

IV-Barbosa-Brasil-1

PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE DE TANQUE SÉPTICO POR BIOFILTRO AERADO SUBMERSO

Samuel Alves Barbosa⁽¹⁾

Engenheiro Civil (2004), e Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (2006), pela UFPR.

Marcelo Antunes Nolasco

Biólogo pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos-USP. Professor da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR. Professor Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná.

Direção: Rua Guilherme Tragante, n° 255 – Tarumã – Curitiba – PR, CEP 82800090 – Brasil – Tel: 55 (+41) 3266-7677 - e-mail: samuel_sba@yahoo.com.br.

RESUMO

Os reatores anaeróbios são unidades de tratamento de esgoto sanitário amplamente utilizadas no Brasil em virtude do baixo custo de implantação e operação, a simplicidade operacional e a baixa produção de lodo. Contudo essas unidades não proporcionam as melhores condições de lançamento de efluentes sanitário sendo que na maioria das vezes não são atendidos os requisitos na legislação ambiental brasileira CONAMA 357/05. Neste trabalho foi estudado em escala de bancada uma unidade Biofiltro Aerado Submerso (BAS), com volume útil de 6,3 litros, operando como pós-tratamento de um Tanque Séptico (TS), com 27 litros, tratando esgoto sintético simulando esgoto doméstico/sanitário. O BAS foi operado, como unidade de pós-tratamento do TS, em duas fases durante um período de 120 dias. Na primeira fase o BAS recebeu uma carga orgânica volumétrica (COV) média de $1,05 \text{ kg DQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{dia}^{-1}$, para uma taxa de aplicação superficial (TAS) de $5,01 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$, correspondente ao tempo de detenção hidráulica (TDH) de 4 horas. Na segunda fase o BAS recebeu COV média foi de $1,97 \text{ kg DQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{dia}^{-1}$, e uma TAS foi de $10,02 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$, e correspondente ao TDH de 2 horas. Neste trabalho durante o monitoramento foram avaliados a remoção da matéria orgânica residual e dos sólidos do efluente da unidade TS. O BAS apresentou na primeira fase um efluente com as concentrações médias de DQO, COT e DBO de $46 \pm 19 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $13 \pm 3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e $20 \pm 9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e eficiências de 80%, 87% e 78% respectivamente. Na segunda fase essas concentrações foram de $53 \pm 10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $21 \pm 5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e $21 \pm 5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e eficiências de 79%, 84% e 79%. Quanto aos SS e SSV, o reator apresentou eficiências de 62% e 68%, com uma concentração média no efluente final de $16,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e $11,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, para a primeira fase. Para a segunda fase as eficiências de remoção de SS e SSV foram de 37% e 50%, e concentrações médias no efluente final de $18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e $9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Assim pode-se afirmar que unidade BAS, sob as condições típicas desse estudo pode promover uma remoção adequada da matéria orgânica residual e dos SS dessa forma assegurando o lançamento do efluente sanitário enquadrado dentro da legislação ambiental brasileira.

Palavras-chaves: Biofiltro Aerado Submerso, pós-tratamento, Tanque Séptico, taxa de aplicação superficial.

INTRODUÇÃO

Os sistemas anaeróbios têm sido amplamente aplicados e difundidos no Brasil em função, principalmente, das condições climáticas favoráveis e ao baixo custo de implantação e operação (Hirakawa *et. al.* 2002). Os Tanques Sépticos (TS) são as principais unidades anaeróbias de tratamento de esgoto doméstico/sanitário empregadas em localidades em que não possuem rede coletora, situação esta que atinge cerca de 28% dos distritos brasileiros (IBGE, 2000).

Diante do atual quadro do saneamento básico de alguns municípios, pode-se prever que soluções individuais ou de pequenas coletividades para o tratamento de esgoto sanitário ainda serão amplamente adotadas. Cabe lembrar que as soluções adotadas para o tratamento do esgoto sanitário devem estar enquadradas dentro de um modelo auto-sustentável, em consonância aos preceitos estabelecidos na agenda 21.

As unidades TS se caracterizam pelo tratamento primário do esgoto sanitário, o que é insuficiente para, isoladamente, assegurar a melhores condições de lançamento de efluente sanitário nos corpos hídricos, no âmbito da legislação ambiental brasileira, CONAMA 357/05. Assim torna-se necessária a realização de um pós-tratamento do efluente do TS.

Uma proposta de configuração de uma ETE para pequenas vazões é a associação de um TS seguido por um Biofiltro Aerado Submerso (BAS). Associação essa recomendada pela NBR-13969/1997, "Tanques Sépticos – Unidade de Tratamento Complementar e Disposição Final de Efluentes Líquidos – Projeto, construção e operação".

Uma proposta de configuração de uma ETE, descentralizada, para pequenas vazões é a associação de um TS seguido por um Biofiltro Aerado Submerso (BAS). Associação essa recomendada pela NBR-13969/1997, "Tanques Sépticos - Unidade de Tratamento Complementar e Disposição Final de Efluentes Líquidos – Projeto, construção e operação". O uso do BAS como pós-tratamento do TS pode vir ser uma alternativa interessante em vista as diversas unidades TS em operação no território nacional. Essa associação TS+BAS tem sido empregada em larga escala no Japão, como unidades compactas e pré-fabricadas utilizadas no tratamento do esgoto doméstico, atendendo desde residências unifamiliares a condomínios residenciais (Kamiyama, 1993 apud Aisse, 2001).

Os Biofiltros Aerados Submersos (BAS) são reatores aeróbios flexíveis, compactos, que com tecnologia do biofilme fornecem uma opção de tratamento para vários estágios de diversos tipos de efluentes (Moore, 2001). No passado, sua utilização do BAS no tratamento de águas residuárias tinha por finalidade a oxidação do carbono, mas rapidamente foi estendida para remoção de nutrientes e subseqüentemente foram realizadas aplicações conjuntas com remoção do carbono combinado ao processo de nitrificação (Westerman, 2000). Novos reatores aeróbios de biomassa fixa, da Comunidade Européia, têm sido projetados com o sistema de dupla-coluna, que tem sido recentemente proposto para aliar a remoção do carbono com a remoção de nitrogênio e/ou do fósforo (Wouwer *et al.* 2002, Galvez *et. al.* 2003).

Pode-se afirmar têm ocorrido avanços relevantes em soluções que possam promover o tratamento de esgoto sanitário de localidades afastadas dos grandes centros urbanos de forma sustentável, com baixos custos de implantação e operação. Heistad *et al.* (2006) realizou na Noruega o estudo de um sistema compacto de esgotamento sanitário de uma residência com as unidades tanque séptico, biofiltro aerado submerso e um filtro ascendente. Esse sistema apresentou uma eficiência de remoção de 97% de DBO, 30% de nitrogênio, 99,4% de fósforo e 70,8% de SS, apresentando-se com uma interessante para as condições locais.

O presente estudo visa avaliar a aplicabilidade do BAS como pós-tratamento do TS e verificar a viabilidade técnica dessa unidade em vista as diversas unidades TS em operação no território nacional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foi projetado e operado um sistema combinado anaeróbio/aeróbio, em escala de bancada (semi-piloto), com as unidades Tanque Séptico e Biofiltro Aerado Submerso

tratando esgoto sintético que simulou esgoto doméstico/sanitário. O aparato experimental foi instalado e operado na Universidade Federal do Paraná (UFPR), no *Campus Centro Politécnico*, em um abrigo em área externa.

O BAS era alimentado com esgoto sintético pré-tratado na unidade TS, que possuía volume de 27 litros e que havia sido operada com tempos de detenção hidráulica que variaram de 12 a 24 horas. Entre o BAS e a unidade TS foi projetado um tanque de equalização que permitiu que o BAS fosse operado por gravidade e pudesse ser proporcionada maior independência de operação das unidades. O tanque de equalização foi construído em isopor com volume útil de 7 litros, com uma válvula agulha na sua extremidade inferior e um extravasor na parte superior, promovendo a alimentação contínua do BAS. A Figura 1 apresenta um fluxograma da unidade experimental BAS.

Os critérios de projeto e operação do BAS diferem dos contemplados pela NBR – 13696, que recomenda o uso de dupla camada filtrante. A unidade BAS, com formato cilíndrico, foi construída em estrutura de acrílico transparente, com seção circular de 8 cm de diâmetro, altura total de 1,475 m, sendo 1,25 m a altura do leito filtrante, com o volume total de 7,8 litros e volume útil de 6,3 litros. O reator foi operado com fluxo ascendente, com entrada do afluente situada a 7,5 cm acima da base e a 7,5 cm abaixo do leito filtrante. O ar injetado no reator era fornecido através de um compressor externo, que operou com a vazão de 1000 cc/min, a entrada do ar ocorreu através de um difusor de ar localizado a 3,5 cm da base que promoveu uma distribuição homogênea de ar, com bolhas de ar de aproximadamente 10mm. Como material de recheio utilizou-se argila expandida, que foi triturada e selecionada as partículas com diâmetros entre 2 e 10 mm, ocupando um volume de 2,1 litros, o que representou 30% do volume útil do reator. A Figura 2 ilustra o sistema de bancada TS + BAS do PPGERHA/UFPR.

Figura 1: Fluxograma da unidade BAS

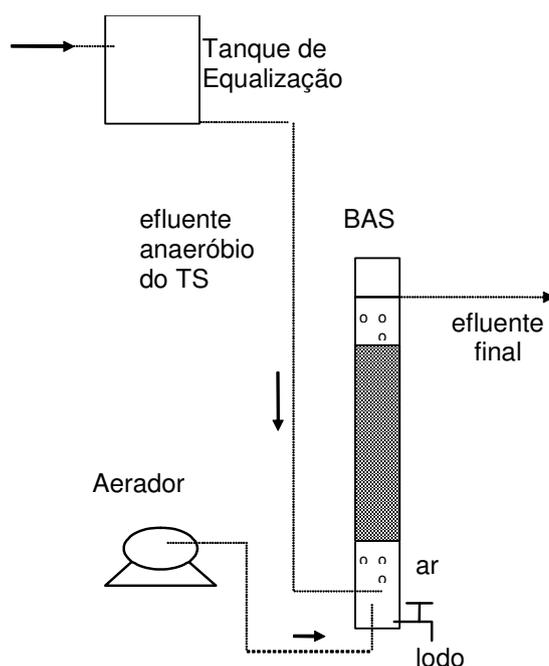


Figura 2: Vista da operação do sistema TS + BAS



O BAS foi operado, como unidade de pós-tratamento do TS, em duas fases. Na primeira fase foi aplicada uma taxa de aplicação superficial (TAS) de $5,01 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, resultando num TDH de 4 horas. Para a segunda fase a TAS foi de $10,02 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, e tempo de detenção hidráulica (TDH) de 2 horas. Durante a primeira fase o BAS recebeu uma carga orgânica volumétrica (COV) média de $1,05 \text{ kg DQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$, já na segunda fase a COV média foi de $1,97 \text{ kg DQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$.

A TAS aplicada tanto na primeira fase quanto na segunda é inferior aos valores dos trabalhos de outros autores como; de Aisse (2001), Gonçalves et al. (2000) e Gálvez et al. (2003) que operaram o BAS com TAS superiores a $15 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, realizando o pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Entretanto esses trabalhos diferem deste, pois, os seus BAS possuíam alturas do leito filtrante superiores a 1,25 m, e a unidade anaeróbia precedente tratava-se de um reator UASB, que se caracteriza por ser um reator de alta taxa, diferentemente do TS.

O sistema foi operado com esgoto sintético que simulou as características do esgoto doméstico/sanitário com diferentes fontes de carbono. Nesse utilizou a formulação básica de Torres (1992) para o esgoto sanitário brasileiro, mais as contribuições de Parsekian (2003), de OECD (Guideline 302A & 303A, 1993) e Nopens et al. (2001), que proporcionaram o aumento das concentrações de fósforo, nitrogênio e para a adição bicarbonato em maiores concentrações, isso devido ao fato do esgoto sintético ser armazenado em local não refrigerado por um período máximo de 60 horas.

A avaliação de desempenho da unidade experimental BAS se baseou no monitoramento do esgoto afluente e efluente, segundo amostras simples, coletadas 2 vezes por semana, às 9:00 horas, durante um período de 120 dias, segundo os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, temperatura alcalinidade parcial, acidez, turbidez, SS, SSV, DQO, COT e DBO. Sendo que nem todos os parâmetros foram analisados com a mesma periodicidade. As análises foram processadas no Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPR, de acordo com o que preconiza o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Com objetivo de aferir as análises realizadas, foram enviadas periodicamente amostras para um laboratório externo, o CEPPA – Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros físico-químicos monitorados no BAS durante duas fases. Nem todos os dados puderam ser aproveitados, sendo expurgados os extrapolaram muito o intervalo $x \pm \sigma$.

Tabela 1: Parâmetros de monitoramento.

		1° fase			2° fase		
		Afluente	Efluente	Eficiência do BAS(%)	Afluente	Efluente	Eficiência do BAS(%)
pH		7,0	7,3		7,3	7,6	
Alcalinidade (mg CaCO₃/l)		24,5	15,7		23,3	18,3	
Acidez (mg H₂SO₄/l)		8,2	4,1		10,7	7,4	
Turbidez (NTU)	n° de dados	27	27		6	6	
	Média	18,5	4,7	75%	21,9	5,7	74%
	Desvio Padrão	4,6	2,3		4,9	2,2	
SS (mg/l)	n° de dados	18	18		6	6	
	Média	45,2	16,9	62%	30	18	37%
	Desvio Padrão	13,3	14,4		5,2	5,0	
SSV (mg/l)	n° de dados	18	18		6	6	
	Média	37	11,3	68%	18	9	50%
	Desvio Padrão	17	7		9	3,4	
DQO (mg/l)	n° de dados	23	23		6	6	
	Média	232	46	80%	245	53	79%
	Desvio Padrão	60	19		75	10	
COT (mg/l)	n° de dados	23	23		6	6	
	Média	100	13	87%	130	21	84%
	Desvio Padrão	22	3		28	5	
DBO (mg/l)	n° de dados	9	9		6	6	
	Média	95,5	20,5	79%	99	21	79%
	Desvio Padrão	16	9		24	5	

As figuras 3 a 6 apresentam as médias entre as amostras de dois pontos dos dados de monitoramento de DQO e COT e a sua eficiência.

Figura 3: Monitoramento de DQO na 1° Fase

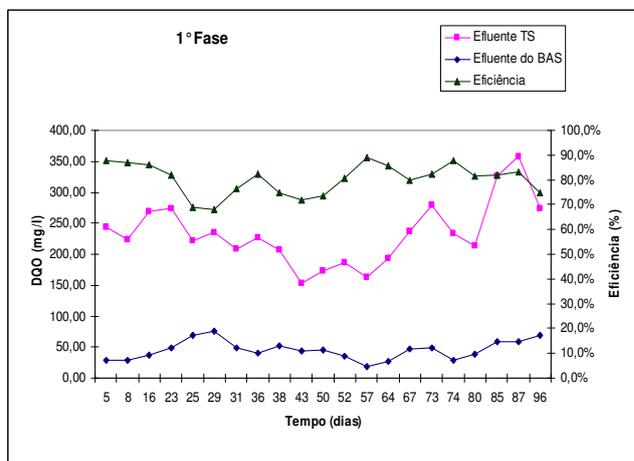


Figura 4: Monitoramento de DQO na 2° Fase

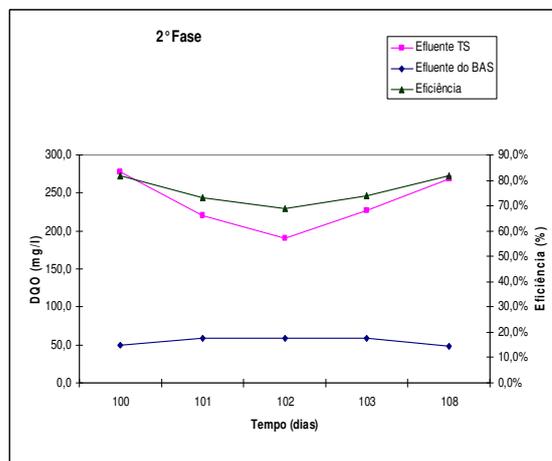


Figura 5: Monitoramento de COT na 1ª Fase

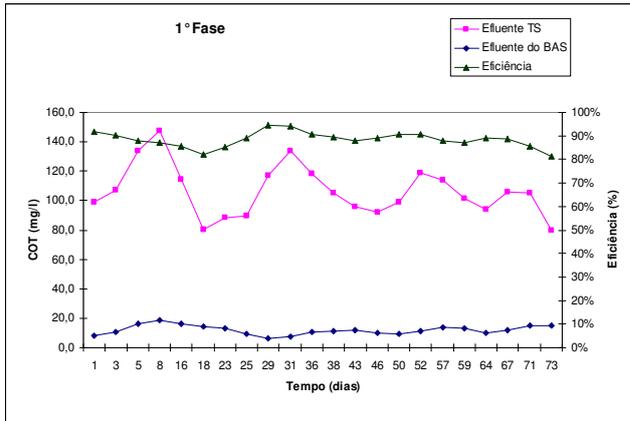
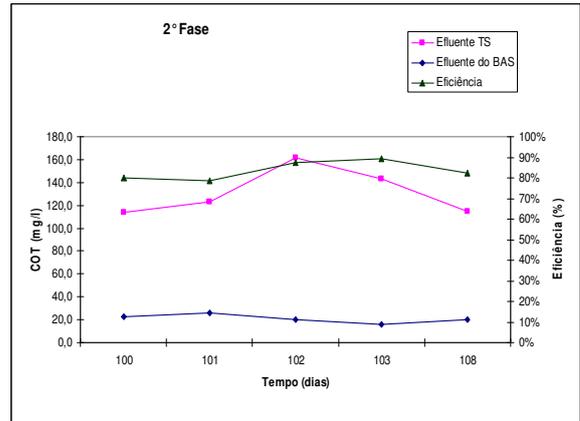


Figura 6: Monitoramento de n a 2ª Fase



Durante a operação houve a necessidade da realização de duas retro-lavagens, sendo que ambas ocorreram durante a primeira fase. A retro-lavagem foi realizada baseada na inspeção visual no reator, o aparecimento de caminhos preferenciais de fluxo e das bolhas de ar nas regiões mais baixas do reator, mesmo critério utilizado por Moore (2001), e na queda da qualidade do efluente do BAS em função do parâmetro COT. A escolha do parâmetro COT se deve por ser uma análise mais precisa e realizada com uma maior frequência que as análises de DQO e DBO. Na segunda fase, possivelmente devido a curta duração não houve a necessidade da realização da retro-lavagem. A necessidade de realizar somente duas retro-lavagens do reator pode ser compreendida em virtude da dimensão superior do recheio quando comparado com outros autores como Gonçalves (1997) e Moore (2001) que utilizaram recheios no BAS de diâmetro máximo de 3,5 mm, sendo necessário um maior número de retro-lavagens.

A variação do COT no efluente o BAS entre as duas etapas não foi significativa, assim como para os parâmetros DQO e DBO, com variações das eficiências inferiores a 4%, podendo ter ocorrido em função da própria variação das características do esgoto efluente do TS. Então pode-se afirmar que o reator operou com folga na remoção de matéria orgânica, sendo interessante avaliar outros parâmetros como nitrogênio e fósforo para verificar o impacto no reator.

Na tabela 1 pode-se observar que os SS encontrados no efluente do BAS eram basicamente de SSV, devido à proximidade entre os valores obtidos nas análises de SS e de SSV. Na maioria das análises, os valores de SSF eram baixos e, em algumas análises, até mesmo não detectáveis. Durante o monitoramento observou-se que as bolhas de ar foram responsáveis em alguns momentos pelo desprendimento de biomassa e seu arraste. Então prevendo-se que esse foi um dos principais fatores para que ocorre-se um menor colmatação do leito filtrante e a baixa necessidade de retro-lavagem. As Figuras 7 e 8 apresentam os gráficos do monitoramento de SS no BAS na 1ª e na 2ª Fase.

Figura 7: Monitoramento de SS na 1ª Fase

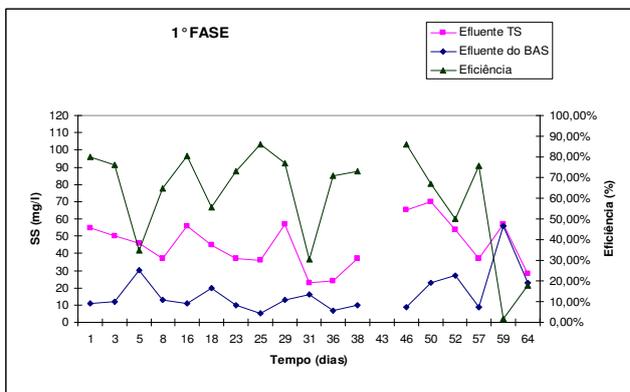
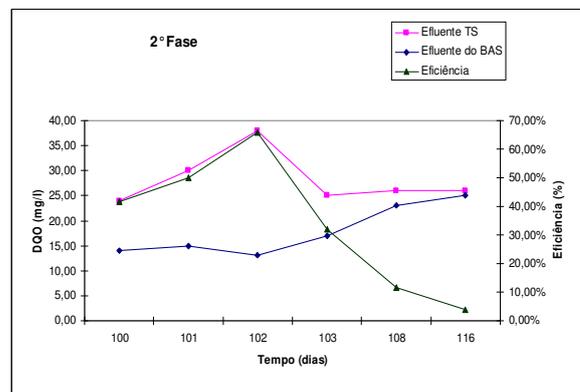


Figura 8: Monitoramento de SS na 2ª Fase



As concentrações médias de SS e SSV no efluente do BAS foram de 16,9 mg · l⁻¹ e 11,3 mg · l⁻¹ na primeira fase e 18 mg · l⁻¹ e 9 mg · l⁻¹ no segundo estágio. As eficiências de remoção de SS e SSV foram superiores na primeira fase, sendo de 62% e 68% e de 37% e 50% na segunda fase. Apesar, da eficiência de remoção de SS estar abaixo das encontradas por outros autores que operaram BAS com baixa taxa e sem decantador secundário como Gálvez et. al (2003), obtiveram uma eficiência superior a 80%, e Chandravathanam (1999), que obteve eficiência de remoção SS de 95 a 98%, no entanto, as concentrações de SS no efluente desses BAS foram bem próximas as desse estudo. A baixa eficiência já era esperada em virtude da baixa concentração de SS no esgoto afluente ao BAS. Contudo outros fatores como a baixa altura do leito filtrante, de 1,25 m, e a dimensão superior do material de recheio utilizado podem ter comprometido a filtração da unidade para uma qualidade superior. Observa-se que apesar da queda de eficiência de SS entre a 1° e a 2° fase a concentração final pouco alterou, assim como a DQO, COT, DBO pode-se afirmar que o aumento da TAS de 5,01 m³·m⁻²·dia⁻¹, para 10,02 m³·m⁻²·dia⁻¹ não houve alteração significativa na qualidade final do efluente do BAS.

Não verificou-se correlação linear entre as remoções de SS e SSV com o COT, DQO e DBO. Assim pode-se afirmar que possivelmente que a oscilação da concentração de SS no efluente do BAS não alterou a qualidade final quanto aos parâmetros DQO, COT e DBO.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste experimento em escala de bancada com a unidade BAS permitem concluir que do ponto de vista técnico e operacional essa unidade possui condições para promover o pós-tratamento do efluente de reator anaeróbio tipo TS. Baseado nos resultados obtidos é possível concluir que:

O BAS apresentou no primeiro estágio um efluente com as concentrações médias de DQO, COT e DBO de 46 ± 19 mg·l⁻¹, 13 ± 3 mg·l⁻¹ e 20 ± 9 mg·l⁻¹ e eficiências de 80%, 87% e 78% respectivamente. No segundo essas concentrações foram de 53 ± 10 mg·l⁻¹, 21 ± 5 mg·l⁻¹ e 21 ± 5 mg·l⁻¹ e eficiências de 79%, 84% e 79%. A diferença de eficiência entre a 1° e a 2° fase foi inferior a 4%.

Houve a necessidade de somente duas retro-lavagens no BAS durante todo o período do experimento, que foi superior a 120 dias. A escolha da argila expandida como material suporte e a sua dimensão foram fatores importantes para eficiência e minimização da necessidade de retro-lavagens.

O BAS apresentou eficiência de remoção de SS e SSV de 62% e 68%, com uma concentração média no efluente final de 16,9 mg·l⁻¹ e 11,3 mg·l⁻¹, para a primeira fase. E na segunda fase as eficiências de remoção de SS e SSV foram de 37% e 50%, e concentrações médias no efluente final de 18 mg·l⁻¹ e 9 mg·l⁻¹. No entanto em ambas as etapas o efluente do BAS apresentou-se altamente clarificado com turbidez de 4,7 NTU para a 1° fase e 5,7 NTU para 2° fase.

Pode-se finalmente concluir que, baseado no presente estudo, que a unidade Biofiltro Aerado Submerso como pós-tratamento efluente de um Tanque Séptico, é uma alternativa interessante de um sistema compacto dotado de boa flexibilidade, para o tratamento de esgoto sanitário, podendo proporcionar um efluente de boa qualidade e, conseqüentemente, propiciando uma maior proteção dos corpos hídricos.

AGRADECIMENTOS:

Agradecimento dos autores à Fundação Nacional de Saúde, FUNASA que proporcionou todo o aporte financeiro para que pudesse ser desenvolvido o trabalho desde a sua construção, operação e monitoramento. Agradecimento a CAPES que proporcionou os recursos financeiros para a bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
3. AISSE, M. M., LOBATO, M. B., BONA, A., GARBOSSA, L. H. P., SOBRINHO, P.A. Avaliação do Sistema Reator UASB e Filtro Biológico Aerado Submerso para o Tratamento de Esgoto Sanitário. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, João Pessoa. Anais, 2001.
4. AWWA APHA and WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed, Washington DC, 1995.
5. BARBOSA, S.A. Avaliação de Biofiltro Aerado Submerso no Pós-Tratamento de Efluente de Tanque Séptico. Curitiba, 2006. 207 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
6. CHANDRAVATHANAM, S., Murthy, D.V.S, Studies in nitrification of municipal sewage in an up flow biofilter. Bioprocess Engineering 21, 1999.
7. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília, 18 mar 2005.
8. GÁLVEZ, J.M., GÓMEZ, M.A., HONTORIA, E., GOZÁLEZ-LÓPEZ, L. Influence of hydraulic loading and air flow rate on urban wastewater nitrogen removal with a submerged fixed-film reactor. Journal of Hazardous Materials, v. 101, p. 219–229, 2003.
9. GONÇALVES, R.F., PASSAMANI, F.R.F., SALIM, F.P., SILVA, A.L.B., MARTINELLI, G. E BAUER, D.G. Associação de um reator UASB e biofiltros aerados submersos para tratamento de esgoto sanitário. In “Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – coletânea de trabalhos Vol. 1”, Coord C.A.L. CHERNICHARO. Projeto PROSAB. Belo Horizonte (MG), p. 119-34 2000.
10. GONÇALVES, R. F., ARAÚJO, V.L., CHERNICHARO, C.A. Tratamento secundário de esgoto sanitário através da associação em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Foz do Iguaçu, 1997.
11. HIRAKAWA C., PIVELI, P. R., ALÉM SOBRINHO, P. Biofiltro Aerado Submerso aplicado ao pós-tratamento de efluentes de reator UASB - Estudo em escala piloto com esgoto sanitário. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Internacional, 21º Simpósio de tecnologia do ambiente sanitário, São Paulo -SP. 2002.
12. HEISTAD et al., A high-performance compact filter system treating domestic wastewater, Ecological Engineering (2006), doi:10.1016/j.ecoleng.2006.06.011.
13. MOORE, R., QUARMBY, J., STEPHENSON, T. The effect of media size on the performance of biological aerated filter. Water Research, 35(10), p. 2514-2522, 2001.
14. OECD. OECD Guidelines for Testing Chemicals. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, Guideline 302A & 303A, 2003.
15. TORRES, P. Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo. São Paulo, 1992. 198 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
16. WESTERMAN, P. W., BICUDO, J. R., KANTARDJIEFF, A. Upflow biological aerated filters for the treatment of flushed swine manure. Bioresource Technology 74, p. 181-190, 2000.
17. WOUWER, A. V., RENOTTE, C., QUEINNEC, I., REMY, M. BOGAERTS, P. Distributed parameter modeling of fixed-bed biofilter with experimental validation. Proceedings of the 10th Mediterranean Conference on Control and Automation - MED2002 Lisbon, Portugal, July 9-12, 2002.