

II-593 – PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE DE REATOR UASB POR FILTRAÇÃO RÁPIDA EM AREIA E CARVÃO ATIVADO

Antonio Renê Benevides de Melo⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE).

Sávia Gavazza dos Santos Pêsoa

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Doutora em Engenharia Civil Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (USP). Professora adjunta IV da Universidade Federal de Pernambuco.

Lourdinha Florêncio

Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutora em Ciências Agrícolas e Ambiental (Tecnologia Ambiental) pela Universidade Agrícola de Wageningen – Holanda. Professora Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco.

Mario Takayuki Kato

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutor em Tecnologia Ambiental e Ciências da Agricultura pela Universidade Agrícola de Wageningen, Holanda. Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Saneamento Ambiental. (LSA – UFPE). Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n - Bairro - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-530 - Brasil - Tel: +55 (81) 2126-8742 - e-mail: rene_benevides@hotmail.com

RESUMO

Quando são lançados no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento, os esgotos podem acarretar grandes problemas ambientais, pois possuem diversos tipos de contaminantes. Assim, os requisitos para tratamento de esgoto estão se tornando cada vez mais rigorosos em termos de concentrações-limite de muitas dessas substâncias no efluente, estabelecendo, novos níveis de toxicidade. Após o tratamento convencional, a qualidade do efluente pode ainda ser melhorada pelo tratamento terciário, que são comumente utilizados para remover matéria orgânica, sólidos suspensos, compostos orgânicos sintéticos, microrganismos e íons inorgânicos, bem como sulfato e fosfato, do efluente do tratamento secundário. Dentre as tecnologias de tratamento de esgoto, a filtração em meio granular está sendo amplamente utilizada, principalmente para remover sólidos suspensos e matéria orgânica antes do tratamento de desinfecção ou para remover fósforo e matéria orgânica do efluente antes do lançamento em curso d'água. Esta pesquisa, que foi realizada na instalação piloto da UFPE, localizada na ETE Mangueira, em Recife/PE, teve como objetivo avaliar o pós-tratamento de efluente de reator UASB pelo sistema de filtração em areia e carvão ativado granular de casca de coco. Foram instalados um filtro de pedregulho FAP, e em paralelo, dois conjuntos de filtração descendente em areia seguida de carvão ativado, que operaram com taxa de 120 m³/m².d e 160 m³/m².d. O sistema proposto obteve eficiência global de remoção média de 89% de matéria orgânica (DQO), sólidos suspensos 95% e turbidez 95%. O pH variou entre 6,8 a 7,6 não se afastando da neutralidade, o que é fundamental para o tratamento de esgoto.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento terciário, esgoto, filtração.

INTRODUÇÃO

Os esgotos, principalmente os domésticos, quando são lançados no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento, podem acarretar grandes problemas ambientais, pois possuem diversos tipos de constituintes. Como resultado, os requisitos para tratamento de esgoto estão se tornando cada vez mais rigorosos em termos de concentrações-limite de muitas dessas substâncias no efluente, estabelecendo assim, novos níveis de toxicidade.

Com isso, após o tratamento convencional de água residuária, cujo objetivo é reduzir ou remover principalmente matéria orgânica, a qualidade do efluente pode ainda ser melhorada pelo tratamento terciário. Processos terciários de tratamento são comumente utilizados para remover matéria orgânica, sólidos suspensos, compostos orgânicos sintéticos, microrganismos e íons inorgânicos, bem como sulfato e fosfato, do efluente do tratamento secundário (METCALF & EDDY, 2003).

Dentre as tecnologias de tratamento de esgoto, a filtração em meio granular está sendo amplamente utilizada, principalmente para remover sólidos suspensos e matéria orgânica antes do tratamento de desinfecção ou para remover fósforo e matéria orgânica do efluente antes do lançamento em curso d'água.

A filtração pode efetuar-se de muitas formas: com baixa e alta taxa superficial (filtros lentos e rápidos), com fluxo ascendente, descendente e misto (parte ascendente e parte descendente) e ainda trabalhar à pressão e por gravidade, dependendo da magnitude da carga hidráulica que exista sobre o leito filtrante (JIMENEZ, *et. al*, 2010).

Este trabalho objetivou avaliar o desempenho de um sistema em série de filtração, composto por filtro de pedregulho, areia e carvão ativado granular como unidade de pós-tratamento de efluente de reator UASB, tratando esgoto doméstico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Estação Experimental da UFPE, localizada na ETE Mangueira, em Recife – PE. Após passagem pelo tratamento primário da ETE Mangueira, o esgoto era desviado para uma caixa de acumulação com capacidade para três mil litros. Além dessa caixa, o sistema experimental era composto de: (a) reator UASB, (b) caixa de distribuição para o filtro ascendente de pedregulho, (c) filtro ascendente de pedra (FAP), (d) caixa de distribuição para os filtros de areia, (e) e (f) filtro de areia descendente (FDA1 e FDA2), (g) e (h) filtro de carvão ativado (FCA1 e FCA2). A Figura 1 ilustra a instalação do sistema usado durante a pesquisa.

A taxa de aplicação superficial do filtro em pedregulho foi de 82 m³/m².d, os filtros de areia 1 e 2 funcionavam com taxa de aplicação superficial de 120 m³/m².dia e 160 m³/m².dia. O final de cada carreira de filtração para os filtros descendentes foi delimitado quando a perda de carga atingia 1,5 m.

O FAP consta de uma única unidade, construída de PVC, com diâmetro de 0,30 m, área de 0,071 m² e altura de 2,5 metros. O meio filtrante era composto de quatro camadas de pedregulho, com granulometria decrescente no sentido do escoamento. A camada suporte era constituída de uma camada de 0,30 m com granulometria de 50 mm a 19 mm. As camadas filtrantes eram compostas de pedregulho com 0,30 m de espessura, com as seguintes granulometrias: 19 a 12 mm; 12 a 6 mm; 6 a 4 mm; 4 a 2 mm.

Os filtros de areia foram construídos com diâmetro de 0,15 m, área de 0,0176 m² e altura de 3,0 m. A camada suporte tinha 0,30 m com granulometria variando de 50 a 3 mm, a camada filtrante tinha 0,70 m de comprimento e tamanho efetivo de 0,45 mm. As demais características estão apresentadas na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 - Granulometria do meio filtrante de areia (FA1 e FA2).

Camada	Filtros Descendentes
Espessura da camada (m)	0,70
Tamanho efetivo, D ₁₀ (mm)	0,45
Tamanho do maior grão (mm)	2,00
Tamanho do menor grão (mm)	0,42
Coefficiente de uniformidade	1,60



Figura 1- Esquema do sistema de filtração.

Os filtros de carvão de carvão ativado foram construídos com diâmetro de 0,15 m e 1,2 m de altura, sendo seu leito de carvão ativado granular (casca de coco), constituídos por uma camada de 0,60 m. A Tabela 2, apresenta as principais características do material filtrante.

Tabela 2 - Características do carvão ativado granular fabricado com casca de coco.

Especificações*	
Matéria-prima	Casca de coco
Número de iodo (mg I ₂ /g C.A.)	850/950 (mg I ₂ /g C.A.)
Cinzas (%)	Máx. 5
Umidade (%)	Máx. 5
Dureza (%)	Mín. 90
pH	5 a 7
Densidade (g/cm ³)	0,45 – 0,55
Granulometria (mm)	2,38 – 1,19

*Conforme fornecedor

Os parâmetros analisados durante a pesquisa foram: demanda química de oxigênio – DQO, sólidos suspensos totais, turbidez, alcalinidade e pH. O parâmetro turbidez foi analisado *in loco*, com auxílio do turbidímetro da marca Hach modelo 2100P. Os demais foram analisados no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (LSA/CTG/UFPE). Todas as análises seguiram os procedimentos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, os resultados apresentados referem-se à operação do piloto. Em relação à remoção da matéria orgânica, pode-se observar, através da Tabela 3 e da Figura 2, que não houve grande diferença para remoção de DQO nos filtros descendentes para as taxas de 120 e 160 m³/m².d. Isso indica que a taxa de filtração para este intervalo não influenciou a eficiência do tratamento, em termos de remoção de DQO.

Hamoda *et. al.* (2004), avaliando a filtração rápida como pós-tratamento de efluente de lodo ativado, obtiveram 34% de remoção de DQO com residual de 49,4 mg/L. Os autores associaram a eficiência ao fato de a carga hidráulica está excedendo a capacidade do sistema. Nesta pesquisa, foi obtida, em média, uma remoção de 54% de DQO no sistema terciário de tratamento, com residual de 35,22 mg/L, influenciada principalmente pela remoção de sólidos suspensos.

Tabela 3 – Eficiência média de remoção de DQO em relação ao tratamento antecedente e eficiência global da filtração descendente para as taxas de 120 m³/m².d e 160 m³/m².d dos filtros descendentes.

Taxa de 120 m ³ /m ² .d	DQO média (mg/L)	Remoção (%)	Taxa de 160 m ³ /m ² .d	DQO média (mg/L)	Remoção (%)
Afluente	327,80	-	Afluente	327,80	-
UASB	67,46	79,42	UASB	67,46	79,42
FAP	50,17	25,64	FAP	50,17	25,64
FDA1	45,16	9,97	FDA2	45,03	10,24
FCA1	37,26	17,49	FCA2	35,22	21,77
Eficiência global (%)		88,63	Eficiência global (%)		89,25

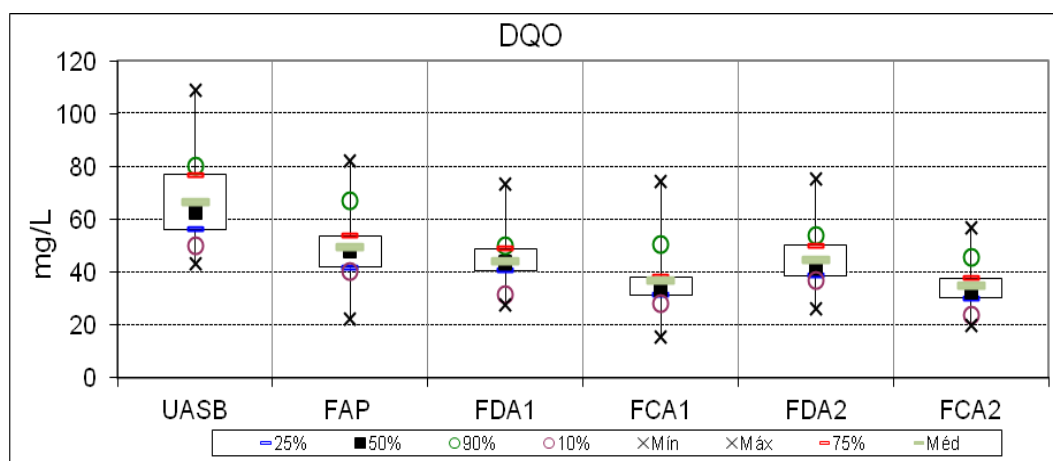


Figura 2 - Gráfico estatístico dos valores de DQO para as taxas de 120 m³/m².d e 160 m³/m².d.

Para os sólidos suspensos totais, observa-se, na Figura 3, que houve diferença no comportamento dos dois filtros de carvão ativado avaliados: no FCA1, obteve-se estabilidade nos valores encontrados enquanto que, no FCA2, houve uma variação nos resultados. Tal comportamento pode estar relacionado ao fato de o FCA2 receber maior vazão e, consequentemente, maior quantidade de sólidos.

De acordo com von Sperling (1997), a concentração típica de sólidos suspensos totais no esgoto doméstico varia entre 200 mg/L e 450 mg/L. O valor médio encontrado de SST para o esgoto bruto foi de 170,17 mg/L. Desse modo, verifica-se que a concentração no esgoto bruto está ligeiramente inferior à desse intervalo. Uma explicação para tal comportamento seria a eficiência de remoção da caixa de areia da ETE Mangueira, que antecedia o sistema piloto de tratamento, aliada à sedimentação das partículas sólidas na caixa de recalque do sistema. Outra suposição seria a de que o esgoto realmente possuía tal característica, principalmente em épocas chuvosas, o que indica ligações entre a rede de esgoto e a drenagem pluvial da bacia de contribuição da ETE Mangueira.

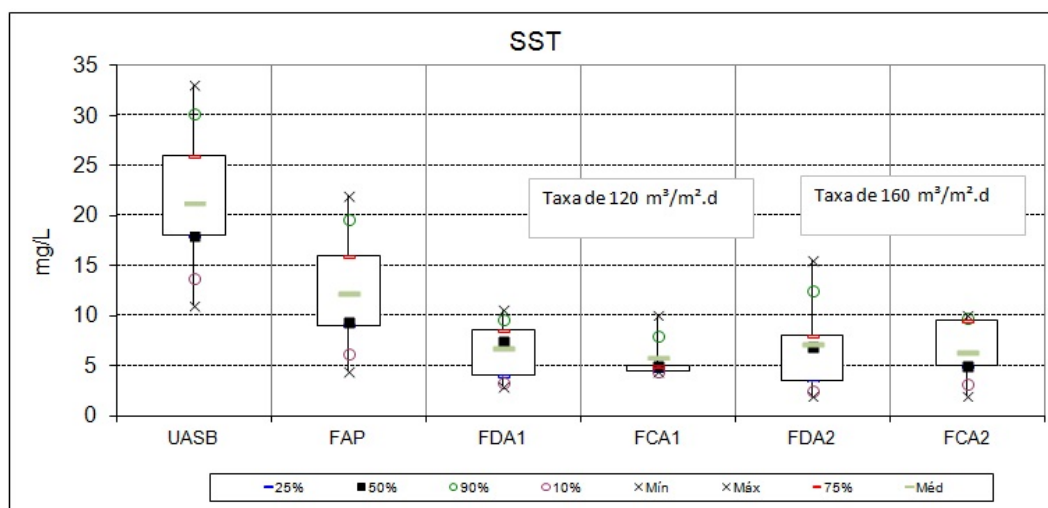


Figura 3 – Gráfico estatístico dos valores de sólidos suspensos totais para as taxas de 120 m³/m².d e 160 m³/m².d.

Quanto à turbidez, de acordo os dados alcançados para o esgoto bruto, percebe-se, por meio da Tabela 4, que a eficiência global de remoção foi maior que 95%, considerando tanto a taxa de 120 m³/m².d quanto a taxa de 160 m³/m².d. A resolução CONAMA 357/2005 limita em 40 NTU o valor máximo para turbidez de corpos d'água classe 1. Assim sendo, tanto para a taxa de 120 m³/m².d quanto para a taxa de 160 m³/m².d se alcançaram valores inferiores a esse limite, o que tornou aceitável o emprego desse efluente para lançamento em curso d'água ou reúso.

Os resultados desta pesquisa são concomitantes com os encontrados por Tiagi *et. al.* (2009), que obtiveram eficiência média de remoção de 91,60% e residual com variação entre 1,6 a 6,2 NTU na utilização de um meio filtrante com 54 cm de espessura e tamanho efetivo de 0,43 mm. Esses autores assinalam que resultados semelhantes foram alcançados por Al Adham (1989) e Clesby *et. al.* (1984). Riahi *et. al.* (2009), utilizando palmeira como meio filtrante, alcançaram eficiência máxima de $54,9 \pm 1,70\%$; esses autores concluíram que o diâmetro do material foi o fator determinante para alcançar essa porcentagem de remoção.

Tabela 4 – Valores médios de turbidez e eficiência de remoção média em relação ao tratamento antecedente.

Taxa de 120 m³/m².d	Turbidez média (NTU)	Remoção (%)	Taxa de 160 m³/m².d	Turbidez média (NTU)	Remoção (%)
Afluente	205,28	-	Afluente	205,28	-
UASB	32,60	84,12	UASB	32,60	84,12
FAP	18,07	44,57	FAP	18,07	44,57
FDA1	12,49	30,88	FDA2	10,58	41,45
FCA1	6,67	46,60	FCA2	8,86	16,25
Eficiência global (%)		96,75	Eficiência global (%)		95,68

A Figura 4 abaixo, apresenta o gráfico estatístico dos valores de turbidez para as duas taxas de filtração avaliadas na pesquisa, 120 e 160 m³/m².d.

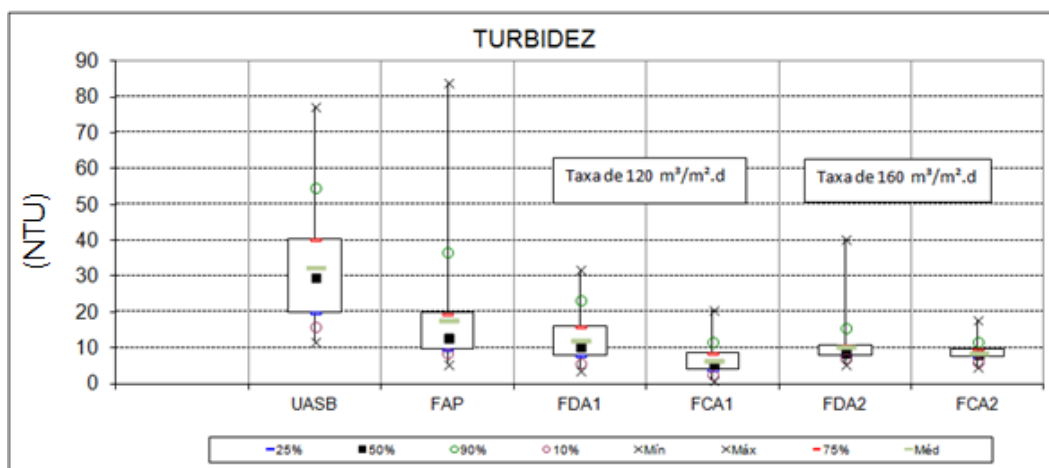


Figura 4 – Gráfico estatístico dos valores de turbidez

A alcalinidade total para o conjunto de filtração (Tabela 5) permaneceu entre a faixa de 180 a 330 mg CaCO₃/L, não havendo consumo durante o processo de filtração. Essa faixa de concentração pode estar relacionada ao fato de não ter ocorrido o processo de nitrificação dos compostos nitrogenados, outro fato que contribuiu foi a elevada concentração de alcalinidade no afluente.

Tabela 5 – Valores médios de alcalinidade para os dois sistemas de filtração.

	Afluente	UASB	FAP	FDA1	FCA1	FDA2	FCA2
Min	185,70	192,80	181,00	173,70	187,20	219,99	223,40
Max	321,20	297,00	280,40	283,80	286,10	287,00	321,20
Med	224,69	234,25	226,65	228,88	226,00	238,76	241,92
Desvio Padrão	31,33	30,14	29,40	28,10	25,12	16,60	21,84
CV	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,07	0,09

Em relação ao pH, observa-se que, após a passagem pelo reator UASB, o parâmetro possuiu valores próximos da neutralidade, com média para o período de avaliação de 7,1 ± 0,2. A Tabela 6 apresenta os valores médios de pH para a estação piloto, demonstrando que não houve grande flutuação entre os filtros avaliados. Tal resultado era esperado, pois o reator UASB estava em funcionamento antes do início da pesquisa, favorecendo a estabilidade do parâmetro pH.

De acordo a resolução CONAMA 430 de 2011, para lançamento de efluente, o pH deve estar compreendido entre 5,0 e 9,0. Dessa forma, foi observado que, para esse parâmetro, o efluente produzido pelos filtros, que variou de 6,8 a 7,7, esteve dentro do padrão estabelecido.

Tabela 6 - Valores médios de pH para o período de avaliação.

	Afluente	UASB	FAP	FDA1	FCA1	FDA2	FCA2
Min	6,8	6,8	6,8	7,0	6,8	6,9	7,0
Max	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,7	7,7
Med	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,4
Desvio Padrão	0,1	0,17	0,17	0,13	0,15	0,18	0,21
CV	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COMPESA, aos órgãos financiadores (CNPq, FINEP e FACEPE), e aos pesquisadores e acadêmicos bolsistas do Laboratório de Saneamento Ambiental – LSA pertencentes ao Centro de Tecnologia e Geociências – CTG da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

CONCLUSÕES

Na filtração ascendente, o efluente apresentou qualidade inferior ao da filtração descendente. Apesar disso, foi atingida uma eficiência global de remoção em torno de 85% para DQO. Quanto à remoção de matéria orgânica (DQO) pelos filtros de areia e carvão ativado, o efluente produzido apresentou boa qualidade, estando dentro dos limites exigidos pela legislação federal – Resolução CONAMA 430/2011, e dentro dos limites determinados para reúso, de acordo a Organização Mundial de Saúde – OMS. Os filtros de carvão tiveram pouca influência em relação à remoção da DQO, o que pode indicar que a ativação do carvão estava comprometida.

Em relação a sólidos suspensos totais (SST) e turbidez (UNT), os resultados destacaram que o efluente produzido possui boas qualidades para o reúso urbano não potável e para o reúso agrícola, conferindo melhor qualidade ao efluente final, o que favorece os processos de desinfecção final.

Quanto à alcalinidade, não foi observado consumo, o que já era esperado, pois a filtração rápida não favoreceu a nitrificação dos compostos nitrogenados. O reator UASB estava em operação antes da pesquisa, por isso, não houve necessidade de adaptação da biomassa, apenas ajuste operacional, o que garantiu a permanência do pH dentro da faixa da neutralidade durante o período de monitoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20ª edição. Washington, D.C. APHA. 2005.
2. BRASIL. Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de efluentes, complementa e altera a Resolução 357, de 17 de março de 2005-CONAMA. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2011.
3. BRASIL. Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005.
4. HAMODA, M.F.; AL-GHUSAIN, I.; AL-MUTAIRI, N. Z. Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse. Desalination v. 164, p. 203-211, 2004.
5. JIMENEZ, B.; CHAVEZ, A.; LEYVA, A.; TCHOBANOGLOUS, G. Sand and Synthetic Medium Filtration of Advanced Primary Treatment Effluent From Mexico City. Waters Research, v. 34, n. 2, p. 473-480, 2000.
6. METCALF & EDDY. Advanced Wastewater Treatment. In: Wastewater Engineering, Treatment and Reuse. Boston, McGraw-Hill. p. 1044-98. 2003.
7. RIAHI, K.; BEN MAMMOUB, A.; THAYER, B. B. Date-palm fibers media filters as a potential technology for tertiary domestic wastewater treatment. Journal of Hazardous Materials, v. 161, p. 608-613, 2009.
8. TYAGI, V. K.; ALI KHAN, A.; KAZMI, A.A.; MEHROTRA I.; CHOPRA A.K. Slow sand filtration of UASB reactor effluent: A promising post treatment technique. Desalination, v. 249, p. 571–576, 2009.
9. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. 1ª edição. Belo Horizonte, UFMG. 1997.
10. WHO. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture, Technical Report Series No. 778, Report of a Scientific Group Meeting, World Health Organization, Geneva. 1989.