



DESENVOLVIMENTO DE SEPARADORES TRIFÁSICOS MODULARES PARA REATORES UASB TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO

Thiago Bressani Ribeiro ⁽¹⁾

Técnico em Agropecuária pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Engenheiro Ambiental pela Universidade Fumec e Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutorando em Engenharia Sanitária por Ghent University e UFMG (cotutela). Atua principalmente na linha de pesquisa em digestão anaeróbia e técnicas de pós-tratamento de efluentes de reatores UASB.

Ayana Lemos Emrich ⁽²⁾

Engenheira Ambiental e mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

Juliana Mattos Bohrer Santos ⁽³⁾

Engenheira Ambiental e doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

Kassandra Isabella Helouise Mingoti Poague ⁽⁴⁾

Engenheira Ambiental e mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo ⁽⁵⁾

Professor titular da UFMG e pesquisador nível 1A do CNPq.

Endereço ⁽¹⁾: Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, Belo Horizonte – MG – CEP – 31270-901 – Escola de Engenharia – 4º andar – SI 4400 – Brasil - Tel: +55 (31) 3409-1946 - e-mail: thiago.bressani@hotmail.com

RESUMO

O desempenho de reatores UASB tratando esgoto sanitário está intimamente relacionado ao adequado dimensionamento da estrutura de separação trifásica. Os separadores trifásicos (STF) têm a função de separar as fases gasosa, sólida e líquida, de forma a garantir condições para: *i*) a sedimentação das partículas que se desprendem da manta de lodo; *ii*) a coleta dos gases formados durante a digestão anaeróbia da matéria orgânica; e *iii*) a coleta do efluente líquido tratado. No entanto, devido a ausência ou ineficiência de dispositivos de remoção de espuma no interior dos STF, pode ocorrer o espessamento e solidificação desse material. Nesse contexto, a camada de espuma pode bloquear a passagem de biogás, resultando na perda de potencial energético e, eventualmente, ocasionando a ruptura do STF e colapso do sistema. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um STF que contribui para a solução de vários problemas operacionais de reatores UASB no Brasil, notadamente: *i*) o adequado gerenciamento da formação e remoção de espuma; *ii*) a coleta eficiente do biogás; *iii*) a adequada coleta do efluente líquido tratado, evitando o desprendimento de gases residuais e a ocorrência de curtos-circuitos hidráulicos.

PALAVRAS-CHAVE: reator anaeróbio, coleta de biogás, remoção de espuma

INTRODUÇÃO

A tecnologia anaeróbia tem se consolidado como uma importante alternativa de tratamento de esgoto sanitário, sobretudo em países em desenvolvimento (CHERNICHARO *et al.*, 2015). Nesse sentido, destacam-se os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo - UASB, por sua simplicidade operacional associada ao bom desempenho para a remoção de matéria orgânica, baixa produção de lodo e possibilidade de aproveitamento energético do biogás formado durante o processo de tratamento.

Em projetos de reatores UASB, o adequado dimensionamento da estrutura de separação trifásica assume fundamental importância para o desempenho da estação de tratamento de esgoto (ETE). Este dispositivo é responsável pela separação de gases, sólidos e líquido, garantindo condições para: *i*) a sedimentação das partículas que se desprendem da manta de lodo, de forma que as mesmas retornem à câmara de digestão; *ii*) a coleta dos gases produzidos durante a digestão anaeróbia da matéria orgânica; e *iii*) a coleta do efluente líquido tratado.

As dimensões do separador trifásico (STF) devem permitir que o lodo que atinge o compartimento de decantação de reatores UASB possa retornar adequadamente para o compartimento de digestão. Tais

A validação operacional do *Separador Étsus 1000* contempla duas etapas, a saber: *i*) execução de testes preliminares em um primeiro protótipo implantado no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento UFMG/COPASA (CePTS), em Belo Horizonte – MG. Esta primeira etapa contempla o desenvolvimento das atividades previstas entre os tópicos 1 e 3 anteriormente caracterizados, de forma a verificar eventuais possibilidades de melhorias preliminarmente à consecução das etapas 4 a 6; e *ii*) monitoramento operacional do *Separador Étsus 1000* a ser implantado na “ETE Sustentável” (vide item 6).

A operação do primeiro protótipo do *Separador Étsus 1000* ocorreu em um reator UASB em escala de demonstração (volume útil: 16,8 m³) implantado no CePTS. Especificamente em relação ao gerenciamento da formação e remoção de espuma, foram testadas diferentes condições operacionais associadas ao mecanismo de remoção hidrostática, a saber:

- i*) frequência de descarte;
- ii*) grau de abertura da válvula da tubulação de descarte;
- iii*) tempo de descarte; e
- iv*) nível da interface espuma/biogás em relação à borda da canaleta de descarte de espuma.

Complementarmente, avaliou-se a possibilidade de adensamento da espuma removida e retorno da fração clarificada ao reator UASB. Para tanto, avaliou-se os teores de Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Óleos e Graxas (O&G) da fração clarificada. Adicionalmente foi avaliada a biodegradabilidade anaeróbia da fração sobrenadante.

A qualidade do efluente tratado foi monitorada durante 160 dias, contemplando amostras efetuadas duas vezes por semana, de acordo com os seguintes parâmetros: DQO, Sólidos em Suspensão Total (SST) e Sólidos Sedimentáveis (SSed). As análises laboratoriais foram realizadas segundo APHA, 2012.

Os resultados e discussão a seguir apresentados contemplam o desenvolvimento das etapas 1, 2, 3, bem como a implantação e operação do primeiro protótipo do Separador Étsus 1000 (vide etapa 7).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *Separador Étsus 1000* foi confeccionado em fibra de vidro a partir das seguintes dimensões padronizadas:

- Altura adotada para a aba inclinada do *Separador Étsus 1000* (STF_H):
STF_H = 1,3 m
- Altura adotada para a aba vertical do *Separador Étsus 1000* (STF_V):
STF_V = 0,4 m
- Ângulo adotado para a aba inclinada do *Separador Étsus 1000* (STF_S):
STF_S = 53,8°
- Largura da aba inclinada do *Separador Étsus 1000* (STF_W):
STF_W = STF_H / tan (STF_S) = 1,3 m / tan (53,8°) = 0,95 m
- Largura adotada da canaleta de remoção de espuma no interior do *Separador Étsus 1000* (L_{canaleta}):
L_{canaleta} = 0,15 m
- Largura livre adotada entre a canaleta de remoção de espuma e a aba vertical do *Separador Étsus 1000* (L_{livre}):
L_{livre} = 0,25 m
- Largura da câmara de gás do *Separador Étsus 1000* (L_{gás}):
L_{gás} = L_{canaleta} + L_{livre} = 0,15 m + 0,25 m = 0,40 m
- Largura adotada para a abertura entre dois *Separadores Étsus 1000* contíguos (STF_{abertura}):
STF_{abertura} = 0,70 m

Dessa forma, a distância padronizada entre o eixo central de dois módulos contíguos de *Separadores Étsus 1000* seria equivalente a 3,0 m. Na Figura 1 é demonstrada uma representação esquemática do equipamento.

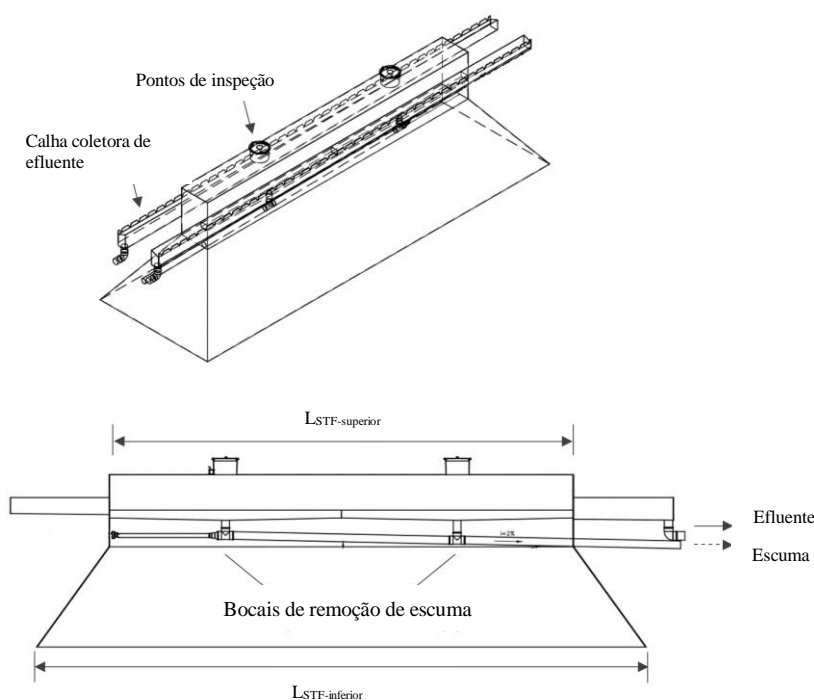


Figura 1: Representação esquemática do Separador Étsus 1000

A partir da definição das dimensões padronizadas do *Separador Étsus 1000*, diferentes modelos são propostos em função de seu comprimento ($L_{STF-superior}$ e $L_{STF-inferior}$ identificados na Figura 1). Portanto, o reator UASB seria projetado considerando diferentes modelos do *Separador Étsus 1000*. Na Tabela 1 apresenta-se a proposta de modulação elaborada. Na prática, os três modelos propostos têm a capacidade de serem aplicados a reatores UASB projetados para qualquer equivalente populacional (ETEs de pequeno, médio e grande porte).

Tabela 1 – Modulação proposta para o Separador Étsus 1000

Modelo de <i>Separador Étsus 1000</i>	Número de bocais de remoção de espuma ^a	Comprimento do STF (parte superior) ^b $L_{STF-superior}$ (m)	Comprimento do STF (parte inferior) ^b $L_{STF-inferior}$ (m)
1	1	3	4,9
2	2	3 – 6	4,9 – 7,9
3	3	6 – 9	7,9 – 10,9

^aO comprimento da canaleta de remoção de espuma deve ser o mesmo do $L_{STF-superior}$, todavia com divisões convergentes para os bocais de remoção de espuma (vide Figura 1).

^b Os valores entre os limites da faixa podem ser incrementados a cada 0,5 m até o limite superior da faixa.

O dispositivo para remoção hidrostática de espuma incorporado ao *Separador Étsus 1000* demonstrou eficiências de remoção entre 75% e 90%. As melhores condições operacionais foram obtidas para a rotina de descarte com frequência de 5 dias e nível da interface espuma/biogás entre 2 e 5 cm abaixo da borda da canaleta de coleta do efluente tratado. Ressalta-se que tal frequência de descarte impede que a camada de espuma acumulada no interior do STF se adense e solidifique, impedindo a sua remoção no estado fluido.

Especificamente em relação à avaliação da etapa de adensamento da espuma removida, notou-se que a fração clarificada apresentou concentrações medianas de ST, STV, DQO, DBO e O&G nas faixas usuais associadas ao esgoto bruto, o que viabiliza o seu retorno para o reator UASB. A fração sobrenadante de espuma apresentou baixas taxas de produção de metano (aproximadamente 150 mL CH_4 .gSTV⁻¹) (DÍAZ FLÓREZ, 2016). Devido ao reduzido volume da fração sobrenadante, aproximadamente 5% do volume de espuma

removido do reator UASB, esta poderia ter a mesma destinação final a ser dada ao lodo de excesso removido dos reatores anaeróbios.

Em relação ao monitoramento do efluente tratado, foram observadas eficiências medianas de remoção de DQO e SST de aproximadamente 76 e 84%, respectivamente, correspondentes a concentrações medianas efluentes de 139 e 56 mg/L de DQO e SST, respectivamente. A concentração de Ssed esteve sistematicamente abaixo de 1,0 ml/L ao longo do período operacional. Durante os testes do primeiro protótipo do *Separador Étsus 1000*, o reator UASB foi operado com uma massa de lodo 20% superior à massa mínima recomendada para a digestão da carga orgânica afluyente. Estes resultados atestam a qualidade do primeiro protótipo do *Separador Étsus 1000*.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do *Separador Étsus 1000* traz diversas vantagens para o setor de saneamento nacional, especificamente associadas ao projeto, construção e operação de reatores UASB, nomeadamente:

- Disponibilização, para projetistas e construtores, de estrutura modular de separação trifásica que incorpora aspectos de leveza, resistência, estanqueidade e facilidade de transporte e instalação.
- Garantia de uma eficiente retenção de sólidos gerados no processo de tratamento de esgoto, com impactos diretos sobre o aumento da idade do lodo e melhoria de desempenho e da qualidade do efluente final.
- Simplificação e redução de custos de toda a linha de coleta de gases, contribuindo diretamente com a melhoria dos aspectos de segurança, de pressurização interna do compartimento de gases, de recuperação do biogás produzido no processo, e de redução substancial das emissões odorantes e de gases de efeito estufa.
- Incorporação de sistema de remoção da espuma que se acumula no interior do STF, incluindo escotilha de visualização da espuma com janela de vidro, contribuindo diretamente para a melhoria de aspectos operacionais dos reatores UASB e de redução/eliminação de emissões odorantes e de perdas de biogás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods For de Examination of Water and Wastewater. 22 TH ed. Whashington: American Public Health Association, 2012.
2. BRESSANI-RIBEIRO, T., CHERNICHARO, C. A. L., LOBATO, L. C. S., NEVES, P. N. P. Design of UASB reactors for sewage treatment. In: Anaerobic reactors for sewage treatment: design, construction, and operation. Chernicharo, C.A.L., Bressani-Ribeiro, T. (Eds.). IWA Publishing, London, 2019.
3. CHERNICHARO, C. A. L., VAN LIER J. B., NOYOLA A., BRESSANI-RIBEIRO T.; Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges. *Environmental Science Biotechnology*, 14(4), 649-679, 2015.
4. DÍAZ FLÓREZ, C. A.; *Avaliação de protocolos de descarte e desidratação da espuma acumulada no interior de separadores trifásicos de reatores UASB*. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Belo Horizonte, 2016.
5. ROSA, A. P.; *Aproveitamento de biogás e lodo excedente de reatores UASB como fonte de energia renovável em Estações de Tratamento de Esgoto*. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Belo Horizonte, 2013.
6. SANTOS, A. V.; *Remoção, tratamento e valoração de espuma proveniente de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto doméstico*. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Belo Horizonte, 2014.