

Revisão e aperfeiçoamento do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio para o tratamento de esgoto sanitário (parte I)

HISSASHI KAMIYAMA

Engenheiro, coordenador de Desenvolvimento dos Sistemas de Tratamento de Esgotos (ITPD), Diretoria do Interior da Sabesp

O sistema de tanque séptico-filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente (TS-FAn), utilizado para atendimento de pequenas comunidades, tem suscitado problemas de diversas ordens. Uma análise mais cuidadosa daqueles sistemas induz à necessidade de uma revisão tanto do conceito quanto do projeto e operação dos mesmos. Isto é feito nesta primeira parte do artigo; na segunda parte, nesta mesma edição, é apresentado um novo tipo de TS-FAn, já incorporando diversas melhorias consideradas importantes.

O sistema de tanque séptico-filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente (a NBR 7229 ora revisada substituiu o termo fossa por tanque séptico, que doravante indicaremos apenas por TS-FAn) tem sido considerado como sistema de tratamento compacto de esgotos sanitários de baixo custo, dispensando maiores preocupações quanto a sua operação. A Sabesp, como órgão responsável pela coleta e tratamento de esgotos em diversas comunidades do Estado de São Paulo, tem utilizado freqüentemente aquele sistema, principalmente para o atendimento das comunidades de pequeno porte.

Para isso, na Diretoria do Interior da Sabesp foram criados alguns tipos padrões de TS-FAn, cujas classificações variam de acordo com o número de ligações de esgotos (LEs) atendidas por aquele sistema. Assim, a classificação abrange desde 25 LEs até 200 LEs por sistema. O dimensionamento do sistema tem seguido, basicamente, os parâmetros constantes na NBR 7229/82. A figura 1 apresenta o tipo padrão antes da revisão.

Dentro do programa de atendimento às comunidades de pequeno porte, traçado há alguns anos pela empresa, o sistema TS-FAn tem sido amplamente utilizado. Com isso vieram à tona diversos problemas, tanto a nível de concepção de projeto e de construção como, principalmente, de operação. Devido à ocorrência freqüente de problemas naqueles sistemas, o Departamento de Projetos do Interior (ITP) procedeu, juntamente com a Superintendência Regional de Presidente Prudente (IP), a um levantamento da situação real e, a seguir, a uma revisão completa do sistema TS-FAn, com o objetivo de sanar os problemas e melhorar o seu desempenho. Isto porque, apesar das diversas deficiências apresentadas, o sistema TS-FAn ainda pode ser adotado como uma solução atraente para a remoção de carga orgânica do esgoto, desde que as condições locais e parâmetros legais fossem favoráveis àquele tipo de tratamento.

AS TEORIAS SOBRE O TS-FAn Generalidades

A associação do tanque séptico com o filtro anaeróbio para o tratamento de esgoto sanitário é ainda recente. Porém, o uso apenas do TS para o tratamento de despejos domésticos tem mais de cem anos, principalmente para atendimento das áreas desprovidas de rede coletora de esgotos. Nesse caso, o TS, em suas diversas configurações, tem como função básica a remoção de sólidos sedimentáveis e sua digestão anaeróbia, reduzindo, desse modo, a carga orgânica e o volume final dos sólidos, além de torná-los mais estáveis bioquimicamente. No entanto o efluente do TS está longe de ser ideal para lançamento direto ao corpo receptor, uma vez que contém, ainda, elevadas concentrações de sólidos, de coliformes, de carga orgânica solúvel, de nutrientes inorgânicos, além da sua cor e cheiro. Por outro lado, o emprego de FAn para a remoção de carga poluente teve evolução no passado recente, basicamente através do trabalho de Young e McCarty (18) na década de 1960. São várias as vantagens atribuídas ao FAn, em relação aos processos aeróbios: a) não há consumo de energia elétrica, exceto quando se deseja fazer a recirculação do efluente; b) geração de sólidos em quantidades bem menores do que os processos aeróbios; c) possível aproveitamento do gás metano como fonte energética; d) requer poucos cuidados operacionais.

Os trabalhos de desenvolvimento do FAn na sua fase inicial voltavam-se, basicamente, ao tratamento de despejos com elevadas concentrações de poluentes orgânicos em forma solúvel, onde realmente o processo demonstrou ser altamente favorável. Mas a aplicação do FAn para

o tratamento de despejos de baixas concentrações orgânicas, com grandes amplitudes de vazão e de temperatura, tal como o esgoto sanitário, também foi sendo tentada paulatinamente (8, 13, 14), basicamente como uma unidade de tratamento complementar de um outro processo anaeróbio. No Brasil, através da NBR 7229/82, foram dadas as diretrizes básicas para o projeto e construção do TS e unidades de tratamento complementar, notadamente a do FAn.

Os fatores determinantes no projeto do FAn

Young e McCarty (18) foram os primeiros a apresentar um importante trabalho abordando os aspectos fundamentais sobre o FAn para o tratamento de despejos orgânicos. Através de suas unidades experimentais, em escala laboratorial e utilizando despejos sintéticos, pedras de diâmetros de 2,5 a 3,8cm, aqueles autores chegaram a diversas observações e conclusões interessantes, tais como: 1) pequena geração de sólidos excedentes em comparação a processos aeróbios de tratamento; 2) o tempo necessário para atingir o regime estável é em função da quantidade de lodo digerido previamente colocado no FAn; 3) a remoção de carga orgânica ocorre principalmente na parte inferior do FAn, até cerca de 60cm do fundo; 4) a eficiência de remoção não melhora com o aumento de altura do leito filtrante acima de cerca de 1,20m; 5) os sólidos biológicos gerados, responsáveis pela remoção de carga orgânica, estão mais em forma de sólidos em suspensão entre os espaços vazios de material filtrante do que em forma de biofilme sobre as superfícies do meio filtrante e estão concentrados em alturas até 60cm do fundo; 6) os sólidos biológicos, pela ação das bolhas de gases em ascensão, formam partículas de forma granular de excelente sedimentabilidade; 7) a eficiência de remoção está relacionada com a concentração orgânica do despejo — quanto maior a concentração, melhor é a taxa de remoção; 8) poderia melhorar a capacidade de carga do FAn, aumentando o volume de espaço vazio do meio filtrante.

Diversos trabalhos seguiram-se ao de Young e McCarty, enfocando os mais variados aspectos do FAn.

Comportamento hidráulico no FAn

O estudo do comportamento hidráulico num reator é importante na medida em que dele depende a hipótese dos modelos cinéticos da reação bioquímica a ser adotada.

Apesar de ter sido considerado como fluxo do tipo de *plug-flow* nos trabalhos de Young e McCarty, diversos autores demonstraram que aquela não era a hipótese correta.

Young e Young (20) estudaram, posteriormente, o comportamento do fluxo hidráulico no FAn, utilizando diversos tipos de meio filtrante num reator de forma tubular. Concluíram que o comportamento do fluxo hidráulico no interior do reator é influenciado pelo tipo de meio filtrante empregado, podendo aproximar-se tanto para tipo *plug-flow* quanto para a mistura completa. O fluxo tende a ser do primeiro tipo na medida em que aumenta a área específica do meio filtrante. A zona hidráulicamente morta também tende a aumentar com o aumento daquele parâmetro. O gás produzido no processo tende a tornar o comportamento do fluxo mais para a mistura completa.

Chiang e Dague (2) operaram três FAn com os mesmos volumes, porém com a relação altura/diâmetro de 1,2, 4,1 e 14,3, respectivamente, e com a carga orgânica variando desde 1,0 até 12,0g/l x dia. Utilizando cloreto de lítio como traçador, os autores chegaram à conclusão de que os reatores de FAn de forma cilíndrica tendem a ter comportamento hidráulico próximo ao da mistura completa e atribuíram

tal fato à ação de borbulhamento dos gases gerados, numa faixa de carga de 6 a 8g/l x dia.

Outra conclusão importante é que a relação altura/diâmetro do reator não constitui fator importante no desempenho do reator.

Meio filtrante

O tipo do meio filtrante como fator de projeto do FAn tem sido uma questão bastante polêmica. Song e Young (15) através do emprego de reatores com dimensões consideráveis (370 l, diâmetro de 0,15m e 1,80m de altura) e utilizando 4 tipos diferentes de meio filtrante, com área específica de 98, 138 e 223 m²/m³, chegaram à conclusão de que a área específica do material filtrante tem pequena influência sobre o desempenho do FAn. Em outras palavras, o aumento da área específica não tem correspondência direta no aumento do desempenho do reator, de mesma ordem. Mas a forma do meio filtrante parece exercer influência no desempenho, na medida em que uns possibilitam a mistura mais completa reduzindo a ocorrência de passagem direta do fluxo, e, por conseguinte, permitindo um maior contato do esgoto com a massa biológica.

Microorganismos em suspensão e em biofilme

Apesar das evidências apresentadas desde o início (18, 10), a questão sobre a forma dominante dos microorganismos nos reatores de FAn (em suspensão ou em biofilme fixo às superfícies do meio filtrante) tem causado uma série de discussões. Apesar de não estar ainda totalmente esclarecido, as pesquisas parecem demonstrar que os sólidos biológicos em forma de suspensão são a forma dominante nos reatores anaeróbios de leito fixo com fluxo ascendente. Já nos reatores anaeróbios de leito fixo com fluxo descendente ocorre a predominância dos microorganismos sob forma de biofilmes fixos às superfícies do meio filtrante. No primeiro caso, o meio filtrante tem como função principal a retenção dos sólidos biológicos e, portanto, a área específica do meio filtrante não seria considerada fator importante. Já no segundo caso, aquele parâmetro passaria a ser um fator importante, semelhantemente aos filtros biológicos aeróbios.

Tempo de detenção hidráulica e a carga orgânica volumétrica

Apesar de ser considerado como processo de baixo custo, não há, ainda, estudos e relatos fartos sobre a aplicação de FAn para esgotos sanitários. Os estudos existentes, envolvendo a definição de parâmetros, são, na maioria, voltados ao tratamento de despejos industriais, ou seja, de concentrações orgânicas bem superiores às do esgoto sanitário, com a predominância de carga orgânica solúvel. Nesses casos, os parâmetros tais como a carga volumétrica (kg/m³ x d), nutrientes inorgânicos etc. passam a ter importância decisiva no desempenho do FAn. Já para o esgoto sanitário, devido à baixa concentração de carga orgânica e à existência de quantidades adequadas de nutrientes inorgânicos, podemos considerar o tempo de detenção hidráulica (TDH) como sendo o principal fator a ser considerado, juntamente com o fator temperatura, tanto no projeto quanto na operação de um FAn.

Uma das primeiras experiências e relatos utilizando o FAn para o tratamento de esgotos sanitários data de 1958 (17), de autoria de Withrow, Coulter e Ettinger. O FAn foi utilizado para o tratamento complementar do processo de lodo anaeróbio por contato. O FAn foi preen-

chido com pedras de diâmetros variando de 3,8cm a 6,3cm, com a altura do leito de 1,2m, deixando 30cm de altura para o fundo falso e 38 cm de lâmina livre acima do leito de pedra. Com o TDH teórico de 6,0 horas, o FAn, assim como o reator de lodo anaeróbico precedente, demonstrou ser fortemente influenciado pela variação de temperatura. A remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) no FAn mostrou ser reduzida — em média, cerca de 10%, apesar de se ter obtido remoção superior a 20% no verão.

Ranam e Chakladar (13) apresentaram resultados de aplicação do FAn para o pós-tratamento do efluente de tanque séptico na Índia. Na instalação piloto de Mullickpur, o FAn possuía volume total de 0,57m³ com 3 camadas de pedras com dimensões distintas (1,9cm a 0,2cm), com altura total do meio filtrante de 68cm. O TDH nesta unidade era superior a 10 dias, obtendo-se a remoção de 55% a 86%; 33% a 74% e 50% a 80%, respectivamente, em termos de DBO, DQO e SS. Na unidade piloto de Jalaghata, o FAn era composto de duas câmaras, sendo uma com fluxo descendente e outra com fluxo ascendente. Com o volume do meio filtrante de 0,41 m³, TDH superior a 10 dias, obteve-se a remoção de 62% a 80%; 33% a 86% e 50% a 86,8%, respectivamente, em termos de DBO, DQO e SS. No FAn de Apurbapur, com volume de 0,40m³, utilizando-se meio filtrante de pedra de 1,27cm de diâmetro e THD em torno de 9,0 dias, obteve-se remoção de 59% a 81%, 47% a 74% e 30% a 68%, respectivamente, em DBO, DQO e SS.

No Brasil, Sobrinho e Vieira (14) aplicaram o FAn para tratamento do efluente do decantodigestor (tanque séptico de câmaras sobrepostas). Com o THD variando de 0,19 a 2,08 dias (em média), o FAn apresentou eficiência de remoção de 30% a 75%, 34% a 58% e 50% a 74% para DBO, DQO e SS, respectivamente. Um dos mais completos relatos da aplicação do FAn do tipo híbrido (ver item "Desenvolvimento do novo modelo de reator — O reator híbrido", a seguir) para o tratamento de esgotos sanitários foi apresentado por Genung, Donaldson e Rud (04). Com o volume do reator piloto de 190m³ e volume do meio filtrante de 56m³, instalado na ETE de Loves Greek, Knoxville, Tennessee, EUA, a unidade piloto foi operada durante cerca de 800 dias, com THD de 09 a 10 horas e carga orgânica volumétrica de 0,13 a 0,40 kg/m³ x dia e 0,35 a 1,2 kg/m³ x dia para DBO e DQO, respectivamente. Nestas condições, a eficiência de remoção variou de 63% a 70% e 50% a 71%, respectivamente, para DBO e DQO. O meio filtrante utilizado era do tipo anel Pall em polipropileno. A temperatura exerceu considerável influência sobre o desempenho do reator. A massa de sólidos gerada foi em torno de 40kg de sólido seco/1000m³ de esgoto tratado, representando uma redução de 75% a 80% em relação à quantidade de sólidos gerados pelo processo aeróbio.

Como vimos acima, os dados sobre a aplicação do FAn para o tratamento do esgoto sanitário não são ainda fartos, além de dispersos. É difícil obter, nestas condições, algum consenso quanto a parâmetros e seus valores, mas, certamente, o THD e a temperatura são dois parâmetros críticos no projeto e operação do FAn. No entanto, uma análise superficial dos dados existentes nos mostra que o acréscimo da taxa de remoção não é proporcional ao aumento do THD. Parece-nos razoável, em condições climáticas como as nossas, um THD de 06 a 12 horas para se obter uma redução em torno de 50%, em termos de DQO. Mas a formulação de uma correlação mais precisa só pode ser obtida a partir das análises de um número maior de dados, o que esperamos conseguir doravante.

Desenvolvimento do novo modelo de reator — O reator híbrido

Na década de 1970 surgiu um novo tipo de reator anaeróbico denominado de Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reator (UASBR), tendo seus sólidos biológicos em forma de suspensão e com fluxo de sentido ascendente, desenvolvido inicialmente por Lettinga e outros. Diferentemente do filtro anaeróbico de fluxo ascendente, o reator UASB não possui meio filtrante, reduzindo, assim, o custo inicial de implantação. A criação de campânulas superiores permitiria a separação dos gases e dos sólidos, e a estabilidade operacional seria dependente da formação de microorganismos granulares com boas características de sedimentação. Também, nesse tipo de reatores, devido à ausência de meio filtrante, ocorreria a evasão dos sólidos em suspensão com facilidade se não houvesse bom controle sobre alguns parâmetros operacionais.

Das constatações acima foi desenvolvido em anos recentes um novo modelo de reator anaeróbico, combinando as vantagens dos FAn e do UASBR. Este novo tipo de reator consiste de uma parte inferior vazia (30 ~ 60%) e uma parte superior com material filtrante. O novo tipo de reator recebeu a denominação de Reator Híbrido e associa diversas vantagens, tais como a redução de custo e maior capacidade de carga em relação ao filtro anaeróbico, estabilidade operacional e melhor retenção de sólidos, quando comparado ao reator UASB.

Relatos obtidos de várias instalações em escala real, tratando despejos industriais de diversos tipos (1,21), demonstram as qualidades acima citadas do reator tipo híbrido. Apesar de haver poucos relatos quanto à sua aplicação no tratamento de esgotos sanitários, tudo leva a crer que as ponderações feitas em relação ao filtro anaeróbico são aplicáveis ao reator híbrido, com as vantagens acima citadas. No caso da aplicação para o pós-tratamento do efluente do tanque séptico, aquele tipo de reator tem a vantagem de permitir a limpeza do meio filtrante, através da retirada do lodo pela parte inferior por meio de bombeamento. Tanto é que a nova Norma que trata do pós-tratamento dos efluentes dos tanques sépticos (em elaboração) contempla o uso do reator híbrido em substituição ao filtro anaeróbico descrito na antiga NBR 7229/82.

O sistema TS-FAn e os padrões existentes na Sabesp antes da revisão A concepção básica

Como já dissemos anteriormente, os conceitos amplamente difundidos acerca do sistema TS-FAn são de que aquele sistema é de baixo custo, tanto construtivo quanto operacional, e de que exige poucos cuidados operacionais. Quanto ao primeiro aspecto, demonstraremos mais adiante (item "Custo de implantação", a seguir) que tal não é por toda verdade. Apesar de ser difundido como de baixo custo inicial, o custo de implantação assim como o custo por unidade de carga orgânica removida não são tão baixos como se imagina. Quanto ao segundo aspecto, o de exigir poucos cuidados operacionais, a prática operacional tem demonstrado ser demasiadamente otimista. Não há dúvida de que contribuíram para difundir aquela idéia otimista as conclusões de diversos trabalhos (18, 13, 14) e notadamente a nossa NBR 7229-82 que não prevê qualquer dispositivo que permitisse a limpeza regular do filtro anaeróbico, unidade esta maior causadora de problemas operacionais, tais como a obstrução do meio filtrante.

A instalação do sistema TS-FAn nas comunidades de pequeno porte, onde a Sabesp não dispõe, normalmente, de empregados de dedicação exclusiva para o sistema de tratamento de esgotos, fez com que o

sistema implantado não fosse inspecionado regularmente e operado adequadamente. Além disso, os locais escolhidos para implantação não permitem, na maioria dos casos, fácil acesso do operador, refletindo, a nosso ver, a confusão de conceitos entre a simplicidade operacional e a não necessidade de operação por parte do responsável pela implantação.

O somatório dos fatores acima enumerados fez com que a maioria dos sistemas TS-FAn implantados até hoje tivessem seu funcionamento interrompido ou em precárias condições de operação, após um a três anos de funcionamento.

Outro aspecto relevante do ponto de vista sanitário e ambiental no sistema TS-FAn padrão implantado é em relação aos sólidos gerados no sistema. Na ausência, no sistema, de uma unidade para disposição dos lodos retirados dos tanques sépticos, os responsáveis pela limpeza têm lançado, freqüentemente, aqueles sólidos nos córregos adjacentes, anulando, em parte, a finalidade do tratamento de esgotos. O mesmo tem acontecido em relação às empresas de limpa-fossas contratadas pela Sabesp.

Outra característica do sistema TS-FAn adotado pela Sabesp é a ausência de facilidades para o devido acompanhamento do seu desempenho, tais como acesso para coleta de amostras nos pontos-chaves e medidor de vazão. Assim sendo, exceto nas instalações adaptadas posteriormente, são bastante escassos os dados acerca do comportamento e desempenho dos sistemas TS-FAn até hoje implantados.

O projeto tipo padrão

O levantamento realizado pela comissão formada pela ITP-IP detectou que os sistemas de TS-FAn utilizados há algum tempo, apesar de terem sofrido algumas revisões no projeto desde a sua fase inicial, mantiveram diversas deficiências que se refletem de vários modos na sua operação e manutenção, principalmente na unidade de filtro anaeróbio.

A unidade de filtro anaeróbio tem concentrado, na prática, a maioria dos problemas concernentes ao sistema de TS-FAn e a quase totalidade daqueles problemas se refere a obstruções do leito filtrante, causando o refluxo do esgoto a montante.

No projeto original de padrão de TS-FAn, foi levada em consideração — a nosso ver demasiadamente — a redução do custo de construção, através do emprego de materiais simples e da simplificação do processo construtivo. A adoção dos critérios acima refletiu, na prática, na ausência de dispositivos para limpeza periódica do filtro anaeróbio, na distribuição deficiente de esgoto pelo meio filtrante, na ausência de dispositivo de medição de vazão etc. No que se refere ao material e método construtivo, prevê-se a rápida deterioração de materiais como tijolos baianos empregados no fundo do filtro, paredes dos filtros com cobertura simples de asfalto ou argamassa simples sobre o talude, escavado sobre a terra, que sofre facilmente desmoronamento ou rachamento, além de permitir o ingresso da água do lençol externo para o filtro ou a sua contaminação, no caso inverso.

Quanto aos parâmetros para dimensionamento do sistema TS-FAn, o projeto padrão seguiu basicamente os recomendados pela NBR 7229/82, exceto no que diz respeito aos formatos das unidades e limites de aplicação. Para se ter idéia, a tabela 1 traz valores de volumes das unidades componentes do sistema TS-FAn de acordo com o número de LEs atendidas por aquele.

Por fim, o projeto padrão não deu a devida atenção ao aspecto operacional, não fazendo acompanhar, no seu projeto, um manual de operação/manutenção para a orientação dos responsáveis pela operação.

A operação do sistema TS-FAn

Como já dissemos anteriormente, a Sabesp instalou o sistema TS-FAn para atendimento de pequenas comunidades, como solução de baixo custo e de construção simples. Além disso, houve na sua adoção uma idéia inicial demasiadamente otimista quanto à sua operação e manutenção. Normalmente, as comunidades de pequeno porte operadas pela Sabesp não possuem quadro de empregados suficientes para dedicação exclusiva ao sistema de tratamento. Vice-versa, esta deficiência de pessoal tem justificado freqüentemente a escolha do sistema TS-FAn para o tratamento do esgoto da comunidade.

A deficiência acima, aliada à ausência de orientação para adequada operação e manutenção, além dos fatores enumerados no item "Os fatores determinantes no projeto do FAn", fez com que praticamente todos os sistemas TS-FAn implantados se tornassem inoperantes após um a três anos de funcionamento, causando, não raras vezes, fortes protestos da população vizinha ao local e, em alguns casos, motivando a proposição de ação civil pública por danos ao meio ambiente, por parte da Curadoria do Meio Ambiente.

A operação e a manutenção do sistema TS-FAn não são em princípio complexas. No tanque séptico basta realizar, de tempo em tempo, a retirada do lodo e espuma acumulados. No filtro anaeróbio é também necessário proceder-se a uma limpeza do meio filtrante, usualmente via lavagem por contrafluxo. Na prática, porém, são várias as dificuldades encontradas para a execução daquelas tarefas.

No tanque séptico, devido à ausência de orientação, não há qualquer registro quanto à altura de lodo acumulado nos respectivos sepsitos, o que serviria, em princípio, para determinação dos intervalos de limpeza.

Isto fez com que, na maioria dos tanques sépticos, aquela limpeza fosse deixada apenas para quando houvesse problemas mais graves. Isto fez com que os sólidos depositados no fundo formassem camadas razoavelmente rígidas, de difícil remoção por equipamentos convencionais, tal como a bomba de drenagem submersa. Quando da operação de limpeza, é comum retirar-se o máximo possível de sólidos, uma vez que não há como avaliar o volume necessário de lodo a ser mantido no processo e nem há orientação nesse sentido. O lodo retirado, por sua vez, é freqüentemente lançado no córrego adjacente, pois o sistema não inclui unidade para recebimento do lodo.

Nas nossas inspeções, constatamos pouca formação de camadas flutuantes de sólidos (as escumas) no interior do tanque séptico. Isto pode ser atribuído à ineficácia do dispositivo de saída, que permite a passagem de sólidos junto ao efluente, principalmente por ocasião de chuvas, quando aumenta a vazão e velocidade do líquido na proximidade do dispositivo de saída. Não há dúvida de que este fato tem auxiliado na redução da vida útil do filtro anaeróbio a jusante.

No filtro anaeróbio, o problema de limpeza é muito maior. Isto porque, para remover os sólidos retidos no meio filtrante, a melhor prática é a drenagem do líquido pelo fundo, procedendo-se à aspersão da água na superfície do filtro, drenando-a novamente. No entanto, o projeto padrão não permite tal drenagem. Assim, o que se faz na prática, ao ocorrer a obstrução do meio filtrante, é tentar-se a lavagem, através da água pressurizada, no mesmo sentido do fluxo normal, introduzindo o bocal da mangueira nas respectivas tubulações condutoras de esgoto para canaletas de fundo. Este procedimento, evidentemente, não remove satisfatoriamente os sólidos do leito filtrante. A prova disso é que dentro de curto tempo (algumas semanas) o filtro volta a apresentar o problema de obstrução. Em alguns casos verificados, além disso,

foi constatada a desuniformidade no material filtrante, reduzindo o espaço vazio entre o leito, agravando o problema de obstrução.

Custo de implantação

No decorrer do nosso trabalho sobre o sistema TS-FAn, tornou-se imperativo proceder a um levantamento dos custos dos sistemas implantados até hoje. Este levantamento foi realizado junto à Superintendência Regional de Presidente Prudente, onde se encontra o maior número de sistemas TS-FAn implantados. Na verdade, a apuração do valor preciso dispendido na obra inclui, em alguns casos, complementações (aditamentos) ao valor inicialmente estimulado. Mas, para efeito de estimativas iniciais aproximadas, considerou-se o valor total como sendo referente ao mês base (10), expresso em termos de dólar oficial (na época). A tabela a seguir apresenta os dados tabulados.

Para efeitos de cálculo, foi considerado o número de cinco habitantes por LE, com a contribuição orgânica per capita de 40g DBO/dia e remoção global de 70% daquela carga. Considerando a vida útil média (otimista) de cinco anos (como, por exemplo, na região de Presidente Prudente), percebe-se a importância de se ter um projeto bem elaborado daquele sistema.

Custo real de remoção de poluentes e a necessidade de formulação de um parâmetro global

A coluna 9 da Tabela 2 apresentada traz provavelmente uma surpresa para aqueles que acreditam na solução de tratamento de esgoto sanitário de baixo custo, através do sistema TS-FAn. Apenas para efeito de simples comparação, a ETE a Lodo Ativado por Batelada recentemente construída em Quatá (12.000 hab.) custou cerca de 25 dólares/pessoa, já incluindo ali os custos da casa de operadores, sistema de secagem de lodo e proteção do leito do córrego por gabião etc. É evidente que esta comparação é bastante simplista, uma vez que não leva em consideração o custo de operação, o fator de escala, nem a capacidade de remoção de diversos poluentes de dois processos. É sobre este último aspecto que pretendemos focar a discussão.

Quando se discute o custo de um processo em relação ao outro é praxe, entre nós, focar apenas o aspecto de custos aparentes relativos à implantação e à operação ao longo da vida útil prevista dos processos em questão e cotejá-los, extraíndo-se daí as conclusões. Raramente se discute a capacidade real de remoção dos poluentes de diversos processos distintos.

Referimo-nos como *custo aparente* porque o que deve ser levado em consideração é o custo real de remoção, ou seja, o custo por unidade de massa de poluente realmente removido do esgoto, como está apresentado na coluna 08 da tabela 02. No exemplo acima de Quatá, se considerarmos a remoção de DBO do LAB em 95%, o custo unitário para remoção (no caso referente apenas ao custo de implantação) é cerca de 658 dólares/kg de DBO removido. Ou seja, entre 15% a 59% do custo do sistema TS-FAn. A ausência de informações do custo real de remoção como acima mencionado pode conduzir à seleção de uma alternativa aparentemente de menor custo, mas de custo real de remoção maior no cotejamento das alternativas distintas. A ausência da análise de custo real, como acima citado, pressupõe que os processos em comparação são equivalentes em termos de desempenho na remoção dos diversos poluentes, o que não é verdade na maioria dos casos. Mas não é só isso. No que foi discutido até aqui, utilizou-se o parâmetro DBO como indicador principal da intensidade de polui-

ção. E, como se sabe, no meio técnico do Brasil ainda pouco se avalia sobre outros parâmetros de poluição, quando se discute o tratamento de esgotos, principalmente quando se trata de esgoto sanitário. Este direcionamento do parâmetro de poluição em torno apenas de DBO de cinco dias a 20°C, cujo significado real como parâmetro de poluição hídrica é de certo modo bastante restrito (06) tem sido frequentemente a causa principal da seleção de alternativas inadequadas para o tratamento.

Sabemos hoje que para a proteção dos recursos hídricos de nossos mananciais superficiais não basta aquela visão unidirecional de tratamento. É necessário ampliar aquela visão, englobando outros parâmetros importantes tanto do ponto de vista sanitário quanto de meio ambiente. A avaliação do custo de remoção deve-se-ia realizar sobre aquele parâmetro global e, daí, chegar à escolha de alternativa mais econômica.

A formulação daquele parâmetro deve ser feita atribuindo-se pesos relativos a cada um dos poluentes. Estes pesos devem variar de acordo com o grau de necessidade de proteção do corpo receptor do local ou região onde está sendo projetado o sistema de tratamento de esgotos. Por exemplo, na região onde o corpo receptor é a represa de captação para abastecimento público, os parâmetros nitrogênio e fósforo (N e P) teriam pesos maiores em relação a outros locais com menor necessidade de remoção daqueles poluentes. Através da soma dos produtos dos pesos com os respectivos desempenhos esperados para cada um dos poluentes, obtém-se um número ponderado para cada tipo de tratamento. Como exemplo, se houvesse quatro alternativas distintas de tratamento para um determinado local, com respectivos pesos atribuídos a alguns parâmetros selecionados e custos totais, apresentamos a Tabela 3.

A análise do quadro demonstra que o custo unitário real para remoção de poluentes aponta a alternativa 1 como a de menor custo, apesar de o custo aparente total estimado indicar exatamente o inverso. Evidentemente, o quadro acima foi bastante simplificado para efeito ilustrativo. O que se procurou demonstrar é que, à luz de análise do custo real de remoção dos poluentes, os resultados são bastante distintos daqueles obtidos pela simples comparação dos custos aparentes. E somente através deste tipo de análise é possível chegar à definição de uma alternativa mais econômica e que realmente contribua para a despoluição dos nossos recursos hídricos.

CONCLUSÃO

O sistema TS-FAn, utilizado amplamente pela Sabesp para atendimento das pequenas comunidades, tem suscitado problemas de diversas ordens. Uma análise mais cuidadosa daqueles sistemas nos conduz à necessidade de uma revisão tanto do conceito quanto do projeto e operação dos mesmos. A implantação daquele tem sido sustentada quase exclusivamente do ponto de vista de menor custo de implantação e de fácil manutenção, aspectos estes nem sempre corroborados na prática. Para análise do custo real de implantação, torna-se necessária a adoção de um novo parâmetro, de maior abrangência.

Na segunda parte deste artigo, será apresentado um novo tipo de TS-FAn, já incorporando diversas melhorias consideradas importantes.

Referências Bibliográficas

1 — Carter, J.L. Bills, R e Younger, B. — "Using an anaerobic filter to treat soft-drink bottling wastewater" — *Water Environment and Technology* — junho/1992;

- 2 — Chiang, C.F. e Dague, R.R. — “Effects of reactor configuration and biomass activity on the performance of upflow static media anaerobic reactors” — *Water Environment Research*, vol. 64, n° 02, março/abril-1992;
- 3* — Fiebig, R. e Dellweg, H. — “Comparison between the process performance of an UASB-Reactor and an UASB-fixed film-combination with an acetic and enrichment culture” — *Biotechnology Letters*, vol. 07, n° 07, pp. 487-492 (1985);
- 4 — Genung, R.K., Donaldson, T.L. e Reed, G.D. — “Pilot scale development of anaerobic filter technology for municipal wastewater treatment” — *Proceeding of the Seminar/Workshop Anaerobic Treatment of Sewage* — Armhest, MA, USA — 1985;
- 5 — Guiot, S.R. e van den Berg, L. — “Performance and Biomass retention of an upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and a filter” — *Biotechnology Letters*, vol. 06, n° 03, pp. 161-164 (1984);
- 6 — Kamiyama, H. — “A complexidade do DBO” — *Revista DAE*, vol. 48, n° 152, julho/set-1988;
- 7 — Khan, K.A., Suidan, M.T. e Cross, W.H. — “Role of surface active media in anaerobic filters” — *Journal of the Environmental Engineering Division*, ASCE, vol. 108, n° EE 2, abril/1982;
- 8 — Koojimans, J.L., Lettinga, G. e Parra, G.R. — “The “UASB” process for domestic wastewater treatment in developing countries” — *Journal of the Institution of Water Engineers Scientists*, vol. 08, n° 04, agosto/1984;
- 9 — NBR 7229 — março/1982 — Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais;
- 10 — Oleszkiewicz, J.A. e Koziarski, S. — “Low temperature anaerobic biofiltration in upflow reactors” — *Journal WPCF*, vol. 54, n° 11, nov/1982;
- 11 — Pretorius, W.A. — “Anaerobic digestion of raw sewage” — *Water Research*, vol. 05, pp. 681-687, 1971;
- 12 — Rittmann, B.E., Strubler, C.E. e Ruzicka, T. — “Anaerobic-Filter pretreatment kinetics” — *Journal of Environment Engineering Division*, ASCE, vol. 108, n° EE 5, out/1982;
- 13 — Roman, V. e Chakladar, N. — “Upflow filters for septic tank effluents” — *Journal WPCF*, vol. 44, n° 08, agosto/1972;
- 14 — Sobrinho, P.A. e Vieira, S.M.M. — “Resultados de operação e recomendações para o projeto de sistema de decanto-digestor e filtro anaeróbico para o tratamento de esgotos sanitários” — *Revista DAE*, n° 135, dez/1985;
- 15 — Song, K.H. e Young, J.C. — “Media design factors for fixed bed filters” — *Journal WPCF*, vol. 58, 115 — 1986;
- 16 — Wilkie, A. e Colleran, E. — “Start-up of anaerobic filters containing different support materials using pig slurry supernatant” — *Biotechnology Letters*, vol. 06, n° 11, pp. 735-740 — 1984;
- 17 — Witherow, J.L., Coulter, J.B. e Ettinger, M.B. — “Anaerobic contact processes for treatment of suburban sewage” — *Journal of the Sanitary Engineering Division*, ASCE, vol. 84, n° SA 6, nov/1958;
- 18 — Young, J.C. e McCarty, P.L. — “The anaerobic filter for waste treatment” — *Journal WPCF*, vol. 41, n° 05, part 02, maio/1969;
- 19 — Young, J.C. e Yang, B.S. — “Design Consideration for full-scale anaerobic filters” — *Journal WPCF*, vol. 61, n° 09, set/1989;
- 20 — Young, H.W. e Young, J.C. — “Hydraulic characteristics of upflow anaerobic filters” — *Journal of Environment Engineering*, vol. 114, n° 03, junho/1988;
- 21 — Young, J.C. e Young, H.W. — “Full-scale treatment of chemical process wastes using anaerobic filters” — *Research Journal WPCF*, vol. 63, n° 02, mar/abril-1991.

Tabela 1
Volumes

Lig.	Vol. (m3)	
	TS	FAn
25	23,53	15,62
50	45,77	30,56
75	66,32	45,39
100	87,87	60,90
125	110,99	75,54
150	133,11	90,41
200	176,00	125,00

Figura 1
Tanque séptico (TS) e filtro anaeróbio (FAn)

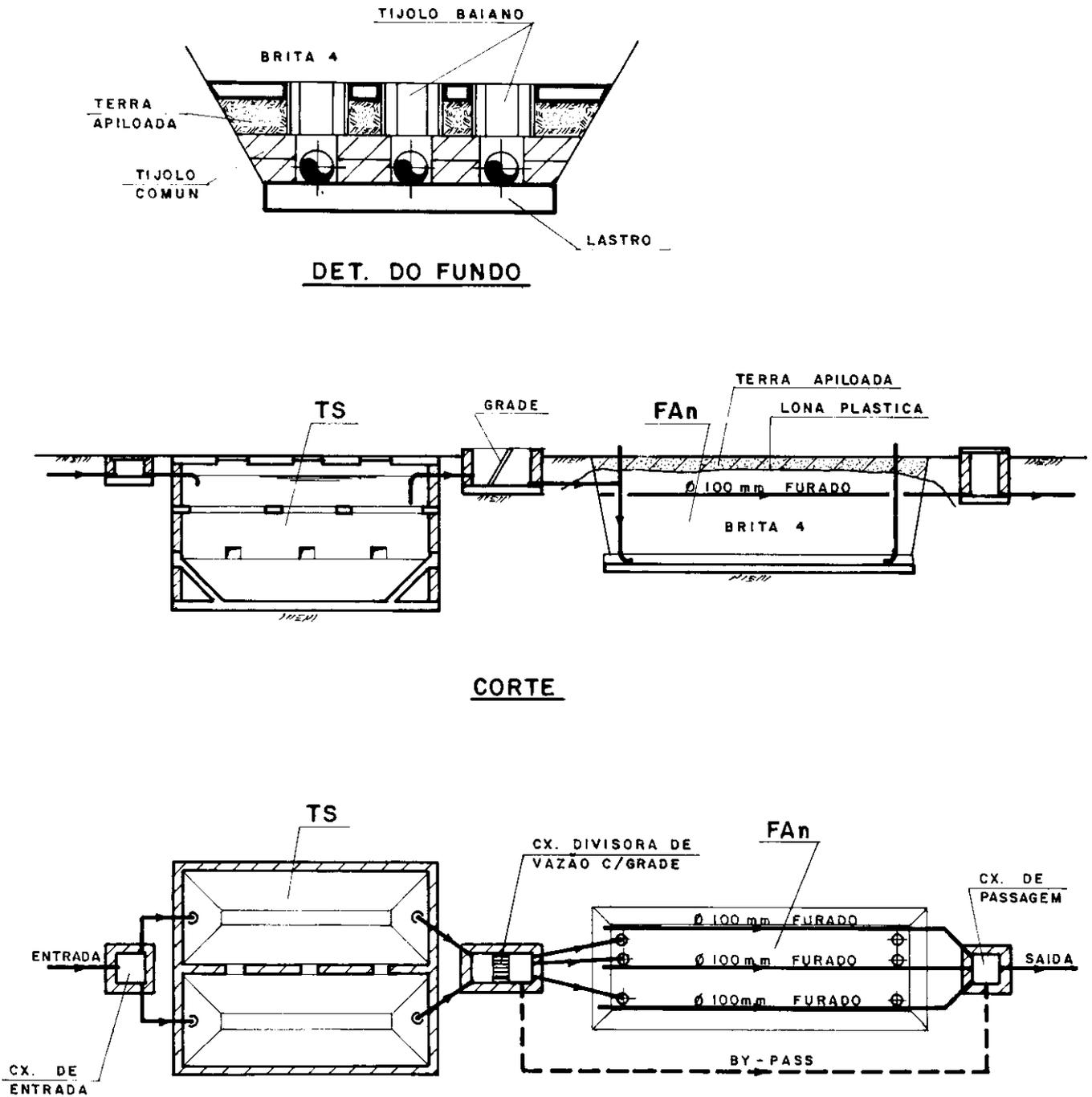


Tabela 2
Custos de implantação de alguns sistemas TS-FAn

local	valor final em NCz	mês de lo	valor de dólar no lo	custo final em dólar	capac. de trat. em LE (*)	custo por LE em dólar	custo/kg DBO rem. em US\$ (**)	custo por hab. em dólar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Piquerobi	1.061.902.00	jan/87	16.537	64.214	2x100	321	2.293	64
Narandiba	820.262.00	jan/87	16.537	49.602	2x100	248	1.772	50
Caiabu (sede)	594.502.00	jan/87	16.537	35.950	1x100	359	2.568	72
Caiabu (bairro)	737.689.00	jan/87	16.537	44.609	1x100	446	3.186	89
Sta. Mercedes	1.155.029.00	jan/87	16.537	69.845	2x150	233	1.663	47
Flora Rica	431.461.00	fev/86	13.840	31.175	2x100	156	1.113	31
Rib. do Índio	571.171.00	fev/86	13.840	41.269	1x100	413	2.948	83
Sagres	224.100.00	fev/86	13.840	16.192	1x100	162	1.157	32
O. Bressane	759.463.00	jan/87	16.537	45.925	2x150	153	1.093	31
Lutécia	1.178.180.50	jan/87	16.537	71.246	2x100	356	2.544	71
G. Monteiro	4.061.235.14	maio/87	33.996	119.462	2x100	597	4.266	119
Piacatu	2.295.493,62	maio/87	33.996	67.522	2x100	338	2.411	68
Pedrinhas I	880.009,71	jun/87	43.376	20.288	1x100	203	1.448	41
Pedrinhas II	1.107.654,47	jun/87	43.376	25.536	1x100	255	1.824	51
Platina	2.260.251,99	set/87	51.282	44.075	1x100	440	3.148	88

(*) 1 LE = 5 pessoas, 40 gDBO/dxhab.

(**) remoção considerada do sistema: 70%

Tabela3

Parâmetro	Peso	altern. 1 (kg rem.)	altern. 2 (kg rem.)	altern. 3 (kg rem.)	altern. 4 (kg rem.)
DBO	9	95	70	80	75
DQO	10	90	60	70	70
N	6	8	4	7	7
P	6	2	1	2	2
SNF	8	80	60	70	50
Soma dos Produtos		2.455	1.748	2.034	1.829
Custo Total Estimado (US\$)		80.000	60.000	70.000	70.000
Custo por kg ponderado		32,60	34,30	34,40	38,30