

II-114 - PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE DE REATOR UASB EM FILTRO ANAERÓBIO

Júlia Karla de Albuquerque Melo⁽¹⁾

Química Industrial (UEPB). Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB).

José Tavares de Sousa

Mestre em Engenharia Civil (UEPB). Doutor em Hidráulica e Saneamento (USP). Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB.

Israel Nunes Henrique

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA (UEPB/UEPB). Doutor em Recursos Naturais (UFCG).

José Lima de Oliveira Júnior

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (UEPB). Doutorando em Recursos Naturais (UFCG). Professor do Departamento de Engenharia Ambiental – IFCE.

Catarina Chagas de Andrade

Química Industrial (UEPB). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB).

Endereço⁽¹⁾: Rua. Cônsul Joseph Noujaim Habib Nacad - s/n – Tambor - Campina Grande - PB - CEP: 58410-260 – Brasil - e-mail: juliakarla_2@hotmail.com.

RESUMO

A presente pesquisa investigou o desempenho de um sistema anaeróbio constituído de reator UASB seguido de filtro anaeróbio (FAN), com a finalidade de avaliar a remoção de matéria orgânica, sólidos em suspensão e as formas de nitrogênio, com intuito de obter um efluente para o reúso agrícola. A remoção média de DQO no reator UASB foi de 64%, com remoção final de DQO no efluente do FAN de 80%. A remoção de sólidos suspensos totais e voláteis foi de 88% no efluente final. O sistema experimental estudado apresentou eficiência satisfatória na remoção de matéria orgânica e sólida em suspensão, portanto, adaptável a pequenas comunidades, e com possibilidade de reúso do efluente na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Filtro anaeróbio, remoção de matéria orgânica, tratamento descentralizado.

INTRODUÇÃO

Os conceitos de saneamento sustentável e descentralizado focam no tratamento e reciclagem de nutrientes presentes no esgoto doméstico. O maior desafio na aplicação dessa estratégia é a adoção de tecnologias de tratamento de águas residuárias de baixo custo que maximize a eficiência do tratamento e o beneficiamento na reciclagem da água, assegurando as recomendações previstas nas normas de segurança e saúde, relativas à reutilização de efluentes tratados (BDOUR et al., 2009; ROELEVELD e ZEEMAN, 2006).

Os reatores anaeróbios de alta taxa configuram-se pela elevada capacidade de retenção de biomassa com baixos tempos de detenção hidráulica e pouco lodo gerado. No entanto, estes sistemas apresentam limitações na remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo), bem como patógenos e matéria orgânica residual e, possivelmente não atendem as exigências estabelecidas pela legislação ambiental. Dentre os reatores anaeróbios de alta taxa mais populares, notadamente destaca-se o reator de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB). Este tipo de reator dispensa a decantação primária, e proporciona a baixa produção de lodo e, geralmente, estabilizado. O reator UASB pode ser utilizado nas seguintes configurações: (a) de forma isolada, quando eficiências de remoção de DBO (cerca de 70%); (b) seguido de alguma forma de pós-tratamento, objetivando elevar a eficiência global do sistema na remoção da matéria orgânica remanescente ou incorporar a remoção complementar de outros constituintes (SANTOS, et al., 2006).

A escolha de um pós-tratamento depende fortemente das características do efluente a ser utilizado, bem como das normas estabelecidas pela legislação ambiental, no que diz respeito à reutilização de efluentes tratados ou descarregados no meio ambiente. O emprego de um tratamento anaeróbio seguido de pós-tratamento proporciona boa relação custo-eficiência na recuperação de águas residuárias domésticas e nutrientes para

produção agrícola. Por meio da combinação de métodos apropriados, com tratamento eficiente e geração de recursos reutilizáveis, estes podem ser alcançados (ROELEVELD e ZEEMAN, 2006).

De acordo com a NBR 13969 (1997) o filtro anaeróbio é recomendado como forma de pós-tratamento com a finalidade de polir efluente oriundo, sobretudo, de unidades anaeróbias. O pós-tratamento do efluente do reator UASB tem a finalidade de complementar a remoção de material orgânico e retenção de sólidos em suspensão, conservando as vantagens atribuídas ao tratamento anaeróbio e a mitigação dos efeitos negativos em ambos os sistemas. Diante do referido tema, este trabalho objetivou tratar águas residuárias de origem doméstica em sistema composto por reator UASB seguido de filtro anaeróbio, buscando remover material carbonáceo e sólidos em suspensão.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema experimental está localizado nas dependências físicas da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES), situada no Bairro Tambor na cidade de Campina Grande- PB, em área pertencente à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

O esgoto bruto a ser tratado era proveniente do interceptor leste da rede coletora de esgotos da Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), o qual transporta os esgotos sanitários da população de Campina Grande, que passa pela área experimental da EXTRABES. O esgoto era bombeado através de um conjunto moto-bomba do poço de captação para um tanque de armazenamento com capacidade de 1m^3 , mantendo o esgoto em constante agitação. A partir deste, uma bomba centrífuga de eixo horizontal conectada a um barrilete de tubo de PVC DN 25mm, alimentava o sistema.

O sistema experimental era constituído por um reator UASB seguido de filtro anaeróbio (Figura 1). A vazão experimental aplicada foi de 630L/dia para o afluente do reator UASB, e de forma subsequente, tratado 50% deste volume em filtro anaeróbio. Após o efluente do reator UASB percorrer as tubulações e a caixa de passagem, alimentava o filtro anaeróbio com fluxo ascendente, atravessando todo meio suporte e posteriormente era descarregado. A alimentação do sistema referenciou as vazões de um sistema unifamiliar. O reator UASB e o filtro anaeróbio foram alimentados obedecendo a um hidrograma de vazão que simulava a produção de esgoto, sendo controlado por uso de temporizador digital devidamente ajustado aos horários, e considerando que as descargas de águas residuárias funcionavam desde as cinco da manhã às vinte e uma horas.

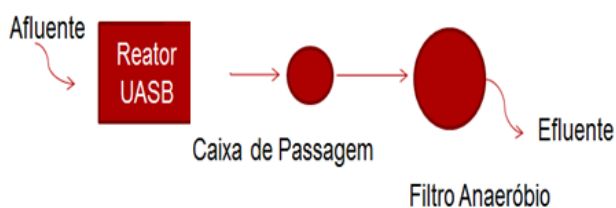


Figura 1: Esquema do sistema experimental

As dimensões do reator UASB foram 0,7 m de diâmetro e 1,72 m de altura útil, com volume aproximado de $0,600\text{ m}^3$. O reator UASB foi inoculado com 74L de lodo proveniente de reatores UASB e tanques sépticos em funcionamento há um ano. O filtro anaeróbio de fluxo ascendente era composto de pedra britada como meio suporte. Os parâmetros operacionais do sistema e as características construtivas do filtro anaeróbio estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros operacionais de projeto e Características construtivas

PARÂMETROS OPERACIONAIS DO PROJETO		
	UASB	Filtro Anaeróbio
Vazão (L/d)	630	315
Forma de operação	Batelada	Batelada
TDH teórica (d)	0,95	1,27
Carga Hidráulica (m ³ /m ² .d)	1,052	0,787
Carga Orgânica (kg.DQO/m ² .d)	0,549	0,149
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO FILTRO ANAERÓBIO		
Altura total (m)	0,8	
Diâmetro interno (m)	1,0	
Área total (m ²)	0,785	
Volume total com meio suporte (m ³)	0,400	
Altura total do meio suporte (m)	0,53	
Altura do fundo falso (m)	0,23	

As análises foram realizadas semanalmente, sendo: afluente (esgoto bruto), efluente UASB e efluente do filtro anaeróbio. Todas obedeceram aos métodos preconizados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio amoniacal – NH₄⁺ e Nitrogênio Total Kjeldahl – NTK, sólidos suspensos totais e voláteis (SST e SSV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas realizadas no sistema experimental estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Concentrações médias, máximas e mínimas dos parâmetros físico-químicos analisados.

PARÂMETROS	ESGOTO BRUTO	REATOR UASB	Remoção do UASB (%)	FAN	Remoção do FAN (%)	Remoção total (%)
	$\bar{x} \pm \delta$	$\bar{x} \pm \delta$		$\bar{x} \pm \delta$		
DQO-b (mg/L)	523±165	190±20	64	101±20	46	80
DQO-f (mg/L)	190±40	121±28	26	75±20	38	54
SST (mg/L)	183±62	46±10	75	21±7	54	88
SSV (mg/L)	150±40	35±10	76	17±6	51	88
N-NTK (mg/L)	56±7	54±7	--	53±7	--	--
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	46±9	50±7	--	50±7	--	--
pH	7,33±0,14	7,40±0,18	--	7,62±0,15	--	--

Onde: b;bruta; f:filtrada

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DQO bruta e DQO filtrada do esgoto mantiveram-se na média de 523 e 164 mg/L, respectivamente, de acordo com a classificação proposta por Metcalf e Eddy (2003), este esgoto é caracterizado como tipo médio. Após o tratamento no reator UASB, a DQO bruta e DQO filtrada do efluente produzido apresentaram valores médios, respectivos, de 190 e 121mg/L, com remoções de 64 e 26% (Tabela 2).

Mahmoud (2008) tratando esgotos domésticos em reator UASB com menor TDH (10h) e carga orgânica volumétrica de 3,35KgDQO/m³.d, obteve remoções respectivas de DQO bruta e filtrada de 54% e 23%. Akila e Chandra (2007) operaram um reator UASB, tratando esgoto doméstico tipo forte (METCALF e EDDY, 2003), com TDH de 24h e carga orgânica variando entre 0,935 a 0,1030KgDQO/ m³.d, obtiveram eficiência de remoção de DQO bruta de 83%. Calijuri et al., (2009) monitoraram reator UASB operados com TDH de 7h e obtiveram remoção de 60% de DQO bruta. Elmitwalli e Otterpohl (2007) obtiveram remoções similares de DQO bruta de 64% tratando esgotos domésticos com TDH de 16h. Graaff, et al., (2010), operaram um reator

UASB e alcançaram remoção média de 78% de DQO bruta, porém, com carga orgânica aplicada de 1,0 kg DQO/ m³.d e TDH de 8,7 d.

O filtro anaeróbio removeu 46% de DQO bruta e 38% de DQO filtrada, produzindo um efluente com concentrações finais de 101mg.L⁻¹ de DQO bruta e 75mg.L⁻¹ de DQO filtrada, propiciando remoções totais de DQO bruta de 80% e DQO filtrada de 54% . Para melhor compreensão dos valores mínimos, máximos e medianos, observa-se as Figura 2A e Figura 2B.

Tonetti et al. (2012) monitoraram um filtro anaeróbio com baixo TDH de 3h e obtiveram remoções de 58% de DQO bruta. Elmitwalli et al, (2008) operaram um filtro anaeróbio com TDH de 1,5 h e obtiveram remoções de DQO bruta de 40%. Tonetti et al.,(2011), Camargo e Nour, (2001), Camargo et al.,(2001) tratando esgotos domésticos em filtros anaeróbios com TDH de 9h alcançaram remoções de DQO bruta superiores a 70%.

Constata-se que adoções de tempos de detenção hidráulica abaixo dos valores recomendados pela NBR 13969 (1997), de no mínimo de 22 horas, para filtro anaeróbio monitorado em regiões de temperatura acima de 25°C são suficientes para alcançar remoções satisfatórias em uma única etapa de tratamento. Quando se compara o pós-tratamento do filtro anaeróbio em estudo com TDH de 30h, é notável que tempos de detenção longos não sejam necessários já que ambas as eficiências se assemelham. No entanto, TDH elevados como estes, findam justificando a NBR 13969 (1997) que tem por referência sistemas unifamiliares, existindo a possibilidade de extremas variações de vazões.

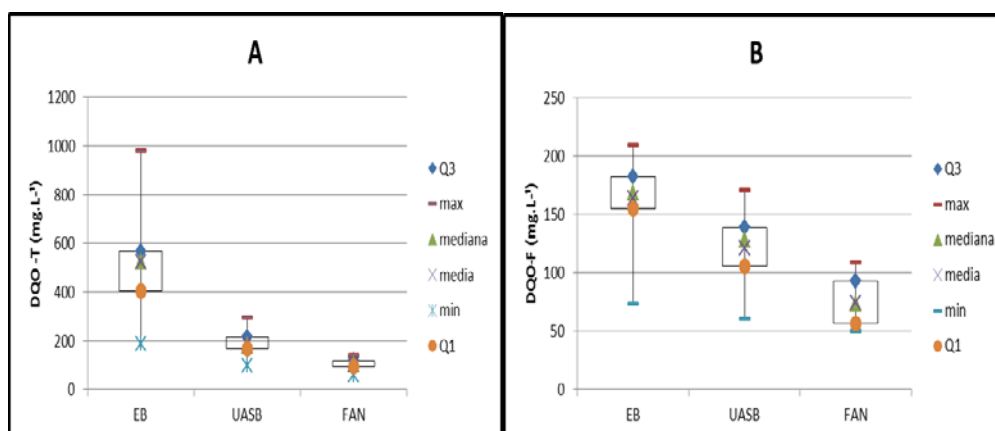


Figura 2: Concentrações da DQO total (A) e DQO filtrada (B) no Esgoto bruto, efluente do reator UASB e efluente de filtro anaeróbio submerso (FAN).

SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

Os valores médios das concentrações de SST e SSV para o esgoto bruto foi de 183 mg.L⁻¹ e 150 mg.L⁻¹ os valores mínimos, máximos e medianos são apresentados na Figura 3. No efluente do reator UASB as concentrações médias de SST e SSV foram de 46 mg.L⁻¹ e 35 mg.L⁻¹. Esses resultados apresentam uma remoção de 75% e 76% de SST e SSV, respectivamente (Tabela 2). A eficiência de remoção de sólidos em suspensão no reator UASB se manteve estável ao longo do experimento.

O filtro anaeróbio removeu 54% de SST e 51% e SSV, resultando em concentrações médias de SST de 21 mg.L⁻¹ e SSV de 17 mg.L⁻¹ (Tabela 2), propiciando remoção total de 88% para SST e SSV. Busato e Pawlowsky (2005) trataram esgoto doméstico em um sistema composto por reator UASB seguido de filtro anaeróbio e obtiveram eficiência de remoção total de 71% em SST. Jordão et al. (2005) operaram um sistema composto por tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, obtendo uma remoção de SST de 93%, resultando em um efluente com concentração final de 14 mg.L⁻¹.

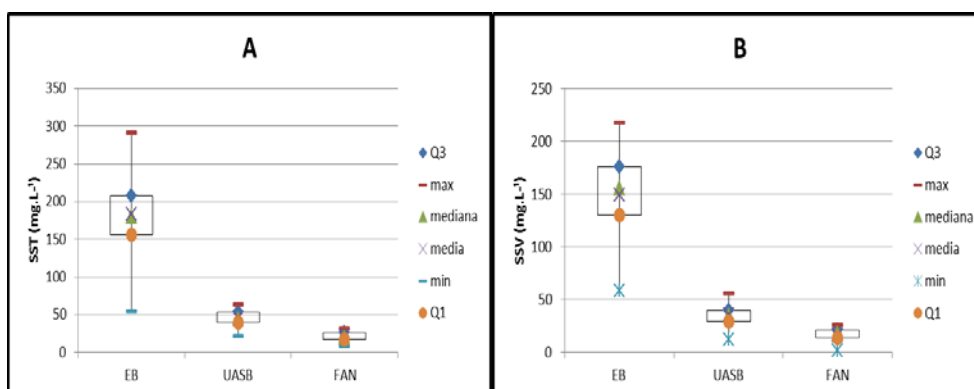


Figura 3: Comportamento da concentração de sólidos suspensos totais (A) e voláteis (B), no esgoto bruto e efluente dos reatores.

NITROGÊNIO TOTAL E NITROGÊNIO AMONIACAL

A concentração média de nitrogênio total e nitrogênio amoniacal para o esgoto bruto foi de 56 mgN-NTK.L⁻¹ e 46 mgN-NH₄⁺.L⁻¹, respectivamente (Figura 4). O efluente produzido no reator UASB e filtro anaeróbico resultaram em respectivas concentrações médias de nitrogênio total de 54 mgN-NTK.L⁻¹ e 53 mgN-NTK.L⁻¹ (Figura 4A) e em ambos efluentes anaeróbicos a concentração média de nitrogênio amoniacal se manteve em 50 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ (Figura 4B).

O sistema experimental resultou uma eficiência pouco representativa na conversão dos compostos nitrogenados, visto que, em sistemas totalmente anaeróbicos já é esperado esse comportamento. Bem como os valores de pH estiveram em faixa neutra, não permitindo que toda amônia fosse volatilizada para a forma de NH₃⁺. O CONAMA 430/2011 recomenda que para lançamento em corpos receptores, os valores de nitrogênio amoniacal estejam abaixo de 20 mgN/L, confirmando para este experimento a necessidade de pós-tratamento para o caso a que se objective o efluente. Entretanto, quando o mesmo se destina para produção agrícola, conservar o nitrogênio presente representa uma oferta de nutrientes, substituindo assim, o emprego de fertilizantes químicos.

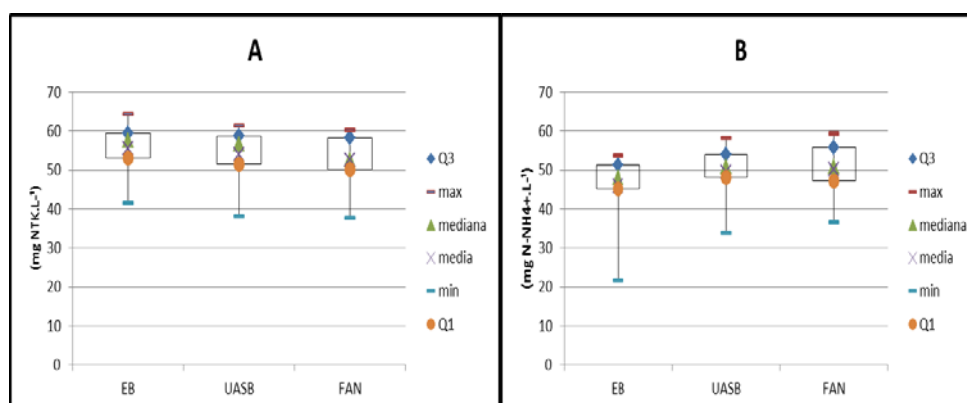


Figura 4: Comportamento da concentração de N-NTK (A) e N-NH₄⁺ (B) no esgoto bruto e efluente dos reatores.

CONCLUSÃO

O sistema anaeróbico (Reator UASB seguido de Filtro anaeróbico submerso) tratando esgoto doméstico em regiões de clima quente se apresentou como uma alternativa viável, obtendo considerável eficiência de remoção de sólidos e DQO (88% de SST e 80% de DQO), produzindo efluente final com 21 mgSST.L⁻¹ e 101 mgDQO.L⁻¹, respectivamente. No entanto, o afluente ainda permanece com elevada concentração de nutrientes (53 mgN-NTK.L⁻¹ e 50 mgN-NH₄⁺.L⁻¹) podendo ser utilizado na fertirrigação nas áreas periurbanas e rurais. O sistema é de baixo custo, de fácil operação e manutenção e gera lodo estabilizado, podendo ser uni ou

multifamiliar funcionando como tratamento descentralizado, consubstanciando assim a busca da universalização do saneamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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, 60 p.
2. AKILA, G.; CHANDRA, T.S. Performance of an UASB reactor treating synthetic wastewater at low-temperature using cold-adapted seed slurry. *Process Biochemistry*. v. 42, p. 466–471, 2007.
3. APHA, AWWA, WPCF (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18 Ed. Washington.
4. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de março de 2011. *Diário Oficial da União*. Brasília, 2011.
5. 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.
6. BUCHAUER, K. Comparison of two simple titration procedures to determine volatile fatty acids in influents to waste-water and sludge treatment processes. *Water SA*, v. 24, n 1, p. 49-56, 1998.
7. BUSATO, R.; PAWLOWSKY, U. Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como tratamento de efluente de reator uasb: estudo de caso da ete de Imbituva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, Campo Grande-MT, 2005. Anais. Campo Grande. ABES, 2005. CD-ROM.
8. CAMARGO, S. A. R.; NOUR, E. A. A. Bamboo as an anaerobic medium: effect of filter column height. *Water Science and Technology*. v. 44, n. 4, p. 63-70, 2001.
9. CAMARGO, S. A.R; NOUR, E. A. A.; FILHO, B. C.; BROLLEZE, S. T.; Desempenho de um filtro anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários à diferentes tempos de detenção hidráulico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, João Pessoa. Anais. João Pessoa, 2001.
10. 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 Ambiental*. v. 14, n. 3, p. 421-430, 2009.
11. ELMITWALLI, T.; ADRIAAN MELS, A.; ZEEMAN, G. Primary treatment of municipal wastewater in high rate anaerobic filter at low temperatures. Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12, Alexandria, Egypt. p. 1383-1395, 2008.
12. ELMITWALLI, T. A.; OTTERPOHL, R. Anaerobic biodegradability and treatment of grey water in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. *Water research*. v. 41, p. 1379- 1387, 2007.
13. GRAAFF, M. S.; TEMMINK, H.; ZEEMAN, G.; BUISMAN, C.J.N. Anaerobic Treatment of Concentrated Black Water in a UASB Reactor at a Short HRT. *Water*. v. 2, p. 101-119. 2010.
14. JORDÃO, E. P., ÁVILA, R. O., JUNIOR, I. V., AZEVEDO, J. P. S. Desempenho de filtros anaeróbios segundo diferentes meios suporte e alturas de percolação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, Campo Grande-MT, 2005. Anais. Campo Grande. ABES, 2005. CD-ROM.
15. HALALSHED, M.; SAWAJNED, Z.; ZU'BI, M.; ZEEMAN, G. LIER, J. FAYYAD, M. LETTINGA, G. Treatment of strong domestic sewage in a 96 m³ UASB reactor operated at ambient temperatures: two-stages versus single-stage reactor. *Bioresource Technology*. v. 96, p. 577– 585, 2005.
16. MAHMOUD, N. High strength sewage treatment in a UASB reactor and an integrated UASB-digester system. *Bioresour. Technol*. v. 99, p. 7531–7538, 2008.
17. METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, 4 ed. 2003.
18. TONETTI, A.L.; FILHO, B. C.; GUIMARÃES, J. R.; CRUZ, L. M. O.; NAKAMURA, M. S.; Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio. **Eng Sanit Ambient**, v:16, n.1, p: 11-16, 2011.

19. TONETTI, A.L.; FILHO, B. C.; STEFANUTTI, R. Pós-tratamento de efluente de filtros anaeróbios operados com baixo tempo de detenção hidráulica por escoamento superficial no solo. *Eng Sanit Ambient*, v. 17, n. 1, p. 7-12, 2012.
20. 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.
21. SANTOS, M.L.F.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. In: *Tratamento e utilização de esgotos sanitários: Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim*. 1 ed. Recife – PE, 2006, v. 2, p. 69-103.