

II-021 - REDUÇÃO DE ESCUMA EM REATORES UASB PELA INTRODUÇÃO DE ENZIMAS NO ESGOTO AFLUENTE

Juliana Lemos Soares⁽¹⁾

Engenheira de Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Universidade Federal Fluminense. Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEA/UFRJ).

Isaac Volschan Junior⁽²⁾

Doutor em Engenharia de Produção, Engenheiro Civil e Sanitarista. Professor Titular do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Melissa Limoeiro Estrada Gutarra⁽³⁾

Doutora em Ciências de Alimentos, Professora Adjunta do Depto de Engenharia Bioquímica da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Magali Christe Cammarota⁽⁴⁾

Doutora em Bioquímica, Engenheira Química. Professora titular do Depto de Engenharia Bioquímica da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Martins Ferreira, 1240 – São Miguel – São Gonçalo - RJ - CEP: 24445-710 - Brasil - Tel: (21) 98822-7816 - e-mail: juliana.lemos@poli.ufrj.br

Endereço⁽²⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Bloco D - Cidade Universitária - Rio de Janeiro – RJ e-mail: volschan@poli.ufrj.br

Endereço⁽³⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Bloco E - Cidade Universitária - Rio de Janeiro – RJ e-mail: gutarra@gmail.com

Endereço⁽⁴⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Bloco E - Cidade Universitária - Rio de Janeiro – RJ e-mail: christe@eq.ufrj.br

RESUMO

Os reatores UASB (Upflow anaerobic sludge blanket) são muito utilizados no tratamento de efluentes por combinarem baixos custos de operação e boa eficiência de remoção de matéria orgânica carbonácea. Entretanto, estes possuem algumas desvantagens e uma destas é o acúmulo de espuma em seu topo, que pode, por exemplo, atrapalhar a saída do biogás e interferir na qualidade final do efluente. A espuma é constituída principalmente de materiais com pouca densidade, como particulados, cabelo e gordura, possui aspecto pegajoso e sua composição e acúmulo são variáveis. Por ocasionar problemas na operação do reator esta precisa de mecanismos que impeçam sua formação, acúmulo ou que possibilitem a sua remoção. O presente trabalho avaliou a aplicação de extratos enzimáticos contendo lipases que hidrolisam a gordura contida no efluente, reduzindo diretamente a concentração de O&G (óleos e graxas), como alternativa para resolver a questão apresentada. A aplicação foi realizada utilizando a fermentação em estado sólido (FES) para produzir enzimas a partir do fungo *Aspergillus terreus* e assim foi produzido o preparado enzimático sólido (PES). Do PES foi obtido o extrato enzimático que foi adicionado ao afluente de um dos reatores UASB utilizados no estudo, sendo o outro operado sem enzimas e sob as mesmas condições. Foram feitas análises da demanda química de oxigênio (DQO) que mostraram uma boa adaptação dos microrganismos à adição de enzimas e análises de ácidos voláteis totais (AVT) e alcalinidade que mostraram uma boa relação mesmo quando foram produzidos mais AVT no Reator UASB 1, com enzimas. A aplicação das enzimas possibilitou resultados de O&G menores no Reator UASB 1, sendo 1.321 mg/L contra 2.496 mg/L no Reator UASB 2, na primeira remoção da espuma, e 877mg/L contra 1.527 mg/L respectivamente, na segunda remoção

PALAVRAS-CHAVE: Reator UASB, remoção de espuma, esgoto doméstico, lipases, hidrólise enzimática.

INTRODUÇÃO

Reatores do tipo UASB (upflow anaerobic sludge blanket) são reatores biológicos anaeróbios muito eficientes na remoção de matéria orgânica de efluentes domésticos e industriais, e econômicos, por tratarem grandes volumes de efluentes em um curto período de tempo (LETTINGA et al., 1980). Nestes reatores, uma

população microbiana diversa atua na transformação dos compostos orgânicos biodegradáveis em subprodutos, que se apresentam na forma sólida (lodo biológico), líquida (águas e sais minerais - efluente tratado) ou gasosa (biogás) (CHERNICHARO, 2016).

Quando empregados no tratamento de águas residuárias contendo gordura e outros materiais de baixa densidade, ocorre a formação de espuma, uma camada de materiais flutuantes que acumula na superfície líquida do compartimento de decantação e do interior do separador trifásico (PEREIRA, 2007; SOUZA, 2006). A composição da espuma e a quantidade formada dependem da composição do esgoto afluente, da hidrodinâmica no interior do reator UASB e do sistema preliminar de tratamento (ROSS et al., 2016).

Para evitar o acúmulo de espuma, que dificulta a operação e prejudica a eficiência dos reatores, estudam-se diversos métodos de remoção, sendo um destes a aplicação de enzimas. A aplicação de enzimas permite o tratamento específico de compostos recalcitrantes, tornando-os mais biodegradáveis (DUARTE, 2013). Aplicadas no tratamento de efluentes as enzimas podem agir na gordura, material de destaque dessa camada, porém precisa apresentar custos reduzidos para viabilizar essa aplicação.

A utilização de preparados enzimáticos de menor custo, em comparação a enzimas comerciais, utilizando produção por fermentação em estado sólido, já se mostrou tecnicamente viável no tratamento de águas residuárias com elevado teor de gordura. Sua aplicação tem sido averiguada em associação com processos biológicos anaeróbios no tratamento de efluentes industriais (CAMMAROTA et al., 2013). Esgotos domésticos, apesar de conterem menor concentração de gordura que efluentes industriais, também apresentam o problema da formação de espuma na operação em longo prazo de reatores anaeróbios.

Dessa forma, este trabalho procurou avaliar os efeitos da aplicação de enzimas sobre o acúmulo de espuma no topo de reatores UASB, tratando efluente doméstico, através da adição de extrato enzimático contendo lipases junto à alimentação. Para isso, foram utilizados dois reatores UASB de bancada idênticos operados em duas fases:

- Fase 1: os reatores do tipo UASB, denominados Reator UASB 1 e Reator UASB 2, foram submetidos as mesmas condições operacionais e sem adição de extrato enzimático aos esgotos afluentes;
- Fase 2: embora submetidos às mesmas condições operacionais, somente junto ao ponto de alimentação do Reator UASB 1 foi adicionado o extrato enzimático. Essa segunda fase experimental foi dividida em dois períodos, idênticos sob o ponto de vista das condições operacionais submetidas aos reatores, porém, divididos pela interrupção da operação e limpeza completa de ambos os reatores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dois reatores UASB de bancada (1,4 L) foram operados simultaneamente com TDH 10 h, em sala climatizada a 30°C, e alimentação com esgoto doméstico sintético contendo carboidratos, lipídios, proteínas e sais. No início da operação foi observado que o acúmulo de espuma estava muito lento e com intuito de impulsionar esse acúmulo foi realizada uma suplementação da alimentação, utilizando maior quantidade de lipídios.

O acúmulo mais lento acredita-se ser devido à condução do processo em bancada com efluente sintético, isento de pequenas partículas sólidas, presentes normalmente no esgoto doméstico, tais como materiais, plásticos, têxteis, ferrosos, cabelos e produtos de borracha (SOUZA, 2006). A alimentação principal foi realizada com o efluente sintético considerando uma concentração de 170mg/L de O&G mediante uma vazão de 0,14L/h durante 22h. Nas duas horas restantes era realizada a suplementação com o mesmo efluente sintético contendo uma concentração de O&G em torno de 500mg/L mediante uma vazão de 0,2L/h. A fração de lipídios foi composta com óleo de soja e a demanda química de oxigênio (DQO) no efluente sintético era em torno de 724±177 mg/L durante o período operacional, que foi dividido em duas fases.

Na fase 1, ambos os reatores foram operados na mesma condição, com o intuito de observar o acúmulo da espuma na superfície líquida e os problemas operacionais decorrentes deste acúmulo. Na fase 2, um dos reatores (UASB 1) foi alimentado com esgoto sintético adicionado de um extrato enzimático bruto para avaliação do efeito da aplicação de lipases sobre o acúmulo de gordura e eficiência do reator.

O extrato enzimático foi obtido a partir de um preparado enzimático sólido (PES) produzido por fermentação em estado sólido com o fungo *Aspergillus terreus* seguindo metodologia utilizada por Lima (2016). O meio basal utilizado na FES foi composto a partir de uma mistura de resíduos com 80 % de torta de babaçu e 20% de resíduo seco de uma ETE local da cidade do Rio de Janeiro. Esta mistura reafirma a vantagem da FES de utilizar resíduos agroindustriais e também utiliza o resíduo de onde o fungo *Aspergillus terreus* foi isolado. Posteriormente o PES foi seco em estufa com circulação de ar até se obter umidade abaixo de 10%. Com o PES seco era feita a extração utilizando solução fosfato com pH 7.

O PES apresentou atividade lipásica de 10 ± 3 U/g durante o estudo, sendo a massa adicionada ao esgoto afluyente calculada de acordo com o volume de efluente para se obter 24 U/L na alimentação do reator. O processo de produção do PES e posterior obtenção do extrato enzimático está esquematizado na Figura 1 a seguir.



Figura 1. Etapas de produção do PES e obtenção do extrato enzimático

O monitoramento dos reatores foi feito por análises de pH, DQO, alcalinidade total e ácidos voláteis totais (AVT). Ao final da primeira fase e em dois momentos da segunda fase a espuma acumulada no topo dos reatores foi retirada e quantificada por análise de O&G.

RESULTADOS

Durante a primeira fase de operação dos reatores, sem adição do extrato enzimático ao esgoto afluyente, ocorreram problemas decorrentes da presença de gordura no esgoto em ambos: entupimentos da mangueira de alimentação, transbordamentos ocasionados pela obstrução da saída de efluente e acúmulo de material gorduroso. Estes problemas atrapalharam a saída do biogás, causando perturbações no nível de líquido no topo do reator UASB 2, alterando o nível d'água da posição 1 para novo equilíbrio na posição 2, como mostra a Figura 2. Nesta figura também é possível observar o acúmulo de material na saída de gás do separador trifásico.



Figura 2. Acúmulo de espuma na superfície do reator Uasb 2 ao final da primeira etapa de operação.

Observou-se o acúmulo de espuma no topo dos reatores, comprovando que este acúmulo ocorre mesmo não havendo materiais particulados e demais resíduos de baixa densidade, que ajudam na formação da camada de espuma. A camada formada continha apenas a gordura presente no efluente e possíveis sólidos em suspensão no interior do reator. A análise de O&G nessa camada revelou uma concentração de 3.257 mg/L, evidenciando a necessidade da adição de lipases para hidrolisar/solubilizar esse material e reduzir a formação de espuma.

Na segunda fase de operação, as análises de O&G mostraram que a aplicação das enzimas possibilitou menores valores no reator UASB 1, com enzimas, em comparação ao reator UASB 2, sem enzimas. Na primeira parada o reator UASB 1 apresentou 1321 mg/L contra 2496 mg/L e na segunda parada 877 mg/L contra 1527 mg/L. Esses valores estão apresentados no gráfico da Figura 3.

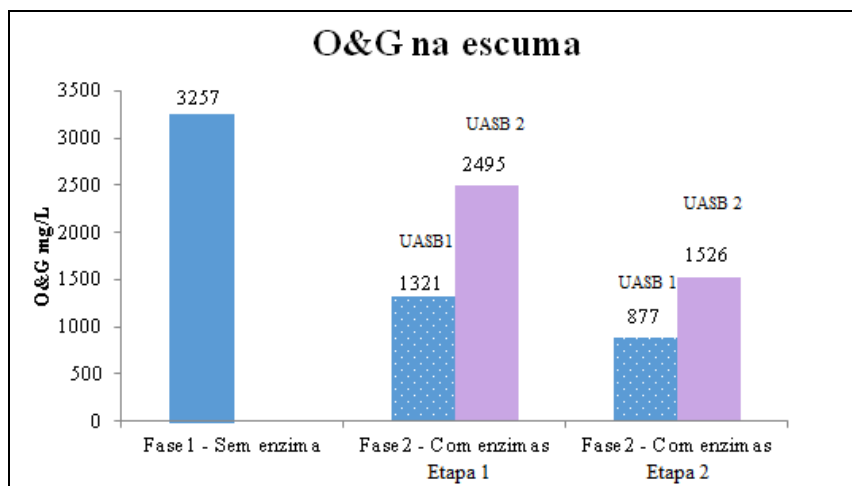


Figura 3. Concentrações de O&G nos reatores UASB nas duas fases.

Os topos dos reatores com a espuma acumulada podem ser vistos nas Figuras 3 e 4 a seguir.



Figura 4. Topo do Reator UASB 1 ao final da primeira etapa da segunda fase.



Figura 5. Topo do Reator UASB 2 ao final da primeira etapa da segunda fase.

Considerando o período de alimentação que levou aos valores de concentração de O&G, foram estimadas taxas de acúmulo de O&G para o reator UASB 2 como sendo 1,8 vezes maiores que no reator UASB 1. As taxas de acúmulo estão ilustradas no gráfico da Figura 6.

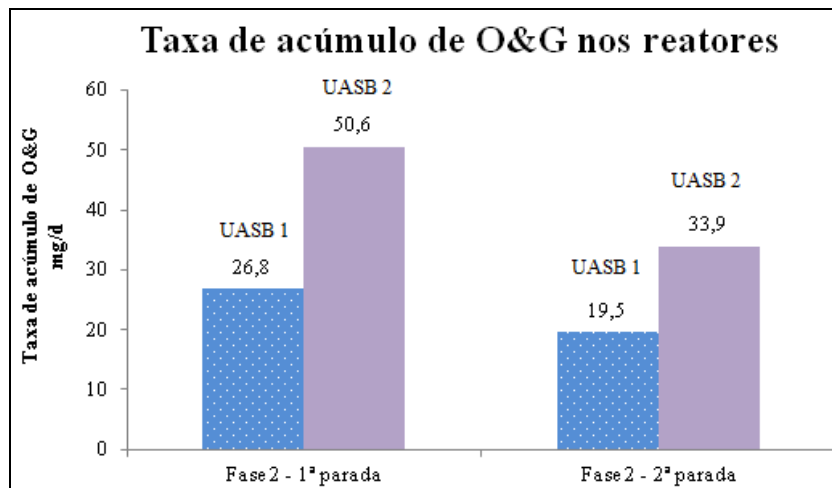


Figura 6. Gráfico com a taxa de acúmulo de O&G nos reatores

Em relação aos valores de DQO obtidos durante o trabalho, foi observada variação nos valores de entrada mesmo sendo utilizado efluente sintético. Esta ocorrência pode ser explicada pela presença de óleo emulsionado que dificulta a homogeneização da amostra. Nas saídas dos reatores observa-se uma variação bem pequena de valores, apresentando DQO de saída baixa mesmo quando os valores de entrada eram mais altos, apontando assim uma boa remoção de DQO mesmo quando aplicadas cargas mais altas. Essa remoção de DQO elevada acredita-se ser resultado do TDH de 10h utilizado na operação uma vez que TDH mais prolongados tendem a favorecer o processo da digestão anaeróbia em reatores UASB na medida em que as reações bioquímicas envolvidas no processo são consideradas relativamente lentas (SOUZA, 2006). Dessa forma, a remoção da matéria orgânica se manteve eficiente, não sendo possível notar diferenças neste parâmetro quando as enzimas passaram a ser aplicadas no reator UASB 1. A Figura 7 apresenta um gráfico com os valores de DQO nas duas fases de operação.

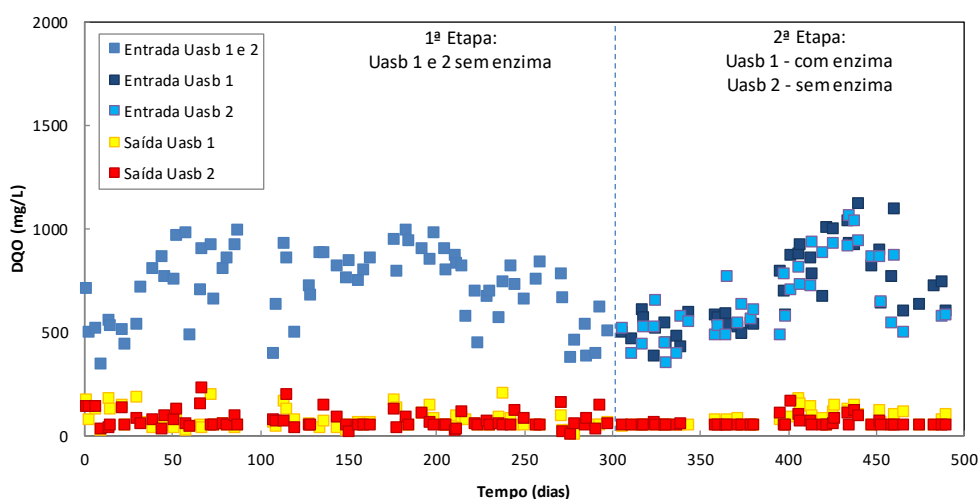


Figura 7. Valores de DQO na entrada e saída dos reatores ao longo do período operacional.

A alcalinidade total na entrada se manteve quase constante durante a operação e na saída foi apresentado um aumento na segunda etapa, principalmente no reator UASB 1 após a adição das enzimas. Este aumento é bom, pois ajuda na neutralização dos ácidos formados, mantendo o pH em níveis adequados. As análises de AVT mostraram, na segunda etapa, aumento na entrada e saída do reator UASB 1 por conta da adição das enzimas,

mostrando que estas agiram na maior disponibilização de matéria orgânica. Para todo o período de operação, a relação AVT/alcalinidade não atingiu valores críticos em nenhum momento.

Na Tabela 1 a seguir são apresentados resultados obtidos nas duas etapas de operação dos reatores Uasb, comprovando a redução da formação e acúmulo de espuma e que não foi evidenciada nenhuma perturbação ocasionada pela adição do extrato enzimático ao esgoto afluente, indicando que o processo não teria pontos negativos do ponto de vista de funcionamento dos reatores, mostrando boa adaptação dos microrganismos à adição de enzimas.

Tabela 1. Comparação dos reatores UASB nas duas etapas de operação.

Parâmetro	Primeira etapa – 304 d Sem adição de enzima		Segunda etapa – 185 d Com adição de enzima no Uasb 1	
	Uasb 1	Uasb 2	Uasb 1	Uasb 2
pH entrada	7,74±0,43	7,74±0,43	7,59±0,32	7,82±0,41
pH saída	7,80±0,30	7,89±0,30	7,95±0,20	8,07±0,25
DQO entrada (mg/L)	724±177	724±177	696±196	660±189
DQO saída (mg/L)	76±47	75±44	80±37	63±25
Remoção DQO (%)	89,1±7,2	89,1±7,4	88,7±3,5	90,9±2,9
AVT entrada (mg/L)	38±10	38±10	72±21	52±18
AVT saída (mg/L)	16±4	19±7	32±12	24±10
AT entrada (mg/L)	182±43	182±43	219±49	200±51
AT saída (mg/L)	258±64	278±64	329±32	314±36
AVT/AT saída	0,07±0,04	0,07±0,03	0,10±0,03	0,08±0,05
O&G espuma (mg/L) – 1ª amostra (69 d)			1321±371	2496±738
O&G espuma (mg/L) – 2ª amostra (63 d)			877±429	1527±92
Taxa de formação de espuma (mg O&G/d) – 1ª amostra			26,8±7,5	50,6±15,0
Taxa de formação de espuma (mg O&G/d) – 2ª amostra			19,5±9,5	33,9±2,0
Taxa média de formação de espuma (mg O&G/d)			23,1±5,2	42,3±11,8

CONCLUSÕES

Foi observado que o acúmulo de espuma ocorre mesmo no caso de não haver materiais particulados e demais resíduos de baixa densidade, podendo esta camada ser formada apenas com a gordura presente no efluente e possíveis sólidos em suspensão no interior do reator. Com a camada de espuma formada foi possível fazer na primeira fase a análise desta e comprovar elevada concentração de O&G. Foi encontrada a concentração de O&G de 3.257 mg/L, evidenciando a necessidade de algum mecanismo que possa reduzir essa concentração e assim obter menor camada de espuma, melhorando a operação dos reatores UASB.

Durante a operação dos reatores UASB de bancada foram observados problemas operacionais como entupimentos das mangueiras de alimentação, obstrução da saída de biogás e transbordamentos, ocasionados principalmente pela presença de gordura no efluente e acúmulo da espuma no topo do reator. Também foram observadas perturbações hidrostáticas que levaram a alteração do nível d'água.

Os reatores UASB apresentaram, durante todo o período de operação, ótimos resultados de remoção de DQO, não sendo possível observar melhorias causadas pela adição das enzimas. Entretanto é importante destacar que

a adição destas não trouxe perturbações nos resultados e nem elevou a DQO de entrada no Reator UASB 1, mostrando que do ponto de vista da DQO não haveria desvantagens causadas pela aplicação do extrato enzimático.

Nos resultados de O&G foram observados valores menores de concentração destes no Reator UASB 1 em ambas as análises realizadas na fase 2, evidenciando a ação das enzimas lipásicas na gordura presente no efluente de entrada.

Os resultados obtidos com esse estudo mostraram que a adição de extrato enzimático na alimentação de reatores UASB pode trazer benefícios em sua operação e evitar transtornos causados pela presença da gordura. Essa adição pode incrementar a etapa de hidrólise e degradar mais compostos que normalmente não são degradados pelo consórcio de bactérias do interior dos reatores UASB. Dessa forma é possível reduzir o teor de O&G na espuma acumulada no topo dos reatores, possibilitando concentrações de O&G menores neste subproduto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMMAROTA, M. C.; ROSA, D. R.; et al. The effect of enzymatic pre-hydrolysis of dairy wastewater on the granular and immobilized microbial community in anaerobic bioreactors. *Environmental Technology*, v. 34, p. 417–428, dez. 2013.
2. CHERNICHARO, C. A. de L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Reatores anaeróbios. 2. ed. Editora UFMG. Belo Horizonte, 2016.
3. DUARTE, J. G. Hidrólise enzimática e digestão anaeróbia termofílica de efluente de indústria de pescado. Dissertação de Mestrado - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
4. LETTINGA, G.; VAN VELSEN, A. F. M.; et al. Use of Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor concept for biological wastewater especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 22, p. 699–734, 1980.
5. LIMA, A. C. P. DE. Isolamento de microrganismos de resíduo de estação de tratamento de esgoto visando à produção de enzimas hidrolíticas e sua aplicação no tratamento anaeróbio. Dissertação de mestrado - Escola de Química- Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
6. PEREIRA, J. DE O. Controle da formação de espuma e remoção de matéria orgânica em reator UASB com duplo estágio de coleta de biogás. Dissertação de mestrado -Escola de Engenharia- Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
7. ROSS B. Z. L. et al. Avaliação da taxa de decaimento do teor de óleos e graxas de espuma proveniente de reatores UASB tratando esgotos domésticos. Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Anais. Bento Gonçalves, 2016
8. SOUZA, C. L. DE. Estudo quantitativo e qualitativo de espuma acumulada em reatores UASB tratando esgotos domésticos. Dissertação de mestrado -Escola de Engenharia- Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.