,6% para os Sólidos Totais.

A elevada concentração de sólidos no efluente (4079 mg/L) pode ser devido a composição do efluente têxtil que é rico em fibra de algodão, corantes, amido e demais produtos adicionados ao processo de fabricação do tecido, além disso, ocorre o crescimento de algas nas últimas lagoas, contribuindo para o aumento de sólidos totais.

Os valores das concentrações obtidos nas medições estão ilustrados nas Figuras 3 a 10, evidenciando a variação dos valores em cada lagoa e em cada ponto.

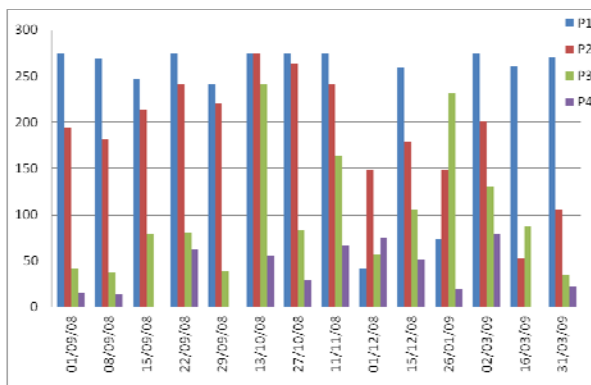


Figura 3 – Resultados de nitrogênio total.

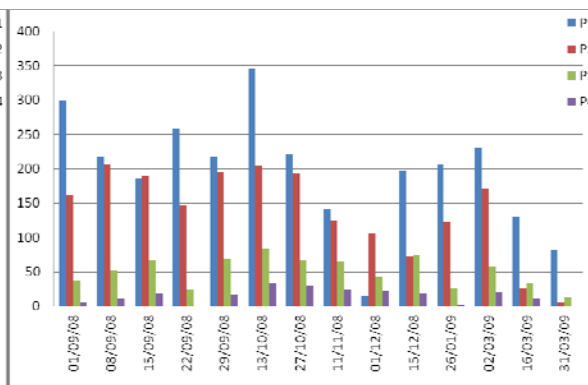


Figura 4 – Resultados de nitrogênio amoniacal.

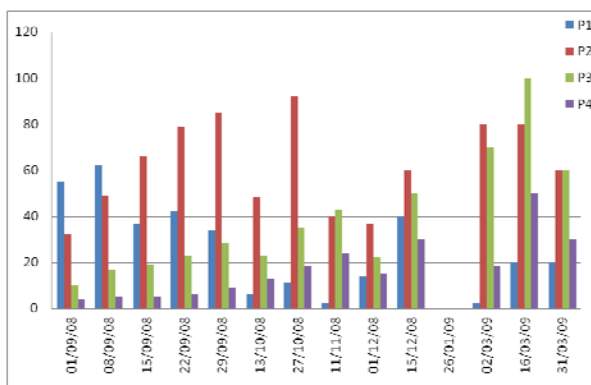


Figura 5 – Resultados de nitrito.

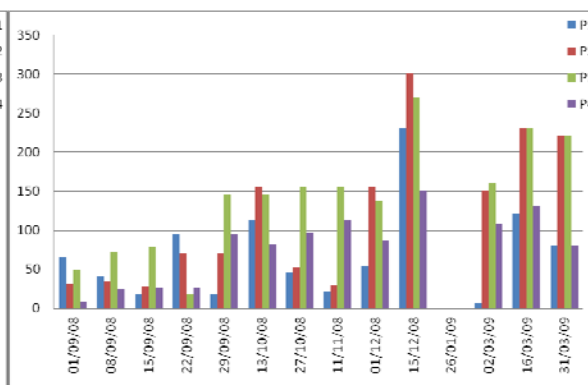


Figura 6 – Resultados de nitrato.

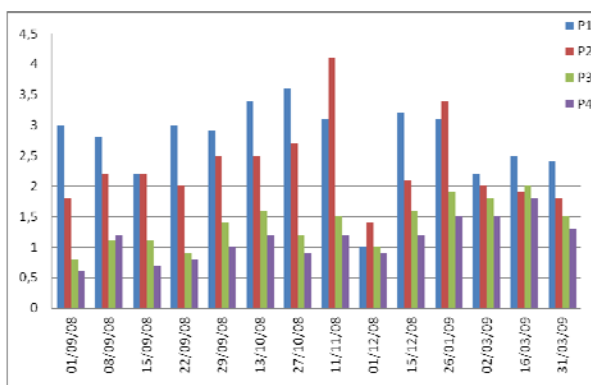


Figura 7 – Resultados de fósforo.

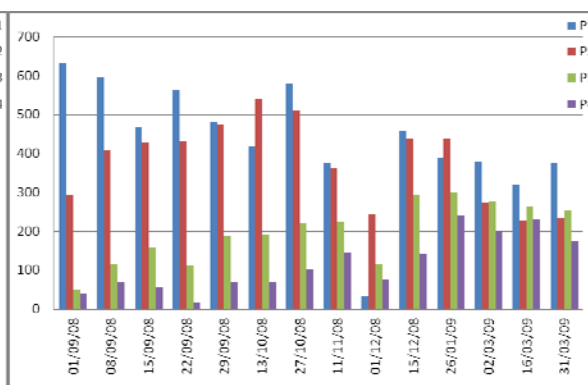


Figura 8 – Resultados de DQO.

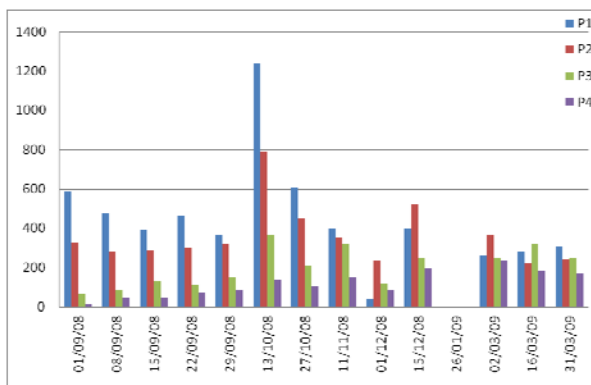


Figura 9 – Resultados de cor.

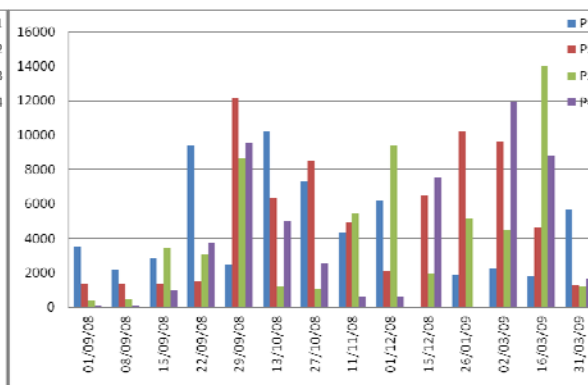


Figura 10 – Resultados de sólidos totais.



Através dos gráficos de nitrogênio e nitrogênio amoniacal verificamos a diminuição dos teores destes poluentes no efluente tratado pelo sistema piloto. De acordo com Silva (2004), os teores de amônia são influenciados pela temperatura e pH do efluente. No projeto piloto, não foi verificado a influência da temperatura sobre este parâmetro, porém, com o aumento do pH, os teores de nitrogênio amoniacal subiram significativamente.

As lagoas facultativa e de maturação apresentaram concentrações médias de DQO de 187 e 116 mg/L, respectivamente, estes valores são inferiores aos encontrados nos estudos de Silva (2007) e Martins *et al* (2008) cujo efluente é de aterro sanitário, onde as concentrações de DQO foram de 1182 mg/L e 1282 mg/L na lagoa facultativa e 580 e 1317 mg/L na lagoa de maturação.

Os valores que estão de acordo com os níveis exigidos para lançamento em corpos hídricos são o pH (8,61) que pode chegar a 9, a Turbidez (23,45 NTU) que o valor máximo é de 100 NTU e o OD (7,6 mg/L) que não deve ser inferior a 4mg/L.

Os demais parâmetros excederam os critérios exigidos pela legislação ambiental vigente. A cor, que deve atingir no máximo 75 Pt/L atingiu 119, os Sólidos totais devem atingir no máximo 500 mg/L e foram de 4079,92 mg/L; o Fósforo, em ambiente lântico, como o estudado deve atingir no máximo 0,05 mg/L e atingiu 1,13 mg/L; o Nitrato apresentou valor de 78,92 mg/L quando o limite máximo é de 10 mg/L; o Nitrito foi de 17,46 mg/L quando o limite máximo é de 1 mg/L e o Nitrogênio Amoniacal apresentou níveis de 17,28 mg/L quando o limite máximo é de 2,2 mg/L.

O fato da maioria dos parâmetros ficarem em desacordo com a legislação indica que deve ser instalado um sistema de tratamento complementar às lagoas de estabilização.

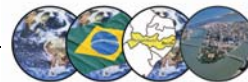
CONCLUSÃO

O sistema obteve boas eficiências de remoção, sendo: 80% para a Condutividade, 81,2% para o N total, 91,2% para o N Amoniacal, 34,2% para o Nitrito, 58,76% para o PT, 73,13% para a DQO, 73,47% para a Cor, 30,14% para a Turbidez, 11,6% para os Sólidos Totais.

A maioria dos parâmetros apresenta valores de concentração fora da legislação para lançamento em rios classe 3. Para melhorar estes valores, a equipe recomenda o estudo da implantação de filtro de pedras ou zona de raízes no sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAILE, P.M; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.
2. CAVALCANTI, P F *et al*. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por lagos de polimento. *In: Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. Belo Horizonte. Cap. 3, p. 105-134, 2001.
3. FERREIRA, C. F. A. **Avaliação da partida de sistemas lagoas e filtros anaeróbios no tratamento de lixiviados de aterro sanitário**. In: 31 Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Santiago, Chile: AIDIS, 2008.
4. FLECK, E. **Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
5. FORESTI, E, *et al*. Fundamentos do tratamento anaeróbio. *In: Tratamento de esgotos por processos anaeróbios e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES. Cap. 2, p. 46-49, 1999.
6. GOMES, T L. **Avaliação quali-quantitativa do percolado gerado no aterro controlado de Santa Maria – RS**. 2005. Monografia (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
7. JORDÃO, E P; PESSÔA, C A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.



8. MARTINS, C. L. et al. (2008). Desempenho de sistema de lagoas de estabilização no tratamento de lixiviados de aterro sanitário. In: 31 Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Santiago, Chile: AIDIS.
9. MIWA, A.C.P., FREIRE, R.H.F., CALIJURI, M.C. **Dinâmica do nitrogênio em um sistema de lagoas de estabilização na região do Vale do Ribeira**. Engenharia Sanitária Ambiental, Vol. 12, Nº 2, p. 169-180, 2006.
10. MONTEGGIA, L.O; SOBRINHO, P. A. Lagoas Anaeróbias. In: **Tratamento de esgotos por processos anaeróbios e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
11. SILVA, Fernando J. A. Amônia em efluente de lagoa facultativa primária em Fortaleza, CE. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 25, n. 2, p. 41-51, dez. 2004.
12. SILVA, J. D. **Tratamento de lixiviados de aterro sanitário por lagoas de estabilização em série – estudo em escala piloto**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.
13. VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.
14. STRELAU, J. R. M. **Estudo comparativo de métodos de extração para determinação de compostos orgânicos em lixiviados de aterros sanitários por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC/MS)**. 2006. Monografia (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.