

II-531 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DA ETE DAL BÓ

Rangel Grasselli⁽¹⁾

Químico Licenciado pela Universidade de Caxias do Sul. Especialista em Projetos para Tratamento de Resíduos Industriais pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Consultor Técnico da Fundação Proamb de Bento Gonçalves.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Paulo, 505 – Bairro Borgo –Bento Gonçalves - RS - CEP: 95.700-000 - Brasil - Tel: +55 (54) 3055.43.38 - Fax: +55 (54)3055.43.39 - e-mail: rangel@proamb.com.br

RESUMO

A Estação de Tratamento de Efluentes do Dal Bó, um dos sistemas que trata esgoto sanitário na cidade de Caxias do Sul (RS) vem enfrentando problemas operacionais que resultam na produção de efluente com qualidade inferior aquela requerida pela legislação. Uma análise minuciosa da rotina operacional juntamente com agrupamento de dados qualitativos e quantitativos dos esgotos que chegam na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) somados a análise dos dados de projeto permitiram avaliação da eficiência das unidades focadas no estudo, no caso o digestor anaeróbico de fluxo ascendente (DAFA) e filtro biológico percolador (FBP), e a elaboração do diagnóstico com a sugestão de algumas soluções aplicáveis. Constatou-se que o DAFA apresenta índices de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) satisfatórios, porém a liberação de concentrações altas de Sólidos Suspensos Totais (SST) no efluente de saída desta unidade prejudica o FBP subsequente. A causa do problema está na ocorrência de choques de carga orgânica e hidráulica no sistema em dias de chuva. A redução da alcalinidade e pH na saída do DAFA comprovam a instabilidade do digestor causada pelos choques. Durante o período de monitoramento, o FBP apresentou uma eficiência média de 42,9 % na remoção de DBO, 32,3% na remoção de DQO, 9 % na remoção de SST e 10,6% na remoção de Nitrogênio amoniacal (NH_4^+), percentagens muito baixas quando comparadas aquelas esperadas para um FBP operando a baixa carga. A causa provável é o fluxo baixo ou intermitente, que não mantém a umidade ideal para o desenvolvimento da massa biológica e prejudica sua adesão sobre o meio suporte. A instalação de uma unidade de decantação secundária e aplicação de recirculação de efluente e lodo contribuiriam significativamente para aumentar a eficiência do FBP, inclusive de nitrificação.

PALAVRAS-CHAVES: Esgoto sanitário, cargas hidráulicas e orgânicas, digestor anaeróbico, filtro biológico.

INTRODUÇÃO

O uso irracional da água somado a falta de investimentos em saneamento básico contribuem para a degradação dos recursos hídricos disponíveis nos centros urbanos. A pouca quantidade associada à qualidade cada vez mais comprometida de água, influencia diretamente na qualidade de vida da população, pois saúde e saneamentos se relacionam diretamente. Hoje, 68% das internações em sistema público de saúde se devem à ingestão de água contaminada (JORDÃO e PESSÓA, 2005).

Uma das ferramentas do saneamento básico e forma de minimizar a poluição dos corpos aquáticos é a coleta e o tratamento do esgoto sanitário. A adoção de sistemas seguros e eficientes para o tratamento de esgotos contribui para a preservação dos recursos hídricos e para prevenção da saúde pública, garantindo que o esgoto tratado ao atingir o meio ambiente não altere suas características e nem prejudique as formas de vida existentes. No Brasil, apenas 27% do esgoto produzido é coletado e tratado adequadamente (PNUMA, 2010).

Na cidade de Caxias do Sul (RS), atualmente são tratados 15% do esgoto sanitário produzido. A gestão de água potável e esgoto da cidade é feita pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE). Estão em operação cinco sistemas de tratamento de esgotos que atendem aproximadamente 74.000 habitantes.

Como todas as companhias de saneamento brasileiras, o SAMAE enfrenta inúmeros desafios que não se restringem a escassez de verbas para investir em saneamento e a morosidade dos processos burocráticos, que acabam não acompanhando o crescimento populacional acelerado.

As ligações clandestinas de esgoto e o despejo irregular de efluentes industriais modificam as vazões afluentes e também a qualidade do esgoto que chega a estação. As características qualitativas e quantitativas acabam diferenciadas daquelas usadas para projetar o sistema. As unidades de tratamento projetadas e implantadas resultam inapropriadas para atendimento da real necessidade. A operação se torna difícil e como consequência o efluente final não atende padrões fixados na legislação e acabam sendo lançados nos corpos receptores causando poluição.

O maior desafio está em manter a operação adequada e o atendimento aos padrões de qualidade exigidos pela legislação após a implantação custosa dos sistemas de tratamento de esgotos.

Dentre os sistemas que tratam o esgoto da cidade de Caxias do Sul está a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Dal Bó, que iniciou sua operação em março de 2003. Nesta ETE, o tratamento do esgoto é desenvolvido no nível primário, secundário e terciário.

O objetivo principal deste trabalho é diagnosticar as causas da ineficiência do processo de tratamento aplicado na ETE Dal Bó, principalmente no que diz respeito ao digestor anaeróbio de fluxo ascendente e ao filtro biológico percolador.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na ETE Dal Bó o tratamento preliminar é realizado através de grade manual e caixa de areia. Já o tratamento primário se desenvolve através de um digestor anaeróbio de fluxo ascendente (DAFA). O tratamento secundário é realizado por um filtro biológico percolador (FBP) e o polimento final do efluente é realizado através de banhados construídos, com macrófitas aquáticas. A vazão é medida através de medidor tipo Calha Parshall.

O DAFA foi construído em concreto armado e possui volume útil de 740m³ e volume total de 807m³, tendo 5,10m de altura útil. Possui duas câmaras de decantação com volume útil de 58,8m³ e uma câmara de digestão com 622,8m³. O efluente é distribuído na câmara de digestão através de um canal central composto por 20 tubos distribuidores. A estrutura ocupa uma área aproximada de 200m².

O FBP também foi construído em concreto armado, com 10m de diâmetro e 2,85m de altura. O leito filtrante é composto por brita de diferentes granulometrias e possui altura útil de 1,80m.

O banhado que objetiva o polimento final do efluente foi construído em duas células e em ambas foram plantadas Taboas (*Typha domingensis*). Ambas as células possuem um comprimento médio de 87m e largura de 26m.

Para realização deste trabalho foram utilizadas medições de vazão diárias obtidas pelo operador da estação através da calha Parshall, durante todo o ano de 2009 e durante sete meses do ano de 2010 (de janeiro a julho de 2010). Através dos dados diários, foi calculada mês a mês a média aritmética dos valores, bem como a média dos valores máximos e mínimos.

Para o estudo das características do esgoto, foram utilizadas análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas diariamente e mensalmente durante todo o ano de 2009 e durante sete meses do ano de 2010 (de janeiro a julho de 2010) em amostras coletadas em quatro pontos do sistema:

- Ponto 1 – entrada da ETE;
- Ponto 2 – saída do digestor anaeróbio e entrada do filtro percolador;
- Ponto 3 – saída do filtro percolador e entrada do banhado;
- Ponto 4 – saída do banhado (saída da ETE).

De cada ponto selecionado, foram coletados 2,0 litros de amostra, preservados em gelo e levadas ao laboratório, para realização das seguintes análises físico-químicas e bacteriológicas: potencial hidrogeniônico (pH), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (P), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal (NH_4^+), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), alcalinidade total (AT), coliformes termotolerantes (CT).

As análises foram efetuadas, segundo APHA (1995) e realizadas pelo Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul.

Para cada parâmetro analisado foi calculada a média aritmética dos valores, bem como verificados valores máximos e mínimos.

Através dos resultados das análises obtidos para cada um dos quatro pontos do sistema foi calculada a eficiência de remoção alcançada em cada unidade de tratamento considerada, utilizando a equação 1.

$$E = 100 - \left(\frac{V_s}{V_e} \times 100 \right) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Vs : valor de saída da unidade de tratamento;

Ve: valor de entrada da unidade de tratamento.

A ETE Dal Bó opera licenciada pelo órgão fiscalizador estadual, FEPAM. A licença 2323/2007-DL apresenta os padrões físico-químicos e bacteriológicos para lançamento do efluente final no corpo receptor. O Quadro 1 apresenta os parâmetros e os limites de emissão do efluente final.

Quadro 1 – Limites estabelecidos na LO 2323/2007 para parâmetros físico-químicos.

Parâmetro	Limites
Materiais sedimentáveis	até 1mL/L em teste de 1 hora em cone Imhof.
DBO ₅ ²⁰	60 mg/L
DQO	180 mg/L
Sólidos suspensos	60 mg/L
Nitrogênio amoniacal	20 mg/L
Fósforo Total	2 mg/L ou 75 % de eficiência
Óleos e graxas minerais	10 mg/L
Alumínio Total	10 mg/L
Cromo Total	0,5 mg/L
Ferro Total	10 mg/L
Zinco Total	2 mg/L
Coliformes termotolerantes	10 ³ Numero mais provável / mL ou 99 % de eficiência

Para o diagnóstico foram utilizados dados constantes no memorial descritivo, especificações técnicas e plantas que compõem o relatório de projeto da ETE Dal Bó, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e de propriedade do SAMAE.

RESULTADOS E DISCUSSÕES QUANTO ÀS CONTRIBUIÇÕES AFLUENTES

Para projeto das unidades que compõem o sistema Dal Bó, foi considerada uma vazão média de 18,66 L/s e uma vazão máxima de 30,38 L/s. Medições de vazão realizadas diariamente demonstraram valores muito

menores. A vazão média calculada através de dados de 2009 e 2010 resultou em 3,2 L/s, ou seja, a vazão considerada no projeto é 580 % maior. A Tabela 1 traz a comparação entre dados de projeto e as contribuições afluentes atuais.

Tabela 1 – Comparação entre vazões de projeto e vazões atuais

Vazão	Projeto (L/s)	Atual (L/s)
Média	18,66	3,2
Máxima	30,38	16

A ETE Dal Bó foi instalada para atender quatro loteamentos. O cálculo de vazões para projeto das unidades de tratamento foi baseado no número de lotes ocupados e vazios, considerando uma população inicial total de 8.345 habitantes e população final total de 10.545 habitantes. Porém, nem todos os lotes possuem ligação na rede de esgoto público. Hoje não existe uma Lei Municipal que exige que os ocupantes dos loteamentos instalem a ligação que conduz o esgoto produzido nas residências para rede de coleta pública. No caso dos loteamentos atendidos pela ETE Dal Bó, somente 20% das ligações previstas em projeto foram realizadas, resultando em contribuições afluentes muito menores que aquelas planejadas.

A vazão afluente determina a carga hidráulica e orgânica recebidas pelas unidades de tratamento. Os volumes das unidades de tratamento são determinados baseados nas cargas hidráulicas e orgânicas. Hoje, baseando-se nos valores médios e máximos de vazão que chegam a ETE Dal Bó, pode-se afirmar que as unidades de tratamento estão “super dimensionadas”, causando problemas operacionais e ineficiência nos processos de remoção de poluentes.

QUANTO AO REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

Durante o período de monitoramento, o DAFA apresentou uma eficiência média de 65,12% na remoção de DQO e 70,18 % na remoção de DBO. Já na remoção SST apresentou eficiência média de 49,2%. A Tabela 2 demonstra os valores das eficiências alcançadas pelo DAFA nos meses de monitoramento.

Tabela 2 – Eficiências apresentadas pelo DAFA na remoção de DQO, DBO e SST

Eficiências de remoção do DAFA(%)							
Mês/Ano	DQO	DBO	SST	Mês/Ano	DQO	DBO	SST
jan-09	70,12	62,09	8,78	nov-09	70,76	90,08	80,91
fev-09	61,4	69,19	-47,37	dez-09	67,85	78,62	63,56
mar-09	67	68,67	-29,59	jan/10	75,22	60,35	78,13
abr-09	60,97	62,4	20,24	fev/10	64,13	78,46	74,59
mai-09	61,83	60,06	31,82	mar/10	65,37	86,16	80,91
jun-09	63,49	65,04	71,62	abr/10	58,14	77,6	56,67
jul-09	63,49	65	57,89	mai/10	63,01	78,82	70,65
ago-09	64,83	63,3	33,33	jun/10	69,78	70,94	79,11
set-09	43,96	45,99	56,94	jul/10	69,27	73,84	58,86
out-09	76,66	76,73	87,74				
Média					65,12	70,18	49,20

O tratamento anaeróbio pode alcançar eficiências de remoção na ordem de 45 a 75% para DQO e de 45 a 85% na remoção de DBO. Portanto o DAFA que opera na ETE Dal Bó apresenta remoções de DQO e DBO dentro das faixas apresentadas por especialistas (JORDÃO e PESSÔA, 2005).

Em relação à remoção de SST o DAFA estudado não apresenta a eficiência média referenciada na bibliografia. Segundo Von Sperling (2005), o tratamento anaeróbio pode alcançar remoções de 70 a 80% de sólidos suspensos. O DAFA que opera na ETE Dal Bó apresentou eficiência média de 49,2% durante o período monitorado. Foram 19 amostragens no período e apenas em 8 delas a eficiência esperada para o digestor foi alcançada.

A ineficiência na remoção de SST compromete o funcionamento da unidade subsequente, o FBP. Segundo Jordão e Pessoa (2005), os filtros biológicos são capacitados a absorver concentrações máximas de 120mg/L de sólidos suspensos. A concentração média medida em P2 durante o período de monitoramento foi de 148mg/L, chegando a um valor máximo de 402mg/L.

A perda excessiva de sólidos no efluente de reatores anaeróbios pode ser causada por choques de cargas orgânicas (CO) e hidráulicas (CH) afluentes (CHERNICHARO, 1997). Segundo Rodrigues *et al.* (2009), variações bruscas de CO e CH causam reduções de no desempenho de digestores anaeróbios. Através dos registros de operação realizados na ETE Dal Bó, observa-se grande variação de vazão em dias de chuva. Segundo dados de vazão registrados, quando ocorrem precipitações pluviométricas a vazão chega a 16L/s, sendo que acima deste valor um *by pass* instalado desvia o fluxo diretamente para o corpo receptor.

Segundo Leitão *et al.* (2006), em reatores anaeróbios as variações na carga hidráulica afetam especificamente a dinâmica da manta de lodo, devido sua expansão ou contração, determinados pelo equilíbrio entre a velocidade ascensional e a velocidade de sedimentação do lodo. Dessa forma o aumento da carga hidráulica aplicada pode resultar em um aumento na concentração de sólidos suspensos no efluente devido ao arraste de biomassa mais leve.

Segundo Peláez e Benetti (2007), os reatores anaeróbios têm pouca capacidade de atenuação quando submetidos a choques severos de carga orgânica e hidráulica. Apesar de o DAFA estudado ter sido dimensionado para valores muito maiores de vazão, a vazão média atual é de 3,2L/s. A biomassa presente no reator permanece aclimatada a absorver a carga orgânica e hidráulica referente à vazão média. Em eventos de chuva a vazão recebida é cinco vezes maior que a vazão média o que ocasiona choques na comunidade microbiana.

As conseqüências dos choques podem ser observadas no monitoramento de pH e alcalinidade do DAFA. O monitoramento diário da alcalinidade do esgoto em P1 e P2 demonstra desequilíbrio na produção e consumo de ácidos graxos voláteis (AGVs). A alcalinidade total do esgoto em P1 apresentou valor médio de 425mg/L. Já em P2, na saída do DAFA, a concentração média cai para 320mg/L. Durante todo o período de monitoramento houve uma redução na alcalinidade de P1 para P2, em média 30 %. Segundo Metcalf e Eddy (2006) sistemas anaeróbios equilibrados devem apresentar concentração de alcalinidade e pH maiores em seu efluente, comparados ao afluente.

Estudos como de Francisqueto *et al* (2007) afirmam que reatores anaeróbios são capazes de absorver variações de até três vezes o valor da vazão média. Valores acima causam um aumento da carga orgânica e hidráulica aplicada, o que pode resultar em acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGVs). O acúmulo de AGVs, consumirá alcalinidade do meio e pode levar à redução do pH dependendo da capacidade de tamponamento do sistema. A queda no pH e o acúmulo de AGVs contribuem para inibições que levam a perda da qualidade do efluente (ABREU, 2007).

A produção de AGVs faz parte da segunda etapa da digestão anaeróbia, onde as bactérias acidogênicas degradam moléculas orgânicas como açúcares, aminoácidos e peptídeos transformando-as em ácidos orgânicos como acético, propiônico e butírico. Na terceira e quarta etapas as bactérias acetogênicas e metanogênicas digerem os AGVs produzindo substâncias que conferem alcalinidade ao meio. Durante a acidogênese são produzidos compostos da amônia que também produzem alcalinidade. (VON SPERLIG, 1996). Portanto, se por alguma razão a taxa de remoção de AGVs e produção de alcalinidade através da acetogênese e metanogênese não acompanha a taxa de produção dos AGVs o sistema se torna instável. A produção de ácido não é equilibrada pela produção de alcalinidade do meio, resultando na diminuição do pH (RISSOLI, 2004; METCALF e EDDY, 2006 e CHERNICHARO, 1997).

O conjunto dos fatores, pH, alcalinidade e AGVs constituem-se nos parâmetros que definem as condições de estabilidade da digestão anaeróbia. As bactérias metanogênicas, responsáveis pelo consumo da maior parte dos AGVs, possui uma velocidade de crescimento muito menor que as acidogênicas e também são muito mais sensíveis a choques de carga. Se hoje a alcalinidade em P2 é menor que em P1 o DAFA está apresentando desequilíbrio entre as fermentações ácidas e metanogênicas e isto pode estar sendo causado pelos choques de cargas ocorridos em eventos de chuva. Esta instabilidade apresentada justifica a ineficiência na remoção de SST e as altas concentrações em P2.

A redução de alcalinidade e do pH em P2 deve ser acompanhada com atenção. Na operação de reatores anaeróbios, uma das preocupações principais é o de evitar a acidificação (azedamento) do meio. Como as metanogênicas não atuam em faixas de pH menor que 6,2, a produção de metano é inibida, mas a produção de

AGVs não é abalada. (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994). O acúmulo de AGVs pode levar ao abaixamento gradual do pH a ponto de inibir completamente a metanogênese.

Outro fato que contribui para perda de sólidos no efluente de reatores anaeróbios é a formação de caminhos preferenciais na manta de lodo devido à má distribuição do esgoto afluente (NETO, 1997 e ABREU, 2007). Esta distribuição ineficaz é comum em reatores que a vazão de alimentação é muito menor que a vazão prevista em projeto. O esgoto afluente não é suficiente e acaba não chegando a todos os pontos da biomassa. Em determinados períodos parte da biomassa se torna inativa por falta de alimento e é arrastada junto com efluente.

QUANTO AO FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR

Segundo Metcalf e Eddy (2006), as cargas hidráulicas e orgânicas aplicadas classificam os filtros em grosseiros, de baixa carga, de carga intermediária e de alta carga. As cargas aplicadas no FBP da ETE Dal Bó foram recalculadas com base na vazão afluente atual e nas características do esgoto que chega na ETE atualmente. As cargas aplicadas na atualidade foram comparadas com aquelas previstas em projeto. A Tabela 3 faz um comparativo entre os dados de projeto e as condições de operação do FBP.

Tabela 3 – Comparação entre os dados de projeto e as condições de operação atual do FBP

Grandeza	Unidade	Projeto	Atual
Q med	m³/dia	1612,24	276
DBO média entrada	mg/L	102,37	136,4
DQO média entrada	mg/L	259	352,3
SST	mg/L	36,9	147,64
Carga Orgânica	Kg DBO/dia	165	37,65
Carga orgânica volumétrica	Kg DBO/m³.dia	1,2	0,273
Carga Hidráulica volumétrica	m³/m³.dia	11,7	2
Carga Hidráulica superficial	m³/m².dia	21	3,58

Comparando as cargas previstas em projeto com a classificação de Metcalf e Eddy (2006) o FBP da ETE Dal Bó foi projetado para operar como de alta carga. Porém, com as cargas aplicadas atualmente está operando como um FBP de baixa carga. Segundo Von Sperling (2005) um FBP de baixa carga apresenta eficiências de remoção na ordem de 85 a 93% para DBO, de 80 a 90% para DQO, de 83 a 97 % para SST e 65 a 85% na remoção de NH_4^+ .

Durante o período de monitoramento, o FBP apresentou uma eficiência média de 42,9% na remoção de DBO, 32,3% na remoção de DQO, 9% na remoção de (SST) e 10,6% na remoção de NH_4^+ . Comparados aos valores de eficiências esperados para um FBP de baixa carga, as remoções do FBP da ETE Dal Bó encontram-se muito baixas. A Tabela 4 demonstra os valores das eficiências alcançadas pelo FBP nos meses de monitoramento.

Tabela 4 – Eficiências apresentadas pelo FBP na remoção de DQO, DBO, Nitrogênio e SST

Eficiências de remoção do FBP (%)					
Meses/ano	DQO	DBO	NTK*	NH_4^+	SST
jan/10	40,61	38,59	45,74	28,4	25
fev/10	34,09	38	45	28	18,7
Mar/10	43,69	57,09	33,2	9,38	-6,19
abr/10	51,17	50,63	18,17	7,77	51,28
Mai/10	51,43	65,75	44	28,24	64,74
jun/10	24,03	52,57	28,01	12,73	-6,56
jul/10	-18,97	-2,08	-2,9	-40,46	-84,21
média	32,3	42,9	30,2	10,6	9,0
máxima	51,43	65,75	45,74	28,4	64,74
mínima	-18,97	-2,08	-2,9	-40,46	-84,21

Uma causa provável da ineficiência do FBP é o fluxo baixo e intermitente de esgoto. Segundo Jordão e Pessôa (2005) as pedras britadas devem possuir uma coloração verde brilhante, típica da formação de algas na camada superficial. Quando o fluxo é intermitente ou muito baixo as pedras não apresentam esta coloração, o que

demonstra que há problemas em relação à formação do biofilme e consequentemente, na degradação dos poluentes. No FBP da ETE Dal Bó, as pedras britadas não apresentam a coloração esverdeada.

Quando o fluxo é baixo ou intermitente, não se mantém a umidade ideal para o desenvolvimento da massa biológica. Segundo Metcalf e Eddy (2006) e Jordão e Pessoa (2005), o manutenção da umidade ideal no FBP é essencial ao desenvolvimento de uma grande diversidade de microrganismos. Esta diversidade, além de essencial ao equilíbrio das reações bioquímicas para a degradação dos poluentes, também é muito importante para garantir a aderência do biofilme ao meio suporte.

Conforme pode ser observado nos dados da Tabela 3, a eficiência de remoção de sólidos pelo FBP da ETE Dal Bó é da ordem de 9%, ou seja, o desprendimento de biomassa está sendo muito grande. Consequentemente, a unidade subsequente, o banhado construído, recebe esta grande quantidade de sólidos, ocasionando o acúmulo de lodo em alguns pontos, o que propicia a formação de caminhos preferenciais e colmatção do solo. Isto prejudica a disponibilização de oxigênio as plantas e a eficiência da unidade. Apesar do tratamento a nível terciário o efluente final na maior parte do período de operação, não atende aos limites fixados pela Licença de Operação emitida pelo órgão de fiscalização estadual, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) no que se refere aos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo total.

Segundo Metcalf e Eddy (2006) para facilitar a uniformidade na dosagem do esgoto e garantir nível de umidade ideal ao crescimento do extrato biológico no leito é necessário recircular o efluente da unidade de decantação secundária para entrada do FBP. A matéria orgânica recirculada é portadora de material ativado que entra no FBP mais de uma vez, aumentando o tempo de contato e semeando o leito em toda sua profundidade com a diversidade de microrganismos ideais. A recirculação amortece as variações de carga aplicada e tem papel de diluente, melhora a distribuição do esgoto e reduz a colmatção do meio e ainda auxilia na oxigenação. Todas estas vantagens se convertem em eficiências de remoção de DQO e DBO maiores e garante também a nitrificação de parte no NH^{+4} afluente.

A instalação de um decantador secundário a jusante do FBP da ETE Dal Bó garantiria a retenção de sólidos, minimizando problemas no banhado construído. Além disso, permitiria a recirculação do efluente e de lodo, aumentando à eficiência da unidade, principalmente no que diz respeito a remoção NH^{+4} , que é um dos principais problemas enfrentados pelo sistema.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

Conforme os resultados apresentados e as referências consultadas, conclui-se que:

- O número de ligações de esgoto existentes nos loteamentos atendidos pela ETE Dal Bó é muito menor que aquele previsto em projeto, implicando na redução significativa da vazão de esgoto afluente, causando problemas operacionais e ineficiência na remoção dos poluentes.
- O DAFA que opera na ETE Dal Bó apresenta em média 65,12% de remoção de DQO e 70,18 % de remoção de DBO, eficiências compatíveis àquelas esperadas e apresentadas por especialistas. Em relação à remoção de SST não apresenta eficiência esperada. Em media consegue remover 49,2%, enquanto se espera que remova no mínimo 65%.
- É provável que a ineficiência apresentada pelo DAFA na remoção de SST esteja sendo causada pelo choques de cargas aplicadas na unidade. O monitoramento da alcalinidade em P1 e P2 comprova instabilidade do processo de digestão que contribui para perda de sólidos, juntamente com a formação de caminhos preferenciais decorrentes da má distribuição do fluxo.
- O FBP foi projetado para operar com alta carga, porém atualmente atua com baixa carga. Apresentando assim uma eficiência média de 42,9% na remoção de DBO, 32,3% na remoção de DQO, 9 % na remoção de (SST) e 10,6% na remoção de NH^{+4} , percentuais considerados muito baixos quando comparados aos percentuais esperados para este tipo de filtro.
- O fluxo baixo e intermitente do esgoto prejudica o nível de umidade no leito e consequentemente o crescimento e adesão da biomassa no material suporte. Isto resulta na baixa capacidade de degradação de poluentes observada no FBP da ETE Dal Bó.
- Recomenda-se a instalação de uma unidade de decantação secundária e aplicação de recirculo de efluente e lodo para aumentar a eficiência do FBP, inclusive de nitrificação. Estas providências implicariam na minimização de problemas ocorrentes no banhado construído, uma vez que impediria o arraste de sólidos para

aquela unidade e a colmatagem do solo, entre outros problemas, aumentado a eficiência do sistema na remoção de fósforo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, E.F. Estudo da diversidade microbiana metanogênica em reatores UASB tratando esgoto sanitário. Dissertação de mestrado em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
2. APHA, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
3. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.
4. FRANCISQUETO, L. O. S.; BORGES, R. M.; GONÇALVES, R. F. Desempenho de reatores UASB tratando esgoto sanitário sob fortes variações de carga hidráulica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24. 2007. Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: ABES 2007. 1 CD-ROM.
5. JORDÃO, E.P. e PESSÔA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. Rio de Janeiro: ABES, 2005.
6. LEITÃO, R.C.; VAN HAANDEL, A.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: a review. New York: Bioresource Technology, 2006.
7. METCALF e EDDY. Ingegneria delle acque reflue – trattamento e riuso. Milão: MC Graw Hill, 2006.
8. NETO, C. O. A. Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES:1997.
9. PELÁEZ, M. L. S.; BENETTI, A. D. Avaliação do desempenho de reatores UASB submetidos a eventos de chuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24. 2007. Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: ABES 2007. 1 CD-ROM.
10. PNUMA (Programa Das Nações Unidas Para O Desenvolvimento). Brasil falha em proteção do meio ambiente. Brasília: 2010. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens>> Acesso em 23 jul. 2010.
11. RISSOLI, C.A. Estudo de parâmetros operacionais do reator UASB tratando esgoto doméstico e avaliação da biodegradabilidade do seu efluente. Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
12. RODRIGUES, D.S.; SANTOS, V.S.; LIMA, M.G.S. Estabilidade e eficiência de tratamento de um reator UASB operando sob diferentes cargas biológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25. 2009. Recife. Anais. Recife: ABES 2009. 1 CD-ROM.
13. VAN HAANDEL, A.C. e LETTINGA, G. Tratamento Anaeróbio de esgotos - um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: EPGRAF, 1994.
14. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Imprimatur, 2005.
15. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.