

AVALIAÇÃO DO SISTEMA REATOR UASB E FILTRO BIOLÓGICO PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Miguel Mansur Aisse⁽¹⁾, Décio Jürgensen e Pedro Alem Sobrinho

⁽¹⁾Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho – Curitiba – PR – CEP: 80215-901 – Brasil – Tel.: (0xx41) 330-1789 – Fax: +55 (0xx41) 332-1206 – e-mail: aissemig@rla01.pucpr.br

RESUMO

Os reatores anaeróbios tipo UASB tornaram-se consagrados no Paraná e no Brasil, ao serem utilizados de maneira extensiva no tratamento de esgotos para populações de 200 a 600.000 habitantes. Receberam junto a SANEPAR o nome de RALF, com a introdução de modificações construtivas. O pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios está sendo estudado, em instalações piloto e mesmo em escala real, através de um Convênio entre SANEPAR e a PUCPR. Busca-se atender a legislação brasileira para o lançamento dos efluentes nos corpos d'água receptores, cujos padrões não são atendidos totalmente pelos reatores tipo UASB.

Este trabalho apresenta resultados do monitoramento do sistema piloto UASB + FB de alta taxa, operando com esgoto sanitário, onde aplicaram-se no FB taxas hidráulicas de 20 m³/m².dia (Fase I), 30 m³/m².dia (Fase II) e 40 m³/m².dia (Fase III). Na Fase II, o efluente do decantador secundário apresentou valores de 81 ± 18 mg/L, 18 ± 11 mg/L e 24 ± 9 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Estes valores representam eficiências de remoção do sistema de 78%, 88% e 84% para os citados parâmetros. Na Fase III houve perda na qualidade do efluente, sugerindo que a taxa de 40 m³/m².dia seja considerada limite para as condições do experimento.

Também estão apresentados os resultados do monitoramento da ETE Caçadores (Cambé – PR), instalação construída pela SANEPAR para uma população de 57.618 habitantes. A eficiência média de remoção, observada no ano de 1999, foi de 84% para a DQO e 93% para a DBO.

PALAVRAS CHAVE

Esgoto sanitário; Filtro Biológico de Alta Taxa; Pós-Tratamento; Reator UASB.

INTRODUÇÃO

Filtros Biológicos

Os leitos percoladores, indevidamente denominados filtros biológicos, consistem de um leito de material altamente permeável, nas quais se aderem os microrganismos e através dos quais o líquido a ser tratado é percolado (fluxo descendente). O material de enchimento normalmente consiste de pedras, com diâmetro variado entre 25 e 100mm. São construídos com um dreno inferior para coleta do líquido tratado e dos sólidos biológicos que se desprendem do material do leito. Esse sistema de drenagem é importante, tanto para coletar os líquidos já percolados, como para permitir a circulação do ar através do leito. Os líquidos coletados são encaminhados a um decantador, onde os sólidos são separados do efluente final. É comum, na prática, uma parte dos

líquidos coletados no sistema de drenagem, ou do efluente final, retornar ao filtro para diluir o esgoto afluente ou ainda manter as taxas de aplicação superficial mínimas, adequadas à boa operação do sistema (Além Sobrinho, 1997).

Pessoa e Vilela (1992) apresentam vários fluxogramas com o uso dos filtros biológicos, sempre precedidos de decantadores primários. Assim o processo predominante seria a oxidação biológica. A matéria orgânica é absorvida na camada biológica, de modo a sofrer a degradação aeróbica nas camadas exteriores. A medida que os organismos crescem a espessura da camada biológica aumenta e o oxigênio não consegue penetrar em todas as camadas, sendo consumido antes de atingir as faces interiores que se comportam anaerobicamente.

O esgoto percolando entre o meio filtrante lava a camada de limo que o recobre e arrasta consigo os excessos de sólidos e limo, de modo a haver sempre substituição de novas camadas biológicas. A maior ou menor retirada de sólidos e formação de novos organismos são funções das cargas hidráulica e orgânicas que se aplica. De acordo com estas cargas se classificam os filtros em dois tipos principais: de alta e baixa capacidade. (Pessoa e Vilela, 1992). Metcalf e Eddy (1991) ampliam a classificação anteriormente citada, da seguinte maneira: baixa taxa (convencional), taxa intermediária, alta taxa e taxa super alta (grosseiro).

O enchimento dos filtros biológicos (ou meio suporte) é de fundamental importância no desempenho do processo. O enchimento do filtro biológico convencional pode ser brita, pedregulho, coque ou carvão, que têm capacidade limitada de proporcionar grande área superficial por volume unitário do filtro, devido a sua configuração geométrica. Os materiais plásticos são aqueles que no momento possuem as características de um material de enchimento ideal (Além Sobrinho, 1997).

Filtros Biológicos como Pós-Tratamento de Efluentes Anaeróbios

Belém (1996) operou um filtro biológico piloto (h_{leito} = 1,86 m), com aeração e leito de brita, como pós-tratamento de efluente sanitário de um reator anaeróbio compartimentado. As eficiências médias na remoção de DQO e DBO foram: 70% e 73%, para taxa de aplicação hidráulica de 1,5 m³/m².dia, 55% e 59% para 7,5 m³/m².dia e 40% e 48% para 13 m³/m².dia. Para a remoção de SSV as eficiências foram de 64%, 47% e 28% nas taxas já citadas. O filtro apresentou razoável eficiência na conversação de nitrogênio amoniacal, de 75%, 42% e 33%. No entanto deve-se destacar que ao filtro não estava acoplado o decantador secundário, para adequada remoção dos sólidos suspensos arrastados ao fundo do filtro.

Nascimento, Chernicharo e colaboradores. (2000) estudaram também a aplicação do reator tipo UASB seguido de filtro biológico, em escala piloto (h_{total} de 1,35 m) cujo leito era constituído de escória de alto forno, operando com esgoto doméstico. Foram utilizadas taxas de aplicação hidráulica de 3,4 a 30,6 m³/m².dia (0,3 a 3,9 kg DBO/m².dia), sendo que para esta última obteve-se no efluente final 113 mg/L como DQO, 53 mg/L como DBO e 29 mg/L como SST. Vale citar que o regime hidráulico aplicado na primeira taxa foi o permanente e após o transiente, considerando um hidrograma típico de vazão, cuja vazão máxima era 62% superior a média.

A avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico (FB) para o tratamento de esgoto sanitário afigura-se como interessante alternativa para as condições brasileiras e o seu estudo, objeto deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

A realização das pesquisas relativas ao sistema UASB + FB foi cumprida junto a ETE Belém (Curitiba – PR) e inclui o projeto, construção (concluídos), operação e monitoramento de instalação piloto. A instalação está situada em área contígua ao desarenador e receberá esgoto sanitário gradeado e desarenado, oriundo das unidades responsáveis pelo tratamento preliminar da ETE Belém. A vazão de dimensionamento de cada processo foi de 250 L/h (ver Figura 1), representando uma PE de 44 habitantes. O esgoto é enviado ao fundo do reservatório elevado (caixa de distribuição), através de um conjunto motor-bomba submersível, do tipo triturador. No reservatório o esgoto é distribuído aos processos de tratamento, através de vertedores situados na superfície. Através de luva roscável (vertedor) é obtida a vazão desejada e um extravasor mantém o nível de esgoto constante.

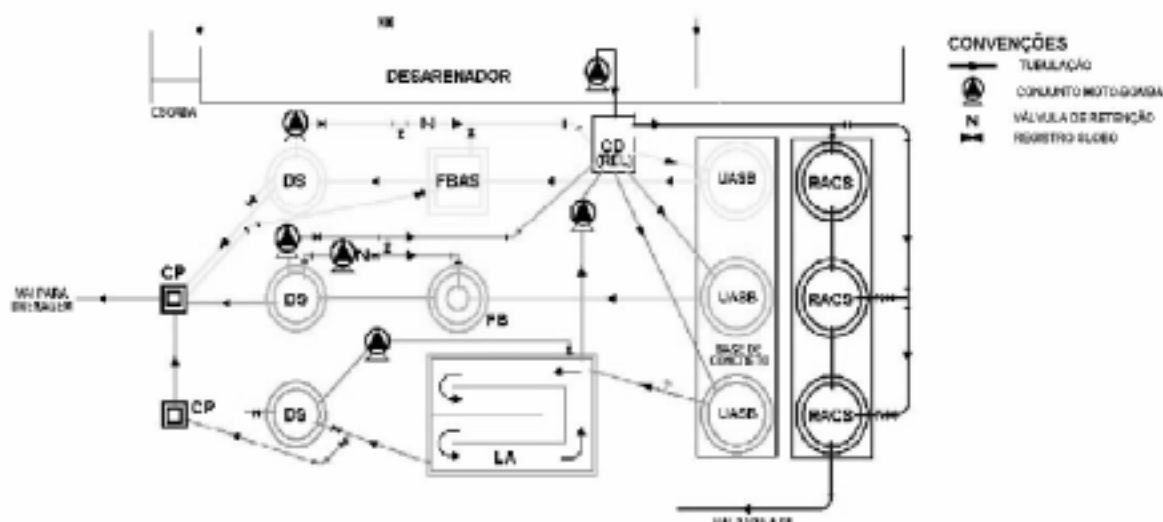


Figura 1 - Pós Tratamento de Efluentes Provenientes de Reatores Anaeróbios - Fluxograma da Instalação Piloto

O reator UASB foi construído em tubulação de concreto, de diâmetro 80 cm e altura 4,0 m, possuindo no topo um separador gás - sólido (decantador) em fibra de vidro. O filtro biológico tipo percolador está sendo testado também em um piloto. Assim, utilizando-se de distribuidor fixo sobre o filtro, aplica-se o esgoto anaeróbio sobre o reator, construído em tubos de concreto, de diâmetro de 60 cm e altura de 4,0 m. O material de enchimento é a pedra brita (hútil = 3,0 m). O lodo biológico aeróbio sedimentado é encaminhado do decantador secundário (DS), projetado com uma taxa de aplicação hidráulica de $22 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, ao fundo do reator UASB, para seu adensamento e digestão.

As amostras de esgoto bruto foram coletadas por meio de um amostrador ISCO, a cada 30 minutos e compostas em alíquotas iguais, totalizando 24 horas. Os efluentes anaeróbio e do DS foram coletados através de bombas peristálticas, de maneira contínua, no mesmo período de tempo. Para as determinações da Alcalinidade, AGV, pH, OD e coliformes, bem como do perfil de sólidos no manto de lodos, foram tomadas amostras pontuais em horários e dias fixados aleatoriamente.

Registros de gaveta colocados espaçadamente ao longo da altura do reator anaeróbio permitem a coleta de lodo, para determinação da concentração de sólidos no manto de lodos. O reator UASB foi inoculado previamente, em setembro de 1999, com lodo anaeróbio de reatores RALF (UASB) da SANEPAR. A remoção do excesso de lodo misto era efetuada regularmente,

taxa de aplicação hidráulica e consequentemente taxa de aplicação orgânica, obteve-se eficiências de remoção do sistema de 78%, 88% e 84% para os citados parâmetros. A Figura 4 apresenta com maior detalhe a evolução da DQO durante o período de estudo.

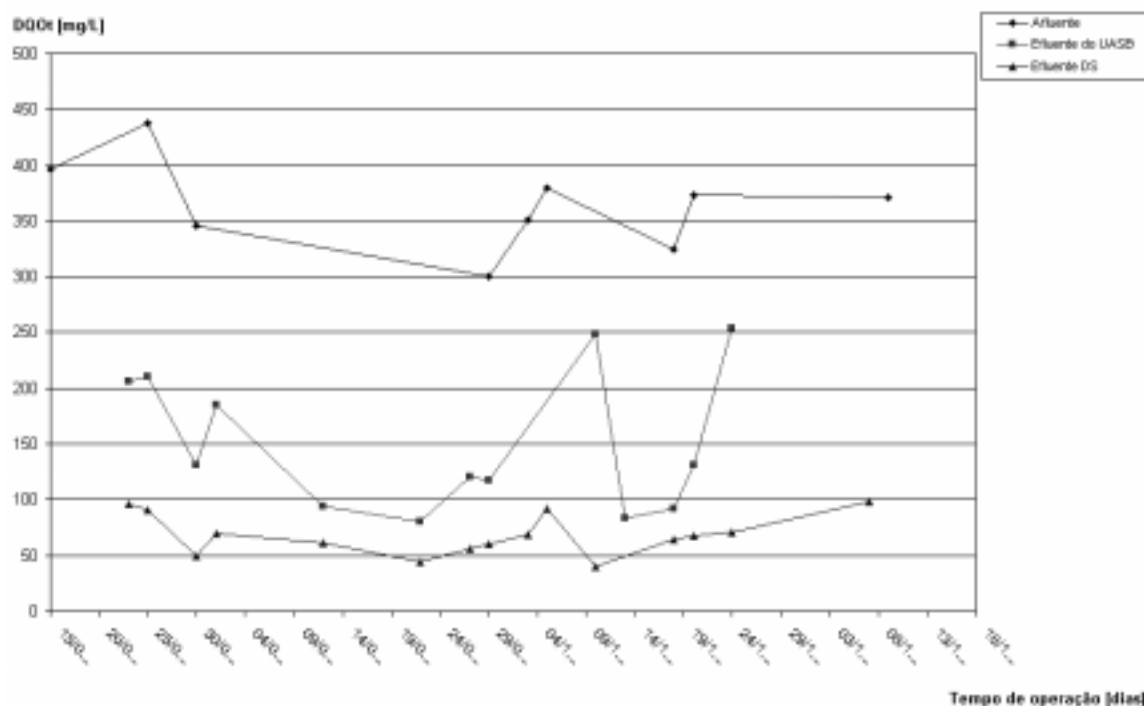


Figura 3 - Gráfico dos valores de DQOt afluente e efluente do Sistema UASB + FB (Fase I)

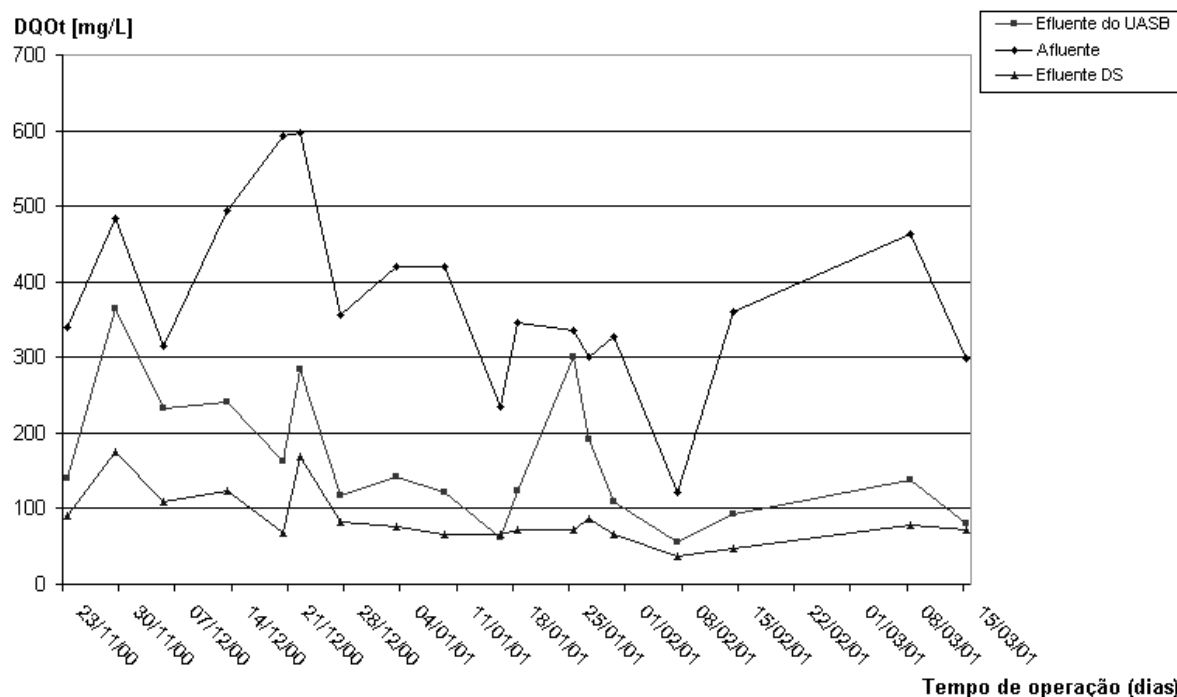


Figura 4 - Gráfico dos valores de DQOt afluente e efluente do Sistema UASB + FB (Fase II)

Na Fase III, o efluente do decantador secundário apresentou valores de 120 ± 25 mg/L, 41 ± 31 mg/L e 51 ± 10 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Observa-se pelos resultados uma deteriorização da qualidade do efluente, para esta taxa considerada então limite para as condições do experimento. Deve-se lembrar que o sistema foi projetado para uma vazão de 250 L/h, sendo operado nesta Fase com o dobro, sobrecarregando os reatores. A Figura 5 apresenta com maiores detalhes a evolução da DQO durante o período, destacando-se os resultados do

efluente decantado em cone Imhoff. Este procedimento realizado em laboratório procurou compensar a alta taxa de escoamento superficial que foi submetido o DS.

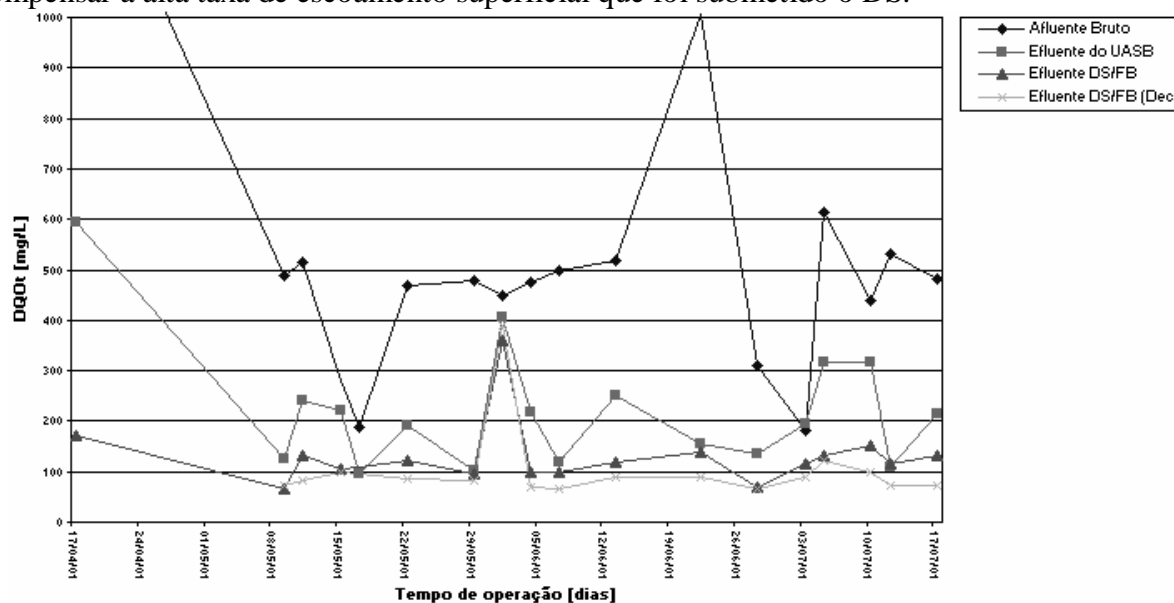


Figura 5 - Gráfico de valores de DQOt afluente e efluente do Sistema UASB+FB (Fase III)

A Tabela 1 e a Figura 6 resumem todas as Fases da Pesquisa, apresentando tendências e inclusive alguns parâmetros operacionais importantes para a correta interpretação dos resultados.

Tabela 1 - Monitoramento do Sistema UASB+FB: Resumo dos Resultados

Fase	Q L/h	UASB	FB		DS	Resultados					
		td h	Taxa m³/m².dia	COa kg/m³.dia	Taxa m³/m².dia	DQO a mg/L	DQO e mg/L	SSTa mg/L	SSTe mg/L	E _{DQO} % ⁽¹⁾	E _{SST} % ⁽¹⁾
I	253,4	7,9	21,6	1,08	21,8	364	69	149	26	54,0	51,9
II	378,9	5,3	33,9	1,64	32,5	375	81	154	24	44,1	33,9
III	503,9	4,0	42,7	2,76	43,2	473	120	216	51	38,1	42,7

Obs: (1) Eficiência medida no FB.

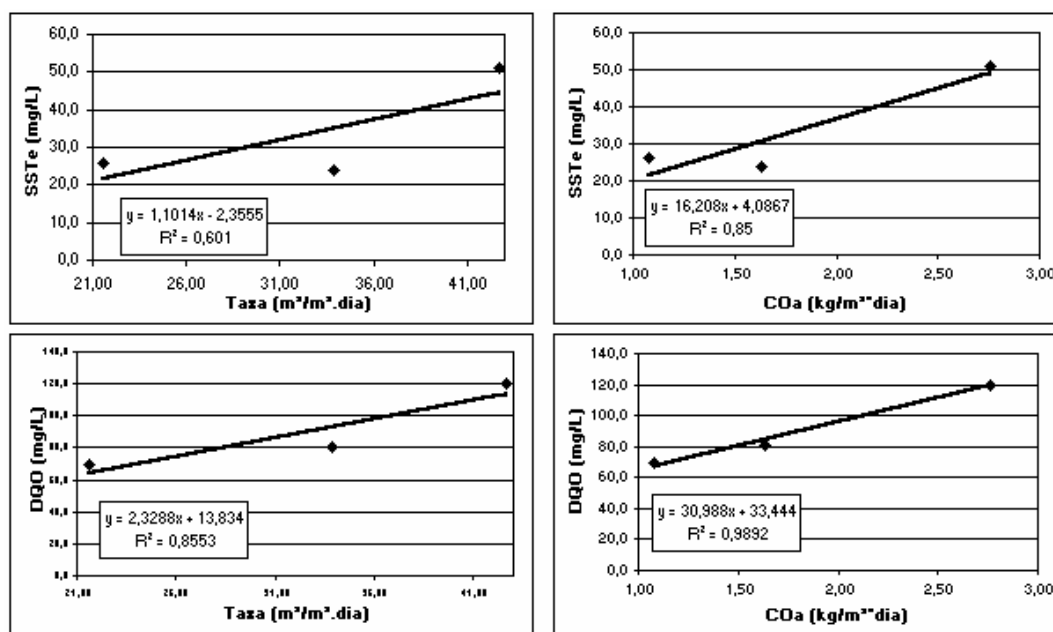


Figura 6 - Sistema UASB+FB: Gráficos de correlação dos resultados obtidos

Apesar de implantadas na instalação piloto, não foram utilizadas a recirculação do efluente final ao topo do filtro, bem como a pré-aeração do efluente anaeróbio. Com a ventilação natural, favorecida pelas aberturas laterais, construídas no fundo do filtro, o efluente do DS apresentou uma concentração de OD média de pelo menos 2,0 mg/L.

Em todas as Fases, o descarte de lodo misto de excesso, efetuado de maneira regular pela drenagem do reator UASB, foi um procedimento operacional importante para garantir a eficiência do sistema. Em certos dias, como observado nas Figuras 3 e 4, o efluente do reator UASB pode alcançar valores de DQO (e de SST) tão elevados quanto o do esgoto afluente. Também, o descarte do lodo biológico aeróbio, do DS ao fundo do reator UASB foi processado o mais freqüentemente possível, até de maneira contínua. Procurou-se assim, minimizar a deterioração da qualidade do efluente final, observada por exemplo na diminuição do OD no decantador.

ETE Caçadores (SANEPAR)

Durante o ano de 1999, a SANEPAR conduziu o monitoramento da ETE Caçadores. Novamente os resultados demonstraram a viabilidade da utilização do sistema RALF + FB, no atendimento da legislação ambiental quanto aos parâmetros DQO e DBO. Assim as eficiências médias de remoção obtidas foram de 84% para a DQO e de 93% para a DBO. A Tabela 2 apresenta com maior detalhamento os valores observados ao longo do ano, inclusive para o esgoto bruto e o efluente do reator RALF. Ao se compararem os dados da instalação piloto, com a ETE em escala real, observaram-se vários resultados convergentes, quanto aos parâmetros DQO e DBO. A instalação piloto, operando com o FB nas duas taxas de aplicação hidráulica, e a ETE Caçadores forneceram valores de eficiência de remoção muito próximos.

Tabela 2 - Monitoramento da ETE Caçadores (Cambé – PR)

DATA	AFLUENTE (mg/L) (ESGOTO BRUTO)		EFLUENTE RALF (mg/L)		EFLUENTE FB-DS (mg/L)		EFICIÊNCIAS (%)			
	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	ERALF DQO	ERALF DBO	EFB-DS DQO	EFB-DS DBO
05/01/99	956	250	608	60	86	30	36	76	91	88
19/01/99	341	130	170	18	142	8	50	86	58	94
04/02/99	944	300	138	43	63	12	85	86	93	96
10/02/99	537	272	100	41	100	27	81	85	81	90
24/02/99	448	285	72	27	38	14	84	91	92	95
11/03/99	503	280	125	29	113	16	75	90	78	94
24/03/99	733	290	68	25	55	13	91	91	92	96
07/04/99	888	320	166	45	76	28	81	86	91	91
03/05/99	818	370	153	53	105	20	81	86	87	95
12/05/99	761	340	166	57	114	16	78	83	85	95
09/06/99	1059	545	186	100	130	25	82	82	88	95
22/06/99	855	490	480	45	126	15	44	91	85	97
14/07/99	711	380	206	105	128	32	71	72	82	92
21/07/99	675	320	135	127	72	43	80	60	89	87
04/08/99	928	408	190	45	114	11	80	89	88	97
19/08/99	625	400	290	200	107	67	54	50	83	83
15/09/99	295	300	199	56	127	34	33	81	57	89
28/09/99	590	280	153	63	109	22	73	78	82	92
05/10/99	683	391	192	68	102	30	72	83	85	92
03/11/99	714	380	200	97	89	34	72	75	88	91
22/11/99	714	560	126	93	100	36	82	83	86	94
16/12/99	598	300	170	40	116	9	72	87	81	97
28/12/99	735	480			84	22			89	96
MÉDIA	700,48	350,91	195,41	65,30	99,83	24,39	70,81	81,33	83,93	92,87
DESYPAD	195,01	99,97	124,19	41,65	26,11	13,39	16,51	10,07	9,26	3,62

Obs.: Amostragem composta das 8:00 as 18:00h; Q próxima de projeto; Recheio com pedra de diâmetro inferior a brita 4 na altura inferior do filtro.

CONCLUSÕES

Foram conduzidos estudos utilizando esgoto sanitário afluyente à ETE Belém, na alimentação de um sistema piloto UASB + FB de alta taxa, onde aplicaram-se no FB taxas hidráulicas no FB de 20 m³/m².dia (Fase I) e 30 m³/m².dia (Fase II) e 40 m³/m².dia (Fase III). Na Fase II, o efluente do decantador secundário apresentou valores de 81 ± 18 mg/L, 18 ± 11 mg/L e 24 ± 9 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Estes valores representam eficiências de remoção do sistema de 78%, 88% e 84% para os citados parâmetros. Na Fase III houve perda na qualidade do efluente, sugerindo que a taxa de 40 m³/m².dia seja considerada limite para as condições do experimento.

A ETE Caçadores (Cambé - PR), instalação constituída pela SANEPAR, para uma população de 57.618 habitantes, apresentou uma eficiência média de remoção, observada no ano de 1999, de 84% para a DQO e 93% para a DBO.

O sistema UASB + FB de alta taxa não apresentou no período de estudo problemas operacionais relevantes e pode fornecer um efluente que atende a legislação ambiental do Estado do Paraná (DQO < 150 mg/L e DBO < 60 mg/L), para o lançamento em corpos d'água receptores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SANEPAR e ao PROSAB, através da FINEP, CNPq e CEF, todo o apoio demonstrado ao longo do desenvolvimento dos trabalhos, desde a construção da instalação piloto, o acesso à ETE Belém e o financiamento da operação e monitoramento. À Fundação Araucária igualmente pelo apoio emprestado, no ano de 2001, à operação e monitoramento dos pilotos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, M. M.; LOBATO, M. B.; BONA, A.; GARBOSSA, L. H. P.; JÜRGENSEN, D; ALÉM SOBRINHO, P. Avaliação do Sistema Reator UASB e Filtro Biológico para o Tratamento de Esgoto Sanitário. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, João Pessoa, 2001. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 2001.
- ALÉM SOBRINHO. *Filtros Biológicos de Alta Taxa*. Série Apuntes Técnicos. AIDIS Argentina, Buenos Aires. 1997. p.30-98.
- APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20 edição. Washington, D.C., APHA. 1998.
- BELEM, B. D. *Pós-Tratamento de Efluentes de Esgoto Sanitário Através de Filtro Biológico com Taxas Variáveis*. Dissertação apresentada à EESC/USP. Novembro 1996. 101p.
- CHERNICHARO, C. A. L. ; NASCIMENTO, M. C. P. ; A New Configuration of Trickling Filter Applied to the Post-treatment of Effluents from UASB Reactores. In: Oficina e Seminário Latino Americano de Digestão Anaeróbia, VI, Recife – PE, 2000. *Anais*. Recife, 2000. p. 336-43.
- METCALF e EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. 3rd ed. New York, Mc Graw Hill, 1991. 1334p.
- NASCIMENTO, M. C. P. ; CHERNICHARO, C. A. L. ; GARCIA, P. B. S. Avaliação de Filtros Biológicos Aeróbios com Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores UASB. In: *SILUBESA, IX*, Porto Seguro - BA, 2000. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 2000. p. 1089-97.
- PESSOA, C. A. e VILLELA, C. H de C. *Filtros Biológicos Aeróbios (Manual de Curso)*. ABES. Abril 1992.
- SANEPAR. Sistema de esgoto sanitário; Projeto básico; Cambé - ETE Caçadores. SANEPAR, Gerência de Projetos. Julho 1996.