

II-292 - REMOÇÃO DE COLIFORMES DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA EM SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS DE ESCOAMENTO VERTICAL E HORIZONTAL

Jaíza Ribeiro Mota e Silva⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UFLA.

Fátima Resende Luiz Fia⁽²⁾

Engenheira Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professora do Departamento de Engenharia da UFLA.

Ronaldo Fia⁽³⁾

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela UFV. Doutor em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela UFV. Professor do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

Regina Batista Vilas Bôas⁽⁴⁾

Licenciada em química pela Universidade de Lavras (UNILAVRAS). Mestre em Engenharia Agrícola pela UFLA.

Edson Guilherme de Souza⁽⁵⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UFLA.

Endereço⁽²⁾: Departamento de Engenharia, CP 3037, Campus da UFLA - Lavras - MG - CEP: 37.200-000 - Brasil - Tel: (35) 3829-1481 - e-mail: fatimarlf@deg.ufla.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de sistemas alagados construídos combinados, de escoamento vertical cultivado com *Cynodon* spp. (capim tifton-85) seguido de sistema com escoamento horizontal cultivado com *Typha* spp. (taboa), na remoção de coliformes totais e termotolerantes no pós-tratamento de água residuária de suinocultura. O sistema experimental foi instalado em casa de vegetação e composto por seis sistemas alagados construídos. Três de escoamento vertical (SACVs) seguidos de três de escoamento subsuperficial horizontal (SACHs). O experimento foi constituído de 3 fases (80, 60 e 60 dias) com aumento gradual das taxas de aplicação superficial (TAS). As quantidades de coliformes totais e termotolerantes foram determinadas nas amostras coletadas no afluente e efluente de cada sistema alagado construído durante as três fases de monitoramento do sistema. Os SACHs apresentaram eficiências de remoção de coliformes reduzidas quando comparados aos SACVs. Em geral a associação dos SACVs e SACHs resultou em eficiências que variaram entre 96 e 99% para coliformes totais e entre 94 e 97% para coliformes termotolerantes, que equivalem a remoção de 2 a 3 unidades logarítmicas e que podem ser consideradas satisfatórias.

PALAVRAS-CHAVE: Patógenos, Veiculação Hídrica, Coliformes Termotolerantes, Tratamento de Efluentes, Suinocultura.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da suinocultura tem como fator de maior preocupação a quantidade de dejetos produzidos, que apresentam alto poder poluente, especialmente quando lançados sem tratamento em corpos hídricos (MATOS et al., 2009). Os principais impactos ambientais proporcionados pelo lançamento de águas residuárias agroindustriais, sem tratamento prévio, em corpos hídricos são a elevação da DBO da água, o que provoca diminuição do oxigênio dissolvido no meio, alteração da temperatura e aumento da concentração de sólidos suspensos (aumento da turbidez) na água, eutrofização dos corpos hídricos e proliferação de doenças (MATOS, 2005).

Novos sistemas de tratamento têm sido desenvolvidos e, ou, adaptados ao tratamento das ARS e dentre eles os sistemas alagados construídos (SACs) ou *Constructed Wetlands*, obtendo-se desempenho satisfatório no pós-tratamento da ARS (MATOS et al., 2009, LEE et al., 2004).

Nos SACs a remoção de nutrientes, material orgânico e coliformes presentes na água residuária se dá por meio de processos físicos, químicos e biológicos, influenciados pelo tipo de planta cultivada, escoamento do efluente no leito de macrófitas, material suporte (meio filtrante) e principalmente, pelas características físicas e químicas do efluente a ser tratado. A combinação de diferentes ambientes dentro do leito de macrófitas (aeróbios, anaeróbios e anóxicos) contribui para que se possa ter uma melhoria nas remoções destes poluentes, melhorando a qualidade do efluente final.

Objetivou-se com a realização deste experimento, avaliar o desempenho de sistemas alagados construídos combinados, de escoamento vertical cultivado com *Cynodon* spp. (capim tifton-85) seguido de sistema com escoamento horizontal cultivado com *Typha* spp. (taboa), na remoção de coliformes totais e termotolerantes no pós-tratamento de água residuária de suinocultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Atualmente, a água residuária da suinocultura (ARS) passa por um pré-tratamento composto por peneira estática e tratamento primário/secundário composto por reator anaeróbio compartimentado (RAC) seguido de reator UASB e decantador. Desta forma, a ARS utilizada neste trabalho foi o efluente do sistema de tratamento já existente.

O sistema experimental foi instalado em casa de vegetação e composto por seis sistemas alagados construídos (Figura 1). Três de escoamento vertical (SACVs) seguidos de três de escoamento subsuperficial horizontal (SACHs). Os SACVs foram constituídos por caixas de fibra de vidro com volume total de 100 L, com 0,54 m de altura e 0,86 m de diâmetro médio preenchidos com brita zero (diâmetro D-60 = 7,0 mm e volume de vazios inicial médio de $0,494 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Enquanto os SACHs foram constituídos por caixas de fibra de vidro com dimensões de 2,0 m x 0,5 m x 0,60 m (comprimento x largura x altura). Os SACHs foram preenchidos com brita zero (diâmetro D-60 = 7,0 mm e volume de vazios inicial médio de $0,494 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) até a altura de 0,55 m e o nível d'água foi mantido a 0,05 m abaixo da superfície do material suporte.

Nos SACVs foi cultivado o capim tifton-85 (*Cynodon* spp.) (20 propágulos por m^2), e nos SACHs foi cultivada a taboa (*Typha* sp.) (14 propágulos por m^2).

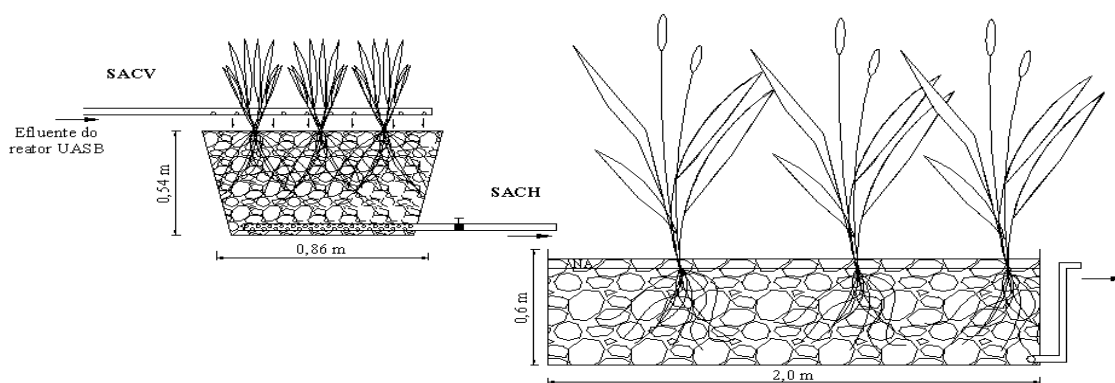


Figura 1: Diagrama esquemático dos sistemas alagados construídos de escoamento vertical (SACVs) e horizontal (SACHs).

A fim de se avaliar a influência do comportamento hidrodinâmico na remoção dos poluentes os SACHs foram confeccionados com três diferentes configurações

- (1) Com divisórias internas fixadas nas laterais do SACH de forma a favorecer o escoamento do tipo pistão de um lado para o outro dentro do SACH;
- (2) Com divisórias internas fixadas acima e abaixo do leito do SACH de forma a favorecer o escoamento ascendente e descendente dentro do SACH, a fim de facilitar a mistura do efluente ora em ambiente estritamente anaeróbio (fundo do SACH), ora em ambiente aeróbio/anóxico (na superfície do SACH);

(3) Sem divisórias internas, como ocorre nos SACHs tradicionalmente pesquisados.

O experimento foi constituído de 3 fases (80, 60 e 60 dias) com aumento gradual das taxas de aplicação superficial (TAS) (Tabela 1) de matéria orgânica e de nutrientes. A diferenciação nas TAS foi feita por meio da variação da vazão afluente aos SACVs, que ocorreu por meio de bomba dosadora a solenóide; a alimentação dos SACHs foi feita por gravidade a partir dos SACVs.

As concentrações de coliformes totais e termotolerantes foram determinadas nas amostras coletadas no afluente e efluente de cada sistema alagado construído durante as três fases de monitoramento do sistema. As análises foram determinadas no Laboratório de Análise de Água (LAADEG) do Departamento de Engenharia da UFPA, utilizando-se a metodologia dos tubos múltiplos (APHA et al., 2005).

Tabela 1: Valores médios, em $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$, das taxas de aplicação superficial (TAS) nos sistemas alagados verticais (SACVs) e horizontais (SACHs) em cada fase.

Sistemas	TAS _{DQO}		
	Fase I	Fase II	Fase III
SACV1	763	828	1.032
SACV2	754	830	1.032
SACV3	754	828	1.032
SACH1	294	319	397
SACH2	290	320	397
SACH3	290	319	397

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se nas Figuras 2, 3 e 4 que ocorreu um aumento na concentração de coliformes no afluente dos SACVs ao longo das amostragens, o que resultou em um aumento nas concentrações dos efluentes dos sistemas.

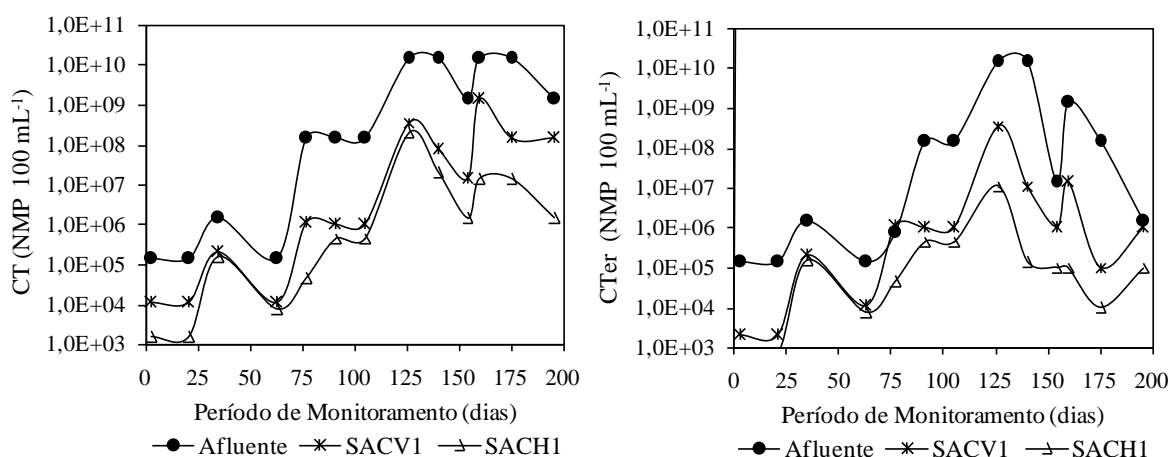


Figura 2: Concentração de coliformes totais (CT) e de coliformes termotolerantes (CTer) observados no afluente e efluente do SACV1 e do SACH1.

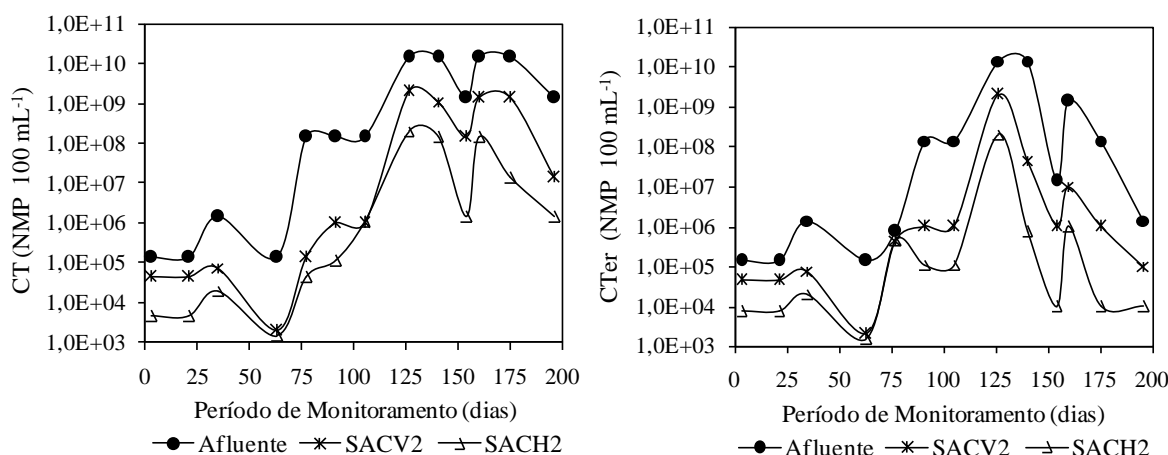


Figura 3: Concentração de coliformes totais (CT) e de coliformes termotolerantes (CTer) observados no afluente e efluente do SACV2 e do SACH2.

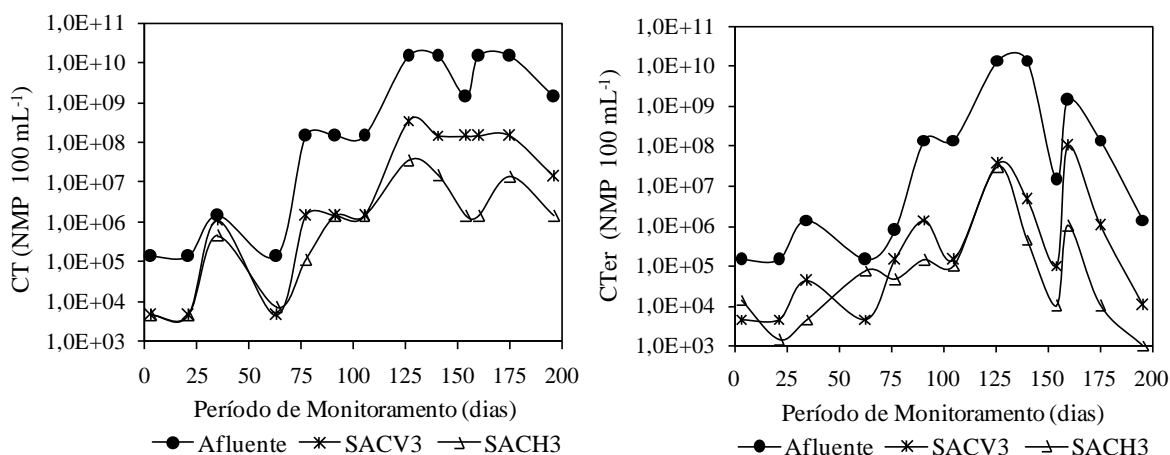


Figura 4: Concentração de coliformes totais (CT) e de coliformes termotolerantes (CTer) observados no afluente e efluente do SACV3 e do SACH3.

As eficiências de remoção de coliformes totais e termotolerantes proporcionadas pelos sistemas alagados construídos de escoamento vertical (SACV) e horizontal (SACH), bem como para o conjunto V-H (eficiência global do sistema), observadas em cada amostragem estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Pela análise das eficiências, nota-se que, em geral os sistemas alagados construídos de escoamento vertical apresentaram um melhor desempenho na remoção de coliformes, tanto totais quanto termotolerantes, alcançando remoção em torno de duas unidades logarítmicas. Constatou-se também que o aumento da concentração de coliformes no afluente dos SACVs ao longo das amostragens pouco influenciou na capacidade de remoção destas unidades.

Os SACHs apresentaram eficiências de remoção de coliformes reduzidas quando comparados aos SACVs. O SACH3 apresentou eficiências médias de remoção de 42,5 e 63,6% para coliformes totais e termotolerantes. Como a presença de chicanas tem a função de uniformizar o escoamento diminuindo a dispersão de poluentes, a ausência dessas no SACH3, pode ter resultado na formação de caminhos preferências, que provavelmente conduziram a água residuária em tratamento para regiões, por exemplo, com menor incidência de radiação solar. Segundo IWA (2000), temperatura, retenção nas raízes das plantas e no biofilme, adsorção à matéria orgânica, predação, competição e morte natural, efeito biocida resultante do material excretado por algumas macrófitas e radiação solar são mecanismos ou fatores determinantes na remoção de coliformes em sistemas alagados.

Tabela 2: Eficiências de remoção (E%) de coliformes totais proporcionadas pelas unidades experimentais durante as sete amostragens.

Dias de monitoramento	E (%)								
	SACV1	SACH1	V-H1	SACV2	SACH2	V-H2	SACV3	SACH3	V-H3
3	92,1	86,4	98,9	67,9	90,0	96,8	96,8	0,0	96,8
21	92,1	86,4	98,9	67,9	90,0	96,8	96,8	0,0	96,8
35	85,7	25,0	89,3	94,6	73,3	98,6	21,4	59,1	67,9
63	92,1	31,8	94,6	98,6	25,0	98,9	96,8	0,0	94,6
77	99,2	95,9	100,0	99,9	67,9	100,0	99,0	92,1	99,9
91	99,3	55,0	99,7	99,3	89,0	99,9	99,0	0,0	99,0
105	99,3	55,0	99,7	99,3	0,0	99,2	99,0	0,0	99,0
126	97,5	42,9	98,6	85,7	90,0	98,6	97,5	90,0	99,8
140	99,5	73,3	99,9	92,1	87,3	99,0	98,9	0,0	99,9
154	99,0	90,0	99,9	90,0	99,0	99,9	90,0	99,0	99,9
160	90,0	99,0	99,9	90,0	90,0	99,0	99,0	99,0	100,0
175	99,0	90,0	99,9	90,0	99,0	99,9	99,0	90,0	99,9
196	90,0	99,0	99,9	99,0	90,0	99,9	99,0	90,0	99,9
Média	95,0	71,5	98,4	90,3	76,2	99,0	91,7	42,5	96,4

Tabela 3. Eficiências de remoção (E%) de coliformes termotolerantes proporcionadas pelas unidades experimentais durante as sete amostragens.

Dias de monitoramento	E (%)								
	SACV1	SACH1	V-H1	SACV2	SACH2	V-H2	SACV3	SACH3	V-H3
3	98,6	62,5	99,5	67,9	83,3	94,6	96,8	0,0	90,0
21	98,6	62,5	99,5	67,9	83,3	94,6	96,8	68,9	99,0
35	85,7	25,0	89,3	94,6	73,3	98,6	97,1	88,8	99,7
63	92,1	31,8	94,6	98,6	25,0	98,9	96,8	0,0	46,4
77	0,0	95,9	94,0	40,0	0,0	40,0	81,3	67,9	94,0
91	99,3	55,0	99,7	99,3	89,0	99,9	99,0	90,0	99,9
105	99,3	55,0	99,7	99,3	89,0	99,9	99,9	28,6	99,9
126	97,5	96,9	99,9	85,7	90,0	98,6	99,8	14,3	99,8
140	99,9	98,7	100,0	99,7	98,3	100,0	100,0	90,0	100,0
154	92,9	90,0	99,3	92,9	99,0	99,9	99,3	90,0	99,9
160	99,0	99,3	100,0	99,3	90,0	99,9	92,9	99,0	99,9
175	99,9	90,0	100,0	99,3	99,0	100,0	99,3	99,0	100,0
196	28,6	90,0	92,9	92,9	90,0	99,3	99,3	90,0	99,9
Média	84,0	73,3	97,6	87,5	77,6	94,2	96,8	63,6	94,5

Em geral a associação dos sistemas alagados verticais e horizontais (V-H) resultou em eficiências que variaram entre 96,4 e 99,0% para coliformes totais e 94,2 e 97,6% para coliformes termotolerantes, que equivalem, em média, a remoção de 2 a 3 unidades logarítmicas e que segundo alguns autores é considerada uma eficiência satisfatória.

Vários trabalhos indicam remoção de coliformes termotolerantes em esgoto doméstico de 1 a 2 unidades logarítmicas em sistemas de escoamento subsuperficial com tempo de detenção (TDH) entre três e seis dias (USEPA, 2000; THURSTON et al., 2001; VALENTIM, 2003). Brasil et al. (2005) reporta remoção de coliformes termotolerantes de 95% (TDH = 1,9 dias) e 99,9% (TDH = 3,6 dias). As menores eficiências obtidas neste trabalho em comparação aos dados da literatura podem ser explicadas pelos maiores TDHs em que os SACs foram submetidos, que variaram entre 2,5 e 5 dias. Calijuri et al. (2009) observaram que os SACs com maiores TDHs apresentaram, em geral, maiores eficiências. Langergraber et al. (2009) verificaram que dois SACVs em série removeram cerca de 4 unidades logarítmicas. Souza et al. (2004) observaram que SACHs foram capazes de remover 4 unidades logarítmicas ao tratar esgotos sanitários pré-tratados em reatores UASB.

CONCLUSÕES

Em geral a associação dos SACVs e SACHs resultou na remoção de 2 a 3 unidades logarítmicas e que podem ser consideradas satisfatórias.

Os resultados obtidos indicam a necessidade de um estudo mais criterioso de outras variáveis, a fim de melhor compreender os mecanismos determinantes na remoção de bactérias do grupo coliforme em sistemas alagados construídos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG e ao CNPq o apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th. ed. Washington. D.C.: APHA/AWWA/WEF, 2005, [s.n.].
2. BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A. Qualidade de efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.133-137, 2005.
3. CALIJURI, M. L.; BASTOS, R. K. X.; MAGALHÃES, T. B.; CAPELETE, B. C.; DIAS, E. H. O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.14, n.3, p. 421-430, 2009.
4. IWA - International Water Association. Application of the technology. In: Constructed Wetlands for Water Pollution Control: Process, performance, Design and Operation. Science and Technical Report No. 8, International Water Association: London. p.23-39. 2000.
5. LANGERGRABER, G.; GIRALDI, D.; MENA, J.; MEYER, D.; PEÑA, M.; TOSCANO, A.; BROVELLI, A.; KORKUSUZ, E.A. Recent developments in numerical modelling of subsurface flow constructed wetlands. Science of the Total Environment, v.407, p.3931-3943, 2009.
6. LEE, C.Y.; LEE, C. C.; LEE, F. Y.; TSENG, S. K. AND LIAO, C.J. Performance of subsurface flow constructed wetland taking pretreated swine effluent under heavy loads. Bioresource Technology, v.92, p.173-179, 2004.
7. MATOS, A.T. Tratamento de resíduos agroindustriais. Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Maio/2005.
8. MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; LO MONACO, P. A. V. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. Revista Ambiente e Água, v. 4, n. 2, p. 31-45, 2009.

9. SOUSA, J.T.; VAN HAANDEL, A.; LIMA, E.P.C.; HENRIQUE, I.N. Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.9, n.4, p.285-290, 2004.
10. THURSTON, J.A. et al. Fate of indicator microorganisms, Giardia and Cryptosporidium in subsurface flow constructed wetlands. Water Research, v. 35, n. 6, p. 1547-1551, 2001.
11. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, USEPA. Manual: Constructed wetlands treatment of municipal wastewater. Cincinnati, Ohio: Usepa, Office of Research and Development, 2000. (EPA/625/R-99/010). Disponível em: http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design_Manual2000.pdf. Acesso em: 15 set. 2008.
12. VALENTIM, M.A.A. Desempenho de leitos cultivados (“constructed wetland”) para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, Campinas, 2003.