

Pós-tratamento de efluente de tanque séptico utilizando filtros intermitentes de areia operando em condições tropicais

M. L. D. de Luna¹; J. T. de Sousa²; V. L. A. de Lima³; A. de S. Alves³; H. W. Pearson²

¹ Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, 58.109-970, Campina Grande - PB, Brasil.

² Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia – CCT, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, 58109-753, Campina Grande-PB, Brasil.

³ Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, 58.109-970, Campina Grande - PB, Brasil.

mldluna@hotmail.com

(Recebido em 09 de outubro de 2012; aceito em 11 de setembro de 2013)

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho de filtros intermitentes de areia, no pós-tratamento de efluente de tanque séptico operado sob condições tropicais. O sistema experimental era composto por um tanque séptico, constituído de três câmaras com defletores longitudinais na primeira câmara e incluindo um tanque de equilíbrio integrado. Este foi seguido por dois filtros de areia intermitentes que operaram em paralelo com área superficial de 1,94 m² cada. A profundidade de areia no filtro 1 foi de 1m e no filtro 2, 0,5m. Os filtros eram alimentados com efluente do tanque séptico através de sistema de sifão por 5 minutos a cada três horas (8 ciclos por dia). A qualidade sanitária dos efluentes finais e eficiência de nitrificação dos filtros foram monitoradas durante um período de um ano. A eficiência de remoção de coliformes termotolerantes foi de 3 unidades log de remoção no filtro 1 e 2 unidades log no filtro 2, quanto a ovos de helmintos a remoção foi total. A concentração de nitrogênio amoniacal foi reduzida de 34 mg N-NH₄⁺ L⁻¹ para 6,3 e 5,6 mg N-NH₄⁺ L⁻¹ respectivamente, nos efluentes dos filtros 1 e 2, representando uma diminuição na concentração de amônia de ~81% para o efluente do filtro 1 e ~83% para o filtro 2. A concentração média de nitrato foi ~28 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ e ~35 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ para os filtros 1 e 2, respectivamente.

Palavras chave: nitrificação, tecnologia sustentável, reúso agrícola.

Post-treatment of septic tank effluents using intermittent sand filters operating under tropical conditions

The objective of this research was to evaluate the performance of intermittent sand filters, septic tank effluent post-treatment operated under tropical conditions. The experimental system comprised a septic tank, subdivided into three chambers with longitudinal baffles incorporated into the first chambers and included an integrated balancing tank. This was followed by two intermittent sand filters which operated in parallel with surface area of 1.94 m² each. The depth of the sand in the filter was 1m and 2 filter, 0.5m. The filters were fed with septic tank effluent through siphon system for 5 minutes every three hours (i.e. 8 cycles per day). The sanitary quality of final effluents and nitrification efficiency of the filters were monitored over a period of one year. Coliform removal efficiency was 3 thermo-tolerant log filter removal units 1 and 2 in the filter log 2 units, as the eggs of helminths removal was total. Ammonium nitrogen concentrations reduced from 34 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ to 6.3 mg L⁻¹ and 5.6 mgN-NH₄⁺ L⁻¹ respectively in the effluents of filters 1 and 2. This represented a decrease in ammonia concentration of ~81% for filter 1 effluent and ~83% for filter 2. Mean nitrate concentration in the effluent of filter 1 was approximately 28 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ and 35 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ for filter 2.

Key Words: nitrification, sustainable technology, water reuse.

1. INTRODUÇÃO

Os conceitos de saneamento sustentável e descentralizado focam no tratamento e reciclagem de nutrientes presentes no esgoto sanitário. O maior desafio na aplicação dessa estratégia é a adoção de tecnologias para o tratamento de águas residuárias de baixo custo, que maximize a eficiência do tratamento e reutilização da água, assegurando as recomendações previstas nas normas de segurança e saúde, relativas à reutilização de efluentes tratados [21; 6].

Grande parte dos municípios brasileiros ainda lançam seus dejetos *in natura* nos corpos hídricos ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para o abastecimento, irrigação e recreação [26].

A aplicação de águas servidas tratadas para irrigação de culturas e plantas está se tornando uma prática comum em todo o mundo, uma vez que possibilita a diminuição de problemas como escassez de água [14].

O pós-tratamento de efluente anaeróbio em filtro intermitente de areia operado em condições tropicais permite não só a reutilização da água, como também o aproveitamento do efluente gerado para irrigação, uma vez que, apresenta simplicidade de operação, baixos custos de implantação e boa remoção de organismos patogênicos [11; 12; 23; 20]. Os filtros de areia intermitentes são reatores aeróbios de leito fixo que proporcionam a biodegradação ou decomposição do material orgânico contido nos esgotos sanitários, permitindo contato direto entre a massa bacteriana aderida à superfície do meio filtrante e o afluente a ser tratado.

Pesquisas realizadas na Suécia e Egito constataram a influência da temperatura sobre os filtros de areia [5]. Na Suécia, cuja temperatura variava entre 13 °C e 14 °C, os microrganismos responsáveis pela nitrificação entraram em equilíbrio com 95 dias [17]. No Egito, onde a mesma estava na faixa de 20 °C a 32 °C, este equilíbrio ocorreu em 52 dias, permitindo que a estabilidade fosse atingida em um menor espaço de tempo.

As condições climáticas tropicais favorecem o metabolismo microbiano devido às altas temperaturas acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica [18]. O uso de filtros de areia em tratamento de esgotos sanitários é uma tecnologia antiga, porém, bastante eficaz, principalmente se aplicada após tratamento anaeróbio. No entanto, há pouca informação sobre o funcionamento desses filtros em países de climas tropicais [16].

Os filtros de areia apresentam biofilme compactos, e podem ser inseridos em ambiente urbano com impactos relativamente baixos [22], sendo também resistentes a choques de carga, de temperatura e de toxicidade [2]. Segundo [27], os filtros biológicos voltaram a surgir devido à grande estabilidade operacional para o caso de comunidades com menos de 2.000 habitantes.

Nos Estados Unidos da América, 25% das moradias e aproximadamente 40% das novas casas construídas utilizam os sistemas simplificados no tratamento de esgotos, pela sua viabilidade tecnológica. Na Europa, essa tecnologia tem sido estabelecida em inúmeros locais, especialmente na Alemanha e no Reino Unido [19].

Os sistemas combinados anaeróbio-aeróbios mostram-se promissores, principalmente quando, além da redução da matéria orgânica, deseja-se a remoção de nutrientes, em particular o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio orgânico. Esses processos propiciam uma série de vantagens diante das estações de tratamento aeróbias convencionais, tais como baixa potência de aeração requerida na fase aeróbia, menor produção de lodo biológico e baixo custo de implantação e operação [13; 10].

O pós-tratamento anaeróbio em filtro de areia intermitente pode ser adotado em pequenas comunidades, bairros isolados, zona rural, condomínios e pontos comerciais que margeiam as rodovias [25]. Dessa forma, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o pós-tratamento de efluente anaeróbio em filtro de areia intermitente operado em condições tropicais, em relação à nitrificação e à qualidade sanitária.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O sistema experimental foi instalado na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no município de Campina Grande/PB, com coordenadas geográficas de 07° 13' S e 35° 52' W e altitude de 550 m. O esgoto sanitário utilizado na pesquisa era proveniente do interceptor principal da rede coletora de esgotos da cidade de Campina Grande-PB e aduzido a um tanque séptico por meio de bombeamento.

Na Figura 1 apresenta-se o esquema do sistema experimental utilizado na pesquisa.

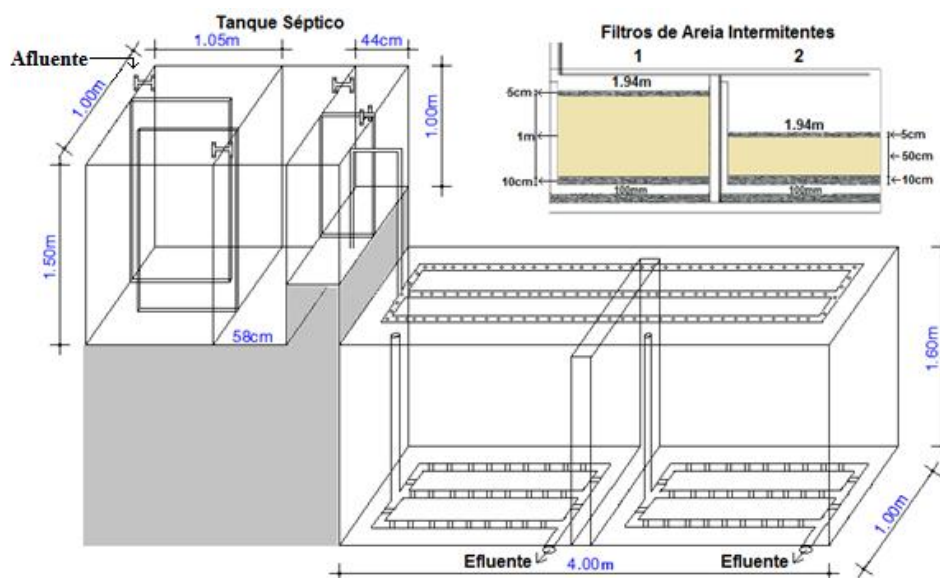


Figura 1: Esquema do sistema experimental constituído por tanque séptico e filtros de areia intermitentes.

Na Tabela 1 são apresentados os valores das cargas aplicadas ao tanque séptico e aos filtros de areia intermitentes.

Tabela 1: Cargas aplicadas ao tanque séptico e aos filtros de areia intermitentes

Parâmetro	Tanque Séptico	Filtro 1	Filtro 2
Área (m ³)	2,16	1,84	1,94
Volume (m ²)	2,90	1,94	0,97
CHV (L m ⁻³ .dia ⁻¹)	510	-	-
COV (gDQO m ⁻³ .dia ⁻¹)	192	-	-
CHS (L m ⁻² dia ⁻¹)	-	400	390
COS (gDQO m ⁻² dia ⁻¹)	-	90	88

CHV: carga hidráulica volumétrica; COV: carga orgânica volumétrica; CHS: carga hidráulica superficial; COS: carga orgânica superficial.

O sistema experimental era constituído por um tanque séptico com aproximadamente 2,9 m³ projetado com três câmaras, incluindo chicanas na câmara 1 com tanque de equilíbrio integrado funcionando como sifão. Após o tanque séptico, dois filtros de areia intermitentes, operando em paralelo com área superficial de 1,94m² cada, contendo três camadas de materiais como meio suporte. Partindo da base, 10 centímetros de brita número 19 nos dois filtros, 100 centímetros de areia no filtro 1 e 50 centímetros no filtro 2 e 10 centímetros de brita na camada superior de ambos os filtros.

A granulometria da areia foi realizada seguindo os parâmetros estabelecidos pela ABNT/NBR 6502/95. Os resultados correspondentes à granulometria da areia utilizada nos filtros intermitentes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Granulometria da areia utilizada nos filtros intermitentes.

Composição	Diâmetro da Partícula	%
Pedregulho:	2,0mm – 60mm	3,689%
Areia grossa:	0,6mm – 2,0mm	55,65%
Areia fina:	0,06mm – 0,2mm	39,45%
Silte:	0,002 – 0,06mm	0,99%
Argila:	Partículas inferiores a 0,002mm	0,23%
Total		100%

A operação do sistema iniciava com a alimentação do tanque séptico por meio de bombeamento do esgoto bruto. Sendo esta operação realizada regularmente oito vezes ao dia, durante cinco minutos, a cada três horas. O efluente do tanque de equilíbrio integrado ao tanque séptico era distribuído aos filtros, por meio de sifão, permanecendo aproximadamente 25 minutos no interior do filtro 1 e 15 minutos no interior do filtro 2.

Os dois filtros contaram com um sistema de distribuição da vazão afluyente composto por tubulação ramificada de PVC de 30 mm, perfurados a cada 150 mm com furos de 3/16" na parte superior. Na extremidade inferior, um sistema de drenagem para coleta de amostras. Para assegurar a aeração no interior dos filtros foi adicionada uma tubulação de 100 mm.

Para avaliar a eficiência do sistema, foram coletadas e analisadas semanalmente durante um ano, 36 amostras do esgoto bruto e do efluente de cada um dos componentes do sistema de tratamento (tanque séptico, filtro 1 e filtro 2), totalizando 144 amostras. As análises foram realizadas para os parâmetros pH, fósforo total (P), nitrogênio total Kjeldahl (N-NTK), nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻) e coliformes termotolerantes, seguindo os métodos preconizados por [1]. Para a análise de ovos de helmintos foi utilizado o método da sedimentação, sugerida por [4].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos valores médios e desvio padrão das concentrações e eficiências de remoção no esgoto bruto (EB), efluente do tanque séptico (ETS), efluente do filtro 1 (EF1) e efluente do filtro 2 (EF2), são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios, desvio padrão e eficiência de remoção dos parâmetros fósforo total, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos no esgoto bruto (EB), efluente do tanque séptico (ETS), efluente do filtro 1 (EF1) e efluente do filtro 2 (EF2).

	Fósforo Total (mgP.L ⁻¹)			Coliformes Termotolerantes (UFC.100mL ⁻¹)			Helmintos (Ovos.L ⁻¹)		
	Média	Desvio Padrão	% Remoção	Média	Desvio Padrão	% Remoção	Média	Desvio Padrão	% Remoção
EB	8,7	1,02	-	2,38 x 10 ⁷	-	-	252,34	62,31	-
ETS	7,4	0,94	16	2,56 x 10 ⁶	-	89,23	106,00	23,98	58
EF1	5,9	0,92	20	3,82 x 10 ⁴	-	98,51	ND	ND	100
EF2	5,5	1,03	20	1,86 x 10 ⁵	-	92,75	ND	ND	100

Analisando os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que a remoção de fósforo total foi de apenas 20% para o efluente final dos filtros. A utilização do efluente gerado nesse tipo de sistema favorece sua aplicação na agricultura, minimizando os gastos com adubos industrializados.

A concentração média de coliformes termotolerantes no esgoto bruto utilizado no experimento foi de $2,38 \times 10^7$ UFC/100mL. Segundo [15], a faixa considerada típica para esgoto bruto predominantemente doméstico no Brasil varia de 10^6 - 10^9 UFC/100mL.

Os valores médios de coliformes termotolerantes nos filtros 1 e 2 foram de $3,82 \times 10^4$ e $1,86 \times 10^5$ UFC/100mL, respectivamente. Desse modo, os efluentes dos filtros não atendem à irrigação irrestrita. No entanto, o efluente do filtro 1 pode ser utilizado para agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; e o efluente do filtro 2 para irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo, como também para agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada, conforme normas estabelecidas pela [29].

Trabalhos realizados com recirculação do material efluente comprovam diminuição nos parâmetros microbiológicos. Remoções de coliformes fecais em torno de 2 unidades logarítmicas foram verificadas por [28; 7], para cada passagem do efluente através do filtro, considerando o tamanho das partículas de areia e a profundidade do filtro. [3], trabalhando com sistema composto por tanque séptico seguido por um filtro de areia intermitente para tratar águas cinzas de efluente doméstico alcançou remoções de até 2 unidades logarítmicas de *E. coli* a cada recirculação.

A remoção de ovos de helmintos foi de 100% nos dois filtros estudados nesse trabalho. Este fato comprova a eficiência desse tipo de tratamento na remoção desse patógeno, bastante comum em países de clima tropical, a exemplo do Brasil. Esses resultados foram superiores aos encontrados por [9], que obtiveram eficiência de remoção de 99,30% para filtro preenchido com conduíte e de 99,47% para filtro preenchido com peças plásticas, trabalhando com filtros anaeróbios como pós-tratamento.

O desvio padrão elevado de ovos de helmintos, conforme apresentado na Tabela 3, pode ser justificado devido à variação da qualidade do esgoto sanitário utilizado no trabalho durante a realização da pesquisa.

Na Figura 2 são apresentados os dados referentes às concentrações médias de nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e nitrato durante o período experimental, para o esgoto bruto (EB), efluente do tanque séptico (ETS), filtro de areia intermitente 1 (EF1) e filtro de areia intermitente 2 (EF2).

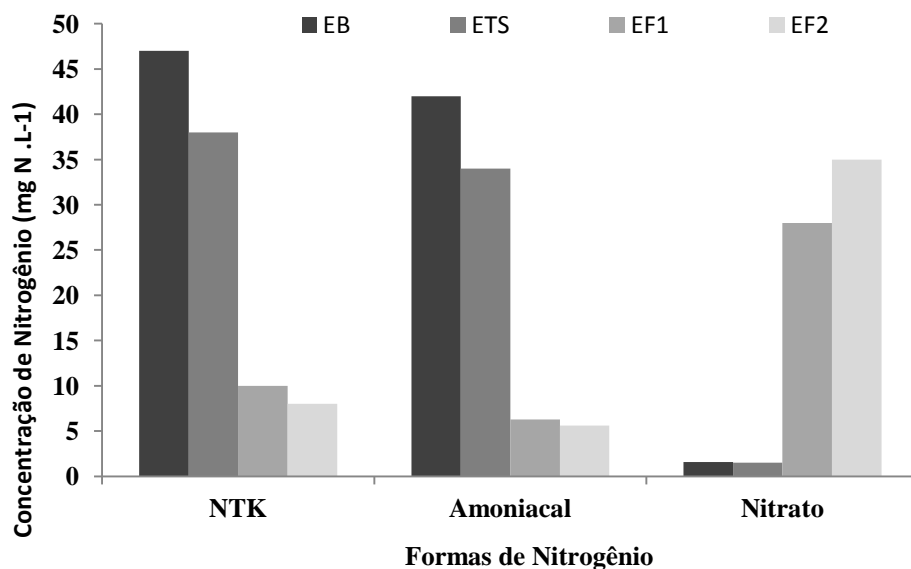


Figura 2: Concentração média de nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e nitrato no esgoto bruto (EB), efluente tanque séptico (ETS), efluente filtro 1 (EF1) e efluente filtro 2 (EF2).

De acordo com os dados apresentados na Figura 2, a concentração média de nitrogênio total Kjeldahl no (EB) foi de 47 mg N-NTK.L⁻¹ e no (ETS) foi de 38 mgN-NTK.L⁻¹. No (EF1), a concentração média foi de 10 mg N-NTK.L⁻¹ e no (EF2) foi de 8 mgN-NTK.L⁻¹, representando uma eficiência de remoção de 73% e 78%, nos filtros 1 e 2, respectivamente.

As concentrações médias de nitrogênio amoniacal diminuíram de 34 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ no (ETS) para 6,3 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ no (EF1) e 5,6 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ no (EF2), comprovando a eficiência no processo de nitrificação. Os resultados obtidos nos filtros obedecem à resolução [8] para a classe 3.

A concentração média de nitrato foi de 28 mgNO₃⁻.L⁻¹ no filtro 1 e 35 mgNO₃⁻.L⁻¹ no filtro 2. A nitrificação apresentou um bom desempenho desde o início do experimento. Este fato deve-se a existência de bactérias nitrificantes na camada de areia utilizada no experimento, que se multiplicavam rapidamente logo nas primeiras semanas de aplicação do efluente anaeróbio (ETS). Durante o experimento, o pH permaneceu na faixa de 7 unidades, valor recomendado para o bom desempenho do processo de nitrificação. Segundo [24], valores abaixo de 7,0 e acima de 9,0 diminuem a velocidade de nitrificação em até 50%. A alta concentração de nitrato impossibilita o lançamento em corpo de água, no entanto, o efluente pode ser aplicado para agricultura de alta e baixa tecnologias.

4. CONCLUSÕES

O pós-tratamento de efluente de tanque séptico através de filtros de areia intermitentes apresenta-se como uma alternativa promissora para produzir efluente de boa qualidade, com o mínimo de desperdícios para reúso agrícola.

Os valores médios de coliformes termotolerantes no efluente dos filtros 1 e 2 foram respectivamente de 10⁴ e 10⁵ UFC/100mL, atendendo as normas estabelecidas pela World Health Organization, para irrigação de agricultura de alta e baixa tecnologias;

Os filtros de areia intermitentes produziram efluentes isentos de ovos de helmintos atendendo as recomendações da World Health Organization para reuso irrestrito na agricultura, no que se refere a este parâmetro;

Os valores de nitrato no efluente 1 e 2 foram, respectivamente, de 28 mgN-NO₃⁻.L⁻¹ e 35 mgN-NO₃⁻.L⁻¹, com alimentação de 8 bateladas ao dia e período de descanso de três horas, indicando uma eficiência de nitrificação desde o início da monitoração do sistema;

A remoção de fósforo total nos filtros de areia intermitentes foi apenas de 20%, o que propicia a utilização do efluente na agricultura, minimizando os gastos com adubos industrializados.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FINEP, ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

-
1. APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D.; et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p, 2005.
 2. ARVIN, E.; HARREMÔES, P. Concepts and models for biofilm reactor performance - Water Science. & Technology. 22 (1/2), 171-192, 1990.
 3. ASSAYED, A. K., DALAHMEH, S. S. AND SULEIMAN W. T. Onsite greywater treatment using a septic tank followed by an intermittent sand filter - A case study of Abu Al Farth.village in Jordan. International Journal of Chemical and Environmental Engineering, 1(1), 67-71, 2010.
 4. AYRES, R.; MARA, D. Analysis of wastewater for use in agriculture – A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Dept of Civil Engineering University of Leeds. England. Leeds. U.K. 31pp, 1996.
 5. BAHGAT, M., DEWEDAR A. E ZAYED A. Sand filter used for wastewater treatment: build-up and distribution of microorganisms. Water Research. 33, (8), 1949–1955, 1999.

6. BDOUR, A. N.; HAMDIB, M. R.; TARAWNEHA, Z. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*, v. 237, p.162–174, 2009.
7. BERNARD KERAITA; PAY DRECHSEL; FLEMMING KONRADSEN; REINOUT C. VREUGDENHIL. Potential of simple filters to improve microbial quality of irrigation water used in urban vegetable farming I Ghana. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, v. 43, Issue 7 p. 749-755, 2008.
8. BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.
9. CAVALCANTE, F. L., ANDRADE NETO, C. O., MELO, H. N. S. Eficiência sanitária de filtros anaeróbios avaliada em função da remoção de ovos de vermes e coliformes fecais. *Revista AIDIS*. 3 (1), 49-61, 2010.
10. CHERNICHARO, C. A. L. Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. *Reviews in Environmental Science and Bio Technology*, v.5, p. 73-92, 2006.
11. EMMERIDE, R. W., TEST, R., TCHOBANOGLOUS, G., DARBY, J. Shallow intermittent sand filtration for microorganisms removal. *The Small Flows Journal*, 3(1), 12-22, 1997.
12. EPA. Intermittent sand filters. *Wastewater Technology Fact Sheet*. 832-F-99-067. EPA Office of Water, Washington, 1999.
13. GASPARIKOVA, E.; KAPUSTA, S.; BODÍK, I., DERCO, J., KRATOCHVÍL. K. Evaluation of Anaerobic-Aerobic Wastewater Treatment Plant Operations. *Polish Journal of Environmental Studies*. v.14, n. 1, 29-34, 2005.
14. LUBELLO, C.; GORI, R.; INCISE, F. P.; FERRINI, F. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. *Water Research*, 38 2939-2947, 2004.
15. OLIVEIRA, S. M. A. C.; SPERLING, M. V. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. 10 (4), 347-357, 2005.
16. PEARSON, H. W., LUNA, M. L. D., SOUSA, J. T., LEITE, V. D. The post-treatment of septic tank effluent using single-pass intermittent sand filters. (X DAAL) X Oficina e Simpósio Latino-Americano de Digestão Anaeróbia. Ouro Preto/MG, Brasil, 23 a 27 de outubro, 2011.
17. PELL, M. E NYBERG, F. Infiltration of wastewater in a newly started pilot sand-filter system: II Development and distribution of the bacterial populations. *Journal of Environmental Quality*. 18 457–462, 1989.
18. PIMENTA, M; KATO, M T; GABAZZA, S; FLORENCIO, L. Desempenho de reatores piloto tipo UASB e híbrido para o tratamento de esgoto doméstico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande/MS, 18 a 23 de setembro, 2005.
19. PROCHASKA, C. A.; ZOUBOULIS, A. I. Performance of intermittently operated sand filters: a comparable study, treating wastewater of different origins. *Water, Air, and Soil Pollution*, 147 367-388, 2003.
20. RODGERS, M., HEALY, M. G., PRENDERGAST, J. Novel hybrid filter for the treatment of septic tank effluent. *Journal of Environmental Engineering*, 132 (7) 764-768, 2006.
21. ROELEVELD, K. K.; ZEEMAN, G. Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts. *Environmental Science and Bio/Technology*, v. 5, p. 115-139, 2006.
22. ROGALLA, F., ROUDON, G., SIBONY, J. E BLONDEAU, F. Minimising nuisances by covering compact sewage plants - *Water Science and Technology*, 25 (4/5) 363 – 374, 1992.
23. SIMPSON, J. Report on Aratula advanced wastewater treatment technologies project-intermittent sand filter. Boonah SC-Report on Aratula AWTT Project, 2000.
24. SURAMPALLI R. Y.; TYAGI R. D.; SCHEIBLE O. K.; HEIDMAN J. A. Nitrification, denitrification and phosphorus removal in sequential bath reactor. *Bioresearch Technhnology*, 61 (2), 151-157, 1997.
25. TONETTI, A. L., CORAUCCI FILHO. B; STEFANUTTI. R; FIGUEIREDO, R. F.; SÃO PEDRO, C. C. O. Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 10 (3), 209-218, 2005.
26. TONETTI, A.L.; CORAUCCI FILHO, B.; BERTONCINI, E.I.; OLIVEIRA, R.A.; STEFANUTTI, R. Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 2, p. 227-234, 2010.
27. UPTON, J. e GREEN, B. - A successful strategy for small treatment plants - *Water Quality. International*, no 4, pp. 12 – 14, 1995.

28. VERMA, A. K. MANCL. Emperical Models for Effectiveness of Single Pass Sand Filters for Wastewater Treatment. Proc. of the 9th National Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems ASAE.St. Joseph, MI, 2001.
29. WHO - World Health Organization Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater Wastewater use in agriculture. Geneva 2, 213, 2006.