

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

Miguel Mansur Aisse⁽¹⁾ 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 + FBAS, operando com esgoto sanitário, onde aplicaram-se no FBAS 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 71 ± 18 mg/L, 17 ± 16 mg/L e 26 ± 11 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Estes valores representam eficiências de remoção do sistema de 81%, 88% e 83% 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.

PALAVRAS CHAVE

Esgoto sanitário; Filtro Biológico Aerado Submerso; Pós-Tratamento; Reator UASB; Recheio Estruturado.

INTRODUÇÃO

Filtros Biológicos Aerados Submersos

Os filtros biológicos aerados submersos, também conhecidos como sistemas de aeração por contato, tem sido utilizados por mais de 50 anos. Pedra, coque, ripas de madeiras e material cerâmico são alguns dos materiais suportes, utilizados no passado. Ar comprimido era introduzido através de tubos perfurados sob o meio de contato. Com o desenvolvimento dos difusores de ar e material de contato feito de plástico, os filtros continuaram atraindo o interesse dos pesquisadores. Assim, os filtros submersos parecem ser uma boa alternativa a outros processos de tratamento. Os microrganismos crescem no meio suporte, eliminando a necessidade

da recirculação de lodo e os distúrbios resultantes do bulking do lodo. Nos filtros aerados as bolhas de ar erodem o biofilme e previnem a colmatção do meio filtrante. A turbulência também assegura o bom contato entre o substrato e os microorganismos (Rusten 1984).

Rusten (1984) em seu experimento trabalhou com dois filtros pilotos, de volume 48 L cada, com altura útil de 1,20m, preenchido com meio filtrante PLASdek S19 e S12, de superfícies específicas 140 e 230 m²/m³, respectivamente. O esgoto sanitário era introduzido no fundo do reator, de fluxo ascendente, juntamente com o ar aplicado através de domos difusores de bolha com vazão de 0,6 m³/h (10 L/min) em cada filtro. A eficiência na remoção da DQO decresceu de 75 para 57%, quando a carga orgânica cresceu de 5 para 120 g DQO/m².dia. A temperatura exerceu pequeno efeito entre 10 e 20°C. A produção de lodo esteve entre 0,35 e 0,55 g ST/g DQO removida.

Kamiyama (1993) apresentou o filtro aeróbio submerso como processo compacto para o tratamento complementar dos efluentes de tanques sépticos (TS). O autor cita que o desempenho do filtro para o tratamento dos esgotos foi altamente satisfatório em diversos países, removendo não somente poluentes orgânicos, mas também nutrientes inorgânicos (N e P), através do emprego da tecnologia de biofilme. O uso mais intenso do filtro em unidades compactadas e pré-fabricadas para o tratamento de esgotos domésticos ocorre no Japão, atendendo desde residência unifamiliar até condomínios residenciais.

Motta (1995) conduziu um trabalho experimental para o tratamento de esgoto sanitário, cujo processo era constituído de um reator anaeróbio de leito fixo, submerso, seguido por um decantador secundário. O esgoto afluente, previamente gradeado, desarenado e decantado, era introduzido no fundo do reator retangular, de seção 60 x 60 cm, e altura total 2,60 m, comportando um volume útil de 840 L. O leito submerso (recheio) com 1,83 m de altura, era constituído de material corrugado em PVC, BIODÉK 19060 (“cross-flow media 60 degrees”), cuja superfície específica era 138 m²/m³, com um índice de vazios superior a 95%. O ar comprimido, também introduzido no fundo do reator, era distribuído através de mangueiras difusoras, de 1” de diâmetro, produzindo bolhas finas em vazões de 12,3 a 16 L/min. Como resultados de remoções de DQO, DBO e SST, foram obtidos valores de 59 a 70%, 65 a 85% e 58 a 72%, respectivamente para taxas de aplicações volumétricas de 1,90 a 4,60 kg DQO/m³.dia. A produção específica de lodo média obtida durante o período de operação do reator foi de 0,41 kg SST/Kg DQO removida e 0,31 Kg SSV/kg DQO removida. Nas condições operacionais empregadas, a fase líquida pode ser considerada perfeitamente misturada, como revelam os testes com traçador. O valor médio para o coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio (K_{la}), na vazão de ar de 0,89 m³/h (14,8 L/min) foi de 0,13 min⁻¹, a uma temperatura de 20°C. Cumpre citar que o filtro quando submetido a um período com vazão afluente e ou vazão de ar nula por alguns dias, voltava rapidamente aos patamares anteriores de eficiência, quando as condições de alimentação se regularizavam. Também não foram observados problemas de colmatção do leito, durante os oito meses de sua operação.

Filtros Biológicos Aerados Submersos como Pós-Tratamento de Efluentes Anaeróbios

Gonçalves et al. (1997) citam os resultados da operação (considerada exploratória pelos autores) de um reator UASB (46 L) e um filtro biológico aerado submerso (6,3 L), tratando esgoto sanitário a nível secundário. O período de experimentos teve duração total de 322 dias, durante o qual a carga hidráulica (e orgânica) foi paulatinamente incrementada sobre o conjunto dos dois reatores. Tendo como referência o UASB, as seguintes cargas hidráulicas foram testadas: 0,4 m³/m².h (16h); 0,6m³/m².h (10h); 0,8 m³/m².h (6h) e 1,45 m³/m².h (4h). Nos testes realizados com o reator UASB operando com um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 6 horas,

correspondendo a um TDH < 11 minutos no meio granular do filtro, as eficiências médias de remoção de SS, DBO e DQO do conjunto foram respectivamente 94%, 96% e 91%. O efluente final, correspondendo ao efluente do filtro, apresentou rigoroso estado de mineralização, com as seguintes características médias: SST com 10 mg/L, DBO com 9 mg/L e DQO com 38 mg/L. Esses resultados demonstram que os filtros aerados podem ser considerados uma alternativa viável para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB tratando esgotos domésticos, podendo ser operados a baixíssimos tempos de detenção hidráulica. O filtro referido no trabalho possuía volume de 6,3 L (altura de 0,80m e diâmetro de 0,10 m) e o meio granular era flutuante, sendo composto por esferas de poliestireno do tipo S5, com diâmetro efetivo de 3mm, superfície específica de 1200 m²/m³ e densidade de 0,04. As operações de manutenção do aparato experimental compreenderam o descarte de lodo do reator UASB, quando a altura da manta assim o exigiu, bem como a rotineira lavagem do filtro. As lavagens eram realizadas com frequência de pelo menos uma a cada 72 horas, sendo constituída por diversas descargas intensas da fase líquida, seguidas de injeções de ar e água sob cargas hidráulicas bastantes elevadas (> 45 m³/m².h).

Bof et al. (1999) deram seguimento ao trabalho de Gonçalves et al. (1997), agora operando o conjunto UASB e filtro submerso sob variações horárias de cargas e recirculação freqüente do lodo aeróbio para o UASB. Eficiências de 92% (SST), 89% (DBO) e 93% (DQO) foram obtidas para um TDH médio de 6 horas no reator UASB, resultando em um efluente final com 15 mg/L de SST, 15 mg/L de DBO e 58 mg/L de DQO. Baixa produção de lodo foi verificado nesta associação, correspondendo a 0,07 e 0,36 KgST/Kg de DQO removida no UASB sob cargas de 2,4 e 7,8 Kg DQO/m³.dia. A recirculação do lodo anaeróbio para o UASB não produziu nenhum efeito negativo sobre o seu desempenho, refletindo apenas sobre a massa de lodo aeróbio que foi digerida em 25%. As elevadas concentrações de ST encontradas no lodo do reator UASB (> 60%) e relações de SVT/ST de 60% indicam o uso do reator UASB também como unidade de digestão e adensamento.

Gonçalves et al. (2000) conduziram outros trabalhos, com a associação UASB + BF, utilizando meios filtrantes minerais, com quatro formulações de brita (4,2 e 0), areia (2,5 e 1,1 mm) e cinazita (média e fina). O BF, agora dividido em quatro, operou com cargas hidráulicas de 1,2,3 m³/m².h (secundário) e 2,4 m³/m².h (terciário). A eficiência de remoção de SST foi de 80% e 90% e o efluente final apresentou concentração média de 30 e 17 mg/L, respectivamente para o BF secundário e terciário. Quanto a DQO a associação foi capaz de produzir um efluente com menos de 90 mg/L.

A avaliação do sistema reator UASB e filtro aerado submerso (FBAS) 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 + FBAS foi cumprida junto a ETE Belém da SANEPAR (Curitiba - PR) e inclui o projeto, construção (concluídos), operação e monitoramento de instalação piloto. A instalação está situada em área contígua ao desarenador e recebe 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.

O reator UASB foi construído em tubulação de concreto, de diâmetro 80 cm e altura de 4,0 m, possuindo no topo um separador gás-sólido (decantador) em fibra de vidro. O filtro biológico aerado submerso (FBAS), cuja tecnologia de pós – tratamento ainda não é conhecida no Paraná,

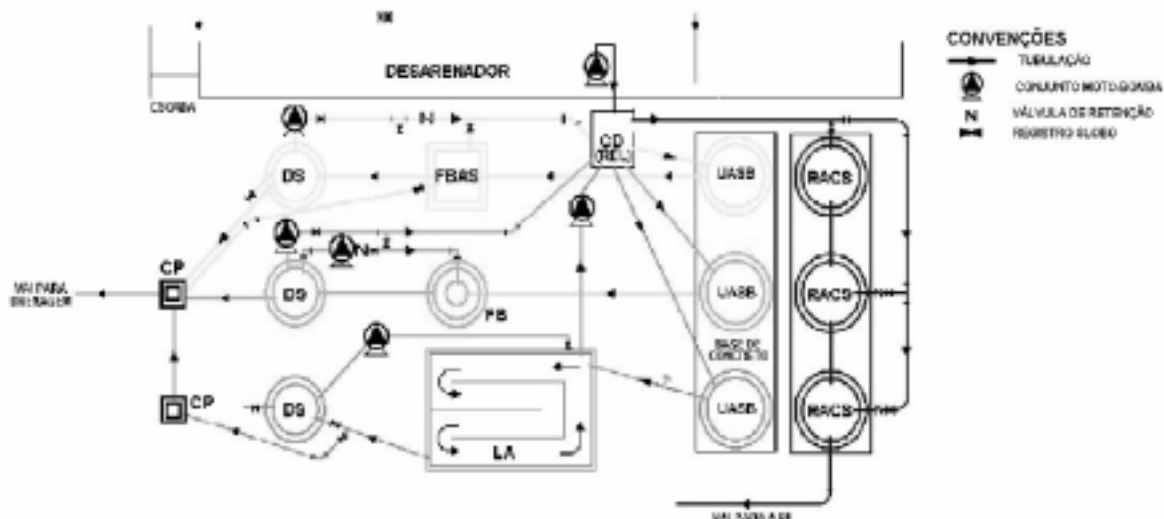


Figura 1 - Pós Tratamento de Efluentes Provenientes de Reatores Anaeróbios - Fluxograma da Instalação Piloto

foi testado também em um piloto. Construído em alvenaria estruturada, com seção quadrada de 60 cm e altura total de 3,50 m, possui um recheio plástico tipo colmeia, disponível comercialmente, com superfície específica superior a $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (Ver Figura 2). Um sistema de aeração alimenta um difusor de bolha grossa, localizado no fundo da unidade, de fluxo hidráulico ascendente ($h_{\text{útil}} = 2,44 \text{ m}$). Um decantador secundário (DS), projetado com uma taxa de aplicação hidráulica de $22 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, completa o fluxograma, e o lodo biológico aeróbio sedimentado retorna ao fundo do reator UASB, para seu adensamento e digestão.

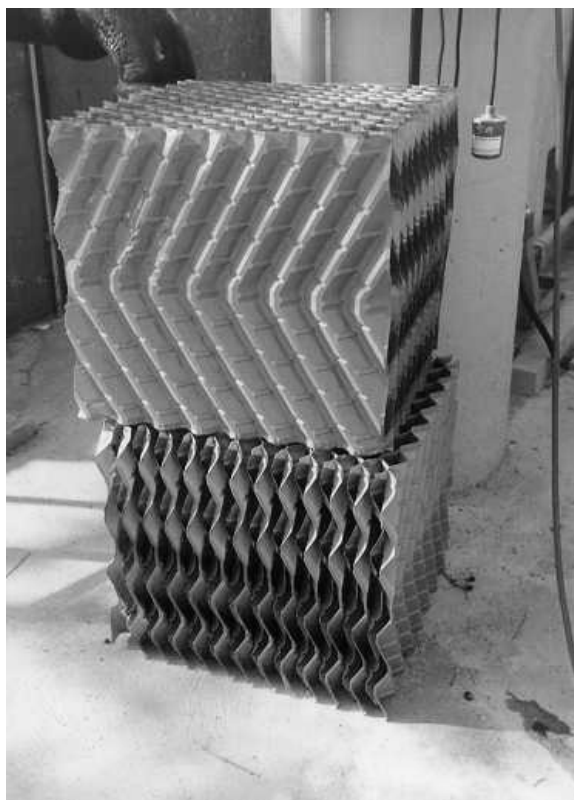


Figura 2 - Recheio plástico estruturado do filtro biológico aerado submerso

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 a determinação 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 efetuado regularmente, observando-se principalmente a qualidade do efluente anaeróbio, em termos de sólidos suspensos.

As determinações e ensaios foram conduzidos no Laboratório de Análises Ambientais do ISAM/PUCPR e observam as rotinas expressas no Standard Methods, 1998.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de tratamento operou desde dezembro de 1999 a agosto de 2001, tendo sido impostas quatro fases de operação: a partida sem inoculação do FBAS e o ajuste da operação, a aplicação de taxa hidráulica no FBAS de $20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (Fase I), de taxa de $30 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (Fase II) e finalmente taxa de $40 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

Como resultado da Fase I obteve-se efluente do decantador secundário de $66 \pm 17 \text{ mg/L}$, $34 \pm 39 \text{ mg/L}$ e $34 \pm 12 \text{ mg/L}$, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Estes valores representaram

eficiências de remoção do sistema de 82%, 80% e 77% para os citados parâmetros. A Figura 3 apresenta com maior detalhe a evolução da DQO durante o período de estudo.

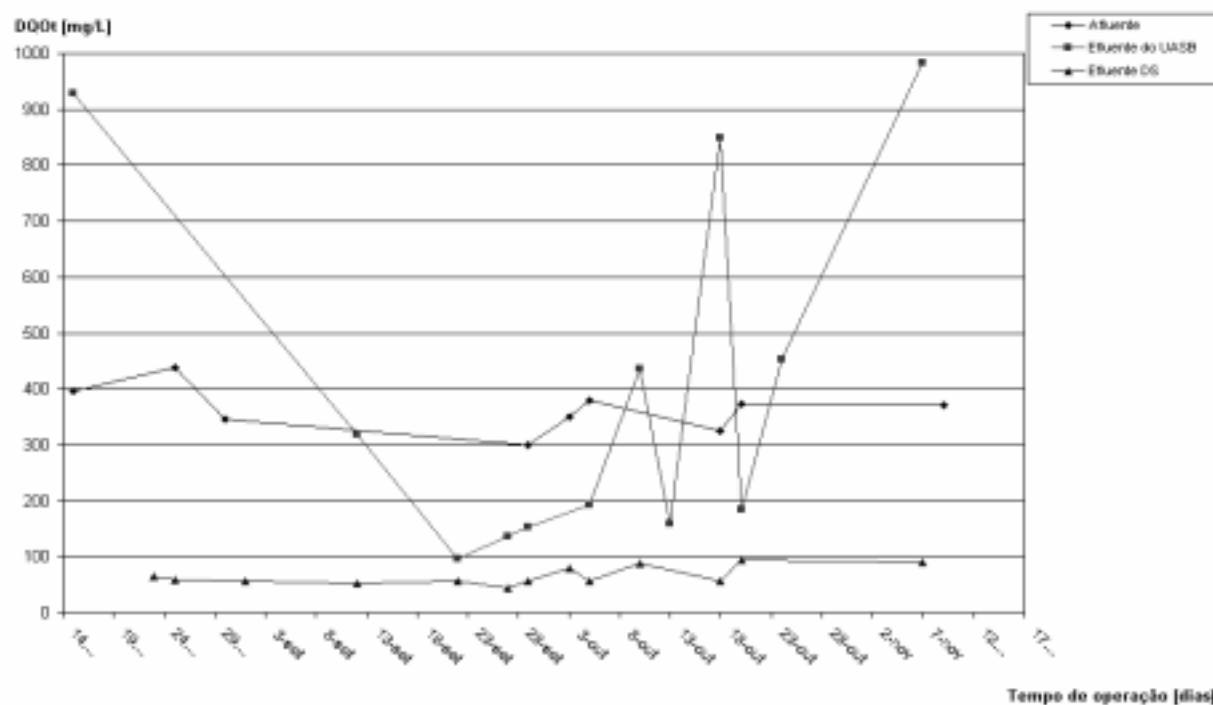


Figura 3 - Gráfico dos valores de DQOt afluente e efluente do Sistema UASB + FBAS (Fase I)

Cumprir citar ainda que devido o desligamento involuntário do sistema de alimentação de ar, durante três dias consecutivos, perdeu-se parte da biomassa do FBAS e consequentemente houve grande deterioração da qualidade do efluente final, durante vários dias. A vazão de ar fornecido por um compressor de pistões e medido num rotâmetro, variou de 12 a 17 L/min.

Na Fase II, o efluente do decantador secundário foi de 71 ± 18 mg/L, 17 ± 16 mg/L e 26 ± 11 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Assim, apesar do aumento da taxa de aplicação hidráulica e consequentemente taxa de aplicação orgânica, obteve-se eficiências de remoção do sistema de 81%, 88% e 83% para os citados parâmetros. A Figura 4 apresenta com maior detalhe a evolução da DQO durante o período de estudo.

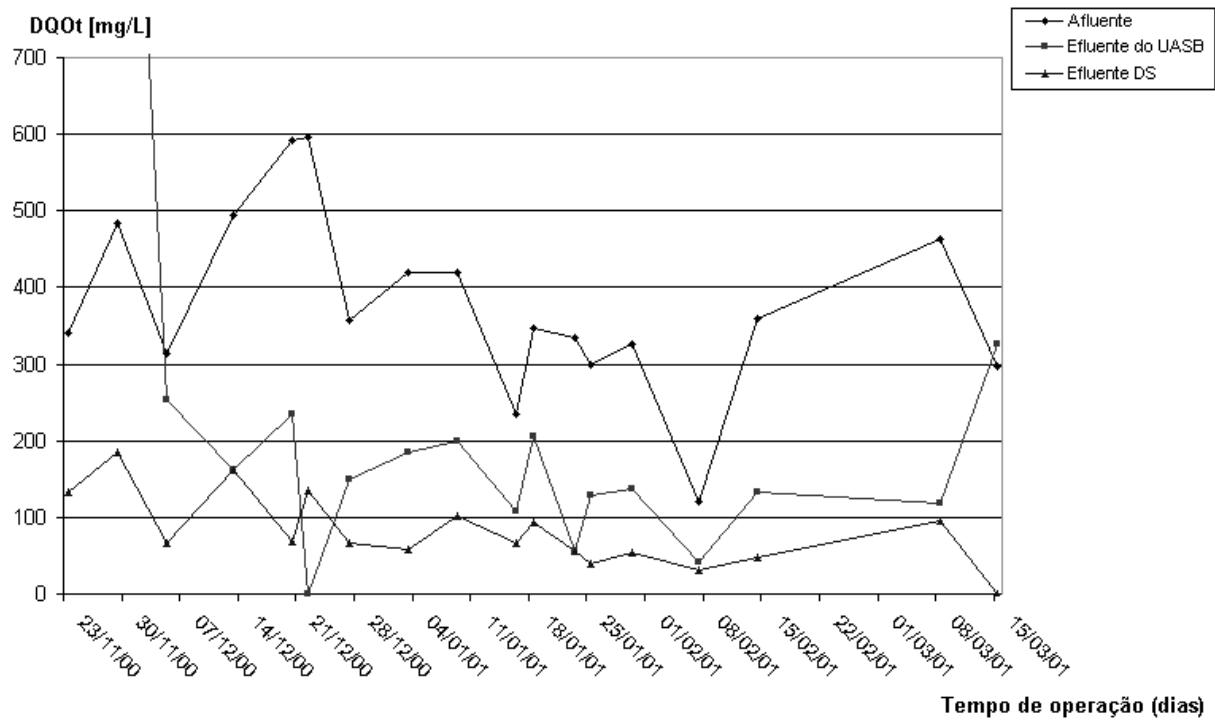


Figura 4 - Gráfico dos valores de DQOt afluente e efluente do Sistema UASB + FBAS (Fasell)

Na Fase III o efluente do decantador secundário apresentou valores de 86 ± 31 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 então considerada 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.

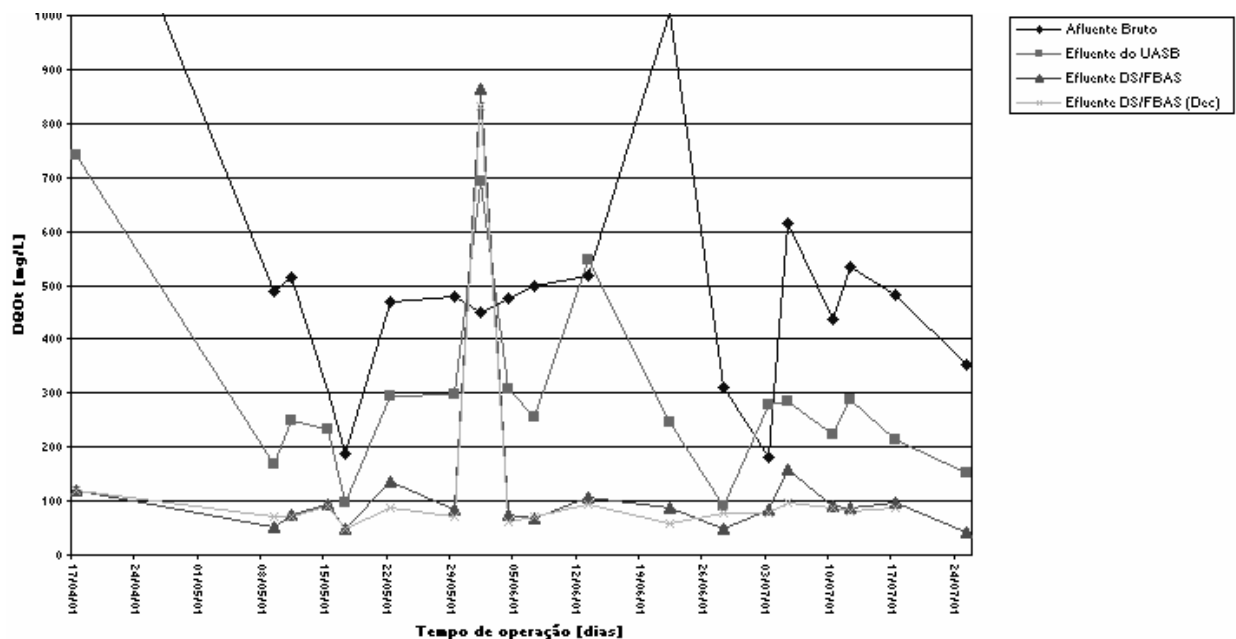


Figura 5 - Gráfico de valores de DQOt afluente e efluente do Sistema UASB+FBAS (Fase III)

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+FBAS: Resumo dos Resultados

Fase	Q L/h	UASB	FBAS		DS	Resultados					
		td h	Taxa m ³ /m ² .dia	COa kg/m ³ .dia	Taxa m ³ /m ² .dia	DQOa mg/L	DQOe mg/L	SSTa mg/L	SSTe mg/L	E _{DQO} % ⁽¹⁾	E _{SST} % ⁽¹⁾
I	253,5	8,5	14,8	2,47 ⁽²⁾	20,2	364	66	149	34	83,8 ⁽²⁾	91,4 ⁽²⁾
II	368,8	5,5	23,9	1,59	31,6	375	71	154	26	56,2	66,7
III	510,8	3,9	33,0	3,38	44,4	473	86	216	31	65,6	75,0

Obs: (1) Eficiência medida no FBAS;

(2) Valor elevado devido a "lavagem" de sólidos do reator UASB no período;

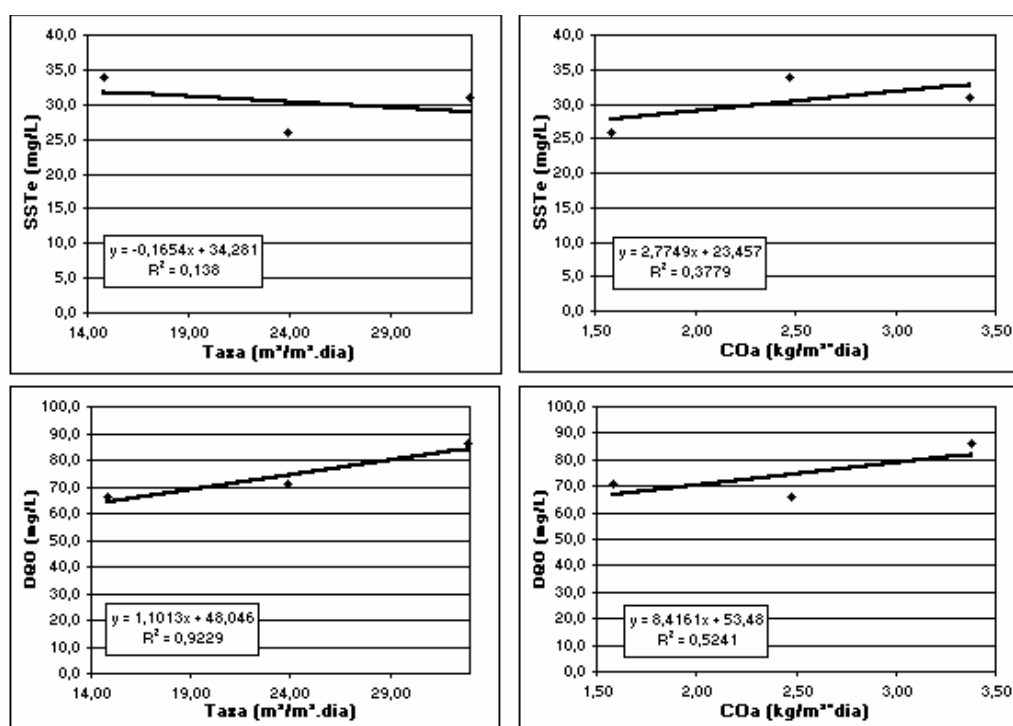


Figura 6 - Sistema UASB+FBAS: Gráficos de correlação dos resultados obtidos

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 pode ser 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. Procura-se desta maneira minimizar a deterioração da qualidade do efluente final, observado por exemplo na diminuição do OD do decantador.

CONCLUSÕES

Foram conduzidos estudos utilizando esgoto sanitário afluyente à ETE Belém, na alimentação de um sistema UASB + FBAS, onde aplicaram-se no FBAS 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 71 ± 18 mg/L, 17 ± 16 mg/L e 26 ± 11 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Estes valores representam eficiências de remoção do sistema de 81%, 88% e 83% para os citados parâmetros. Na Fase III houve perda na qualidade do efluente, sugerindo que a taxa de 40 m³/m².dia seja considerado limite para as condições do experimento.

Quanto aos aspectos operacionais, a descontinuidade da alimentação de ar ao fundo do filtro biológico aerado submerso pode levar a falência do processo, acarretando grande perda de biomassa no efluente e sobrecarregando o decantador secundário.

O sistema UASB + FBAS pode ser capaz de operar sem problemas relevantes e 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.; ALÉM SOBRINHO, P. Avaliação do Sistema Reator UASB e Filtro Biológico Aerado Submerso para o Tratamento de Esgoto Sanitário. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, João Pessoa, 2001. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 2001.
- APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20 edição. Washington, D.C., APHA. 1998.
- BOF, V. S.; CASTRO, M. S. M.; GONÇALVES, R. F. ETE UASB + Biofiltro Aerado Submerso: Desempenho Operacional com Retorno do Lodo Aeróbio para o UASB. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, Rio de Janeiro, 1999. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 1999. p.487-97.
- 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. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, Foz do Iguaçu, 1997. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 1997. p. 450-61.
- GONÇALVES, R. F.; PASSAMANI, F. R. F.; SALIM, F. P.; SILVA, ^a L. B.; MARTINELLI, G.; BAUER, D. G. Associação de um Reator UASB e Biofiltros Aerados Submersos para o Tratamento de Esgoto Sanitário. *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios; Coletânea de Trabalhos Técnicos*. Carlos Augusto Lemos Chernicharo (Coordenador). Belo Horizonte, 2000, p. 119-34.

- KAMIYAMA, H. Pós-Tratamento do Efluente do Tanque Séptico na Norma Brasileira – As Novas Propostas. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17, Natal, 1993. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES. 1993. Vol 2(4):705-20.
- MOTTA, S. L. *Tratamento de Esgoto Doméstico em Bio-Reator Aeróbio de Leito Fixo Submerso*. Tese apresenta à COPPE/UFRJ. Abril 1995. 102 p. Anexos.
- RUSTEN, B. Wastewater treatment with aerated submerged biological filters. *Journal WPCF*. 56(5):424 – 31. Maio 1984.