

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE REATORES UASB NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE

Ana Priscila de Oliveira Félix Martins

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental. e-mail: primartins3@hotmail.com

Renato Ribeiro de Oliveira

Graduando em Engenharia Civil. e-mail: nato_ro@hotmail.com

Damiana da Silva Rodrigues

Técnica em Química. e-mail: r.damiana@yahoo.com.br

Marcella Vianna Cabral Paiva

Ms. Eng. Civil. E-mail: marcellavcpaiva@yahoo.com.br

Miriam Cleide Cavalcanti Amorim

Profa. DSc. Eng. Química. e-mail: miriam.cleide@univasf.edu.br

RESUMO

Para que seja mantida a qualidade dos recursos hídricos e da saúde humana é de grande importância o tratamento do esgoto, que ocorre nas Estações de Tratamento de Esgoto. Os sistemas anaeróbios têm como uma das principais características a facilidade de operação em regiões de clima tropical, pois as altas temperaturas favorecem o processo de digestão da matéria orgânica. O artigo teve por objetivo avaliar o desempenho de reatores UASB no tratamento de esgoto sanitário de uma Estação de Tratamento de Esgotos de Petrolina-PE, através da eficiência de remoção de matéria orgânica avaliada em termos de demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos voláteis e da determinação do pH, da temperatura e da concentração de AGV (Ácidos Graxos Voláteis) como parâmetros operacionais dos reatores. O trabalho foi desenvolvido utilizando amostras de esgoto bruto e tratado provenientes de quatro reatores UASB da ETE -centro- da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) do município de Petrolina-PE. Concluiu-se que os reatores apresentaram boa eficiência de remoção de matéria orgânica em termos de DQO, mas os parâmetros operacionais alcalinidade parcial e AGV (Ácidos Graxos Voláteis) demonstraram que pode estar havendo uma condição de instabilidade no processo de digestão anaeróbia em consequência da acumulação de ácidos orgânicos no efluente dos reatores.

PALAVRAS-CHAVE: eficiência de remoção; parâmetros operacionais; reatores UASB

INTRODUÇÃO

Cada vez mais, as questões relacionadas ao saneamento ocupam lugar de destaque na esfera social, econômica, política e ambiental. Para que seja mantida a qualidade dos recursos hídricos e da saúde humana é de grande importância o tratamento do esgoto, que ocorre nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Os sistemas anaeróbios têm como principais características a reduzida utilização de energia elétrica e a facilidade de operação em regiões de clima tropical, pois as altas temperaturas favorecem o processo de digestão da matéria orgânica. De acordo com Chernicharo (2007) o reator Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ou reator anaeróbio de fluxo ascendente em manta de lodo consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade. Ele já é uma realidade no Brasil e em outros países tropicais. Nesse reator ocorre a digestão anaeróbia que envolve processos metabólicos complexos que ocorrem em etapas sequenciais e que dependem da atividade de no mínimo três grupos de microrganismos cada qual com funções específicas. São elas: bactérias fermentativas ou acidogênicas; bactérias sintróficas ou acetogênicas e microrganismos metanogênicos.

OBJETIVO

Avaliar o desempenho de reatores UASB no tratamento de esgoto sanitário de uma Estação de Tratamento de Esgotos – ETE - Centro de Petrolina-PE, através da determinação da eficiência de remoção de matéria orgânica avaliada em termos de demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos totais voláteis e da determinação do pH, da temperatura, ácidos graxos voláteis (AGV) e alcalinidade parcial (AP) como parâmetros operacionais dos reatores.

METODOLOGIA

O trabalho experimental foi desenvolvido utilizando amostras de esgoto bruto e tratado provenientes de quatro reatores UASB da estação de tratamento de esgotos -ETE centro- da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) do município de Petrolina-PE. A ETE é constituída por 4 reatores UASB em operação cujas características são: Vazão (Q) = 4924,8 m³/dia, Volume = 2.554,5 m³, Altura = 4,4 m, Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) = 12,4h.

Figura 1: Reator UASB da ETE-Centro da COMPESA



As amostras foram coletadas em frascos de polietileno, previamente higienizados, acondicionadas em isopor com gelo e transportadas imediatamente para o Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco para análises.

A avaliação dos reatores foi realizada num período de 60 dias, sendo realizadas duas coletas, uma no mês de fevereiro/16 e outra no mês de março/16, realizando-se a análise das seguintes variáveis: Demanda Química de Oxigênio filtrada (DQO), Temperatura, pH, Ácidos Graxos Voláteis (AGV), Alcalinidade Parcial (AP), Sólidos Totais, Fixos e Voláteis (ST, STF e STV). Todas as análises foram feitas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Para a determinação da DQO filtrada adotou-se recomendações de Chernicharo (2007), segundo o qual alternativamente à filtração, pode-se proceder a centrifugação da amostra e determinar a DQO do sobrenadante também denominada de DQO filtrada. O método de Kapp foi adotado para determinação dos AGV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das variáveis obtidos nas análises do esgoto bruto (entrada dos reatores) estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores das variáveis obtidos nas análises de esgoto bruto na primeira e na segunda coleta.

| ANÁLISE | ENTRADA DOS REATORES | |
|--------------------------------|----------------------|-----------|
| | 1ª COLETA | 2ª COLETA |
| DQO (mg/L) | 422,7 | 688,8 |
| Temperatura (°C) | 25,8 | 26,7 |
| pH | 7,4 | 7,3 |
| AGV (mg/L) | 510,0 | 807,4 |
| AP (mg/L) | 169,3 | 261,3 |
| Sólidos totais (mg/L) | 578,7 | 736,7 |
| Sólidos totais voláteis (mg/L) | 248,7 | 414,0 |
| Sólidos totais fixos (mg/L) | 330,0 | 322,7 |

Nas Tabelas 2 e 3 estão dispostos os valores das variáveis obtidos nas saídas dos reatores para a primeira e segunda coleta respectivamente. Na segunda coleta não foi coletada amostrada do reator 2 pois o mesmo encontrava-se parado para manutenção.

No dia anterior à coleta do mês de fevereiro ocorreu precipitação no município de Petrolina de 67 mm (LABMET, 2016). Quando chove existe aumento no volume de afluentes nas ETE's, fazendo com que os valores das análises diferissem dos valores da coleta de março. Esse aumento de volume ocorre devido a incursões de águas pluviais numa rede coletora que deveria funcionar principalmente como separadora absoluta, têm causado acréscimos de vazão de esgoto. Isso é ocasionado, em parte, de ligações clandestinas de sistemas de coleta pluvial aos de coleta de esgoto e, em parte, às invasões para dentro da rede de esgoto de águas pluviais previamente infiltradas no solo ou das que escapam de descontinuidades nos próprios coletores pluviais.

Tabela 2: Valores das variáveis obtidos nas análises de esgoto na saída dos 4 reatores na 1ª coleta.

| ANÁLISE | SAÍDA DOS REATORES | | | |
|--------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| | 1ª COLETA | | | |
| | REATOR 1 | REATOR 2 | REATOR 3 | REATOR 4 |
| DQO (mg/L) | 144,1 | 103,0 | 112,1 | 224,0 |
| Temperatura (°C) | 26,0 | 25,9 | 25,9 | 26,5 |
| pH | 7,1 | 7,2 | 7,3 | 7,2 |
| AGV (mg/L) | 820,6 | 796,5 | 789,8 | 793,3 |
| AP (mg/L) | 297,3 | 297,3 | 296,0 | 300,0 |
| Sólidos totais (mg/L) | 526,7 | 540,7 | 524,7 | 489,5 |
| Sólidos totais voláteis (mg/L) | 175,7 | 220,0 | 198,3 | 171,2 |
| Sólidos totais fixos (mg/L) | 351,0 | 320,7 | 326,3 | 318,3 |

Tabela 3: Valores das variáveis obtidos nas análises da saída dos 4 reatores na 2ª coleta.

| ANÁLISE | SAÍDA DOS REATORES | | | |
|--------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| | 2ª COLETA | | | |
| | REATOR 1 | REATOR 2 | REATOR 3 | REATOR 4 |
| DQO (mg/L) | 178,4 | - | 189,8 | 185,2 |
| Temperatura (°C) | 26,9 | - | 26,9 | 26,9 |
| pH | 7,3 | - | 7,4 | 7,2 |
| AGV (mg/L) | 950,8 | - | 930,7 | 926,8 |
| AP (mg/L) | 333,3 | - | 333,3 | 330,7 |
| Sólidos totais (mg/L) | 559,7 | - | 510,3 | 610,4 |
| Sólidos totais voláteis (mg/L) | 247,3 | - | 154,3 | 240,1 |
| Sólidos totais fixos (mg/L) | 312,3 | - | 356,0 | 370,3 |

REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

Nas Figuras 2 e 3 está disposto a comparação dos valores de DQO e sólidos totais voláteis da entrada e saída dos reatores.

Figura 2: Concentração de matéria orgânica em termos de DQO

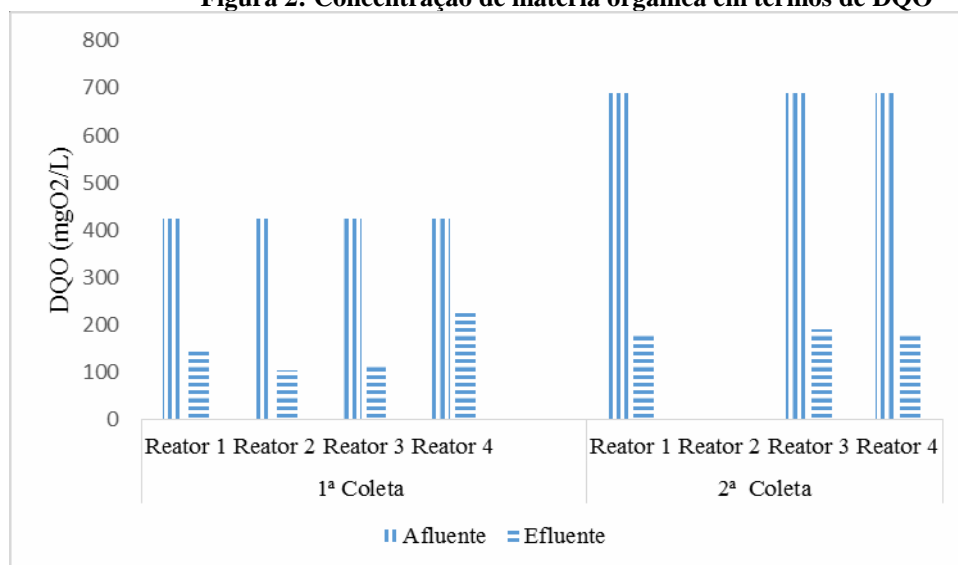
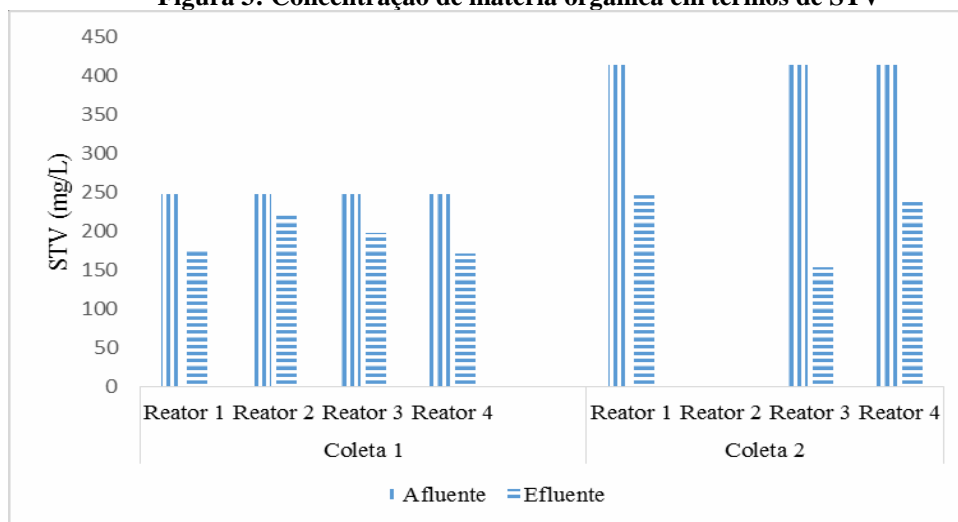


Figura 3: Concentração de matéria orgânica em termos de STV



Na 1ª coleta, os reatores 1, 2 e 3 alcançaram eficiências de remoção de DQO filtrada de 65,9%, 75,6% e 73,5%, respectivamente, encontrando-se o reator 1 dentro da faixa citada na literatura para reator UASB, que é de 55-70% para DQO (CHERNICHARO, 2007), e os reatores 2 e 3 apresentando remoções de DQO filtrada maiores que a faixa de literatura. Os valores de DQO filtrada dos efluentes dos reatores estiveram na faixa de 180-270 mg O₂/L. Já o reator 4 mostrou baixa eficiência de remoção, 47%, que pode estar relacionado com algum erro no procedimento da análise visto que na 2ª coleta este reator apresentou boa eficiência de remoção de DQO (73,1%).

Na 2ª coleta, os reatores 1, 3 e 4 apresentaram eficiência de remoção acima da citada na literatura, 74,1%, 72,4% e 73,1%, respectivamente.

Os valores de DQO do esgoto bruto no mês de março foram cerca de 39% maiores que no mês anterior. Isso se deve à chuva que ocorreu no dia anterior da 1ª coleta, havendo mistura do esgoto com água de chuva, diluindo-o e fazendo com que os resultados fossem menores.

Já em relação aos sólidos totais voláteis, com exceção do reator 3 na coleta 2, as remoções foram baixas nos demais reatores. As eficiências de remoção foram: 29,4%, 11,5%, 20,3% e 31,3%, na coleta 1, para os reatores 1, 2, 3 e 4, respectivamente, e de 40,3%, 62,7% e 42%, para os reatores 1, 3 e 4. Os valores de sólidos totais fixos (Tabelas 1, 2 e 3) mostram que está havendo perda de sólidos junto com o efluente. Conforme Chernicharo (2007) o acúmulo de lodo excedente no interior do reator poderá provocar a perda excessiva de sólidos para o compartimento de decantação e, conseqüentemente, ocorrendo a saída de sólidos junto com o efluente líquido. Levando assim, à diminuição da eficiência de tratamento devido à presença de material orgânico particulado. Desse modo, é de grande importância realizar análises da massa de lodo presente nos reatores e de sua atividade metanogênica específica a fim de determinar a frequência de descarte do lodo em excesso dos reatores para otimizar a operação na ETE e aumentar a qualidade do efluente gerado.

De acordo com as Tabelas 1, 2 e 3 observa-se que os valores de STF na 1ª coleta sempre foram maiores que os STV. Isso pode ser explicado pela chuva onde, provavelmente, houve desprendimento de sólidos do fundo da rede devido ao aumento da velocidade que transportou sólidos junto com o esgoto, como também carreamento de areia junto com a água da chuva antes de entrar na rede, vindo a contribuir para o aumento observado nos STF.

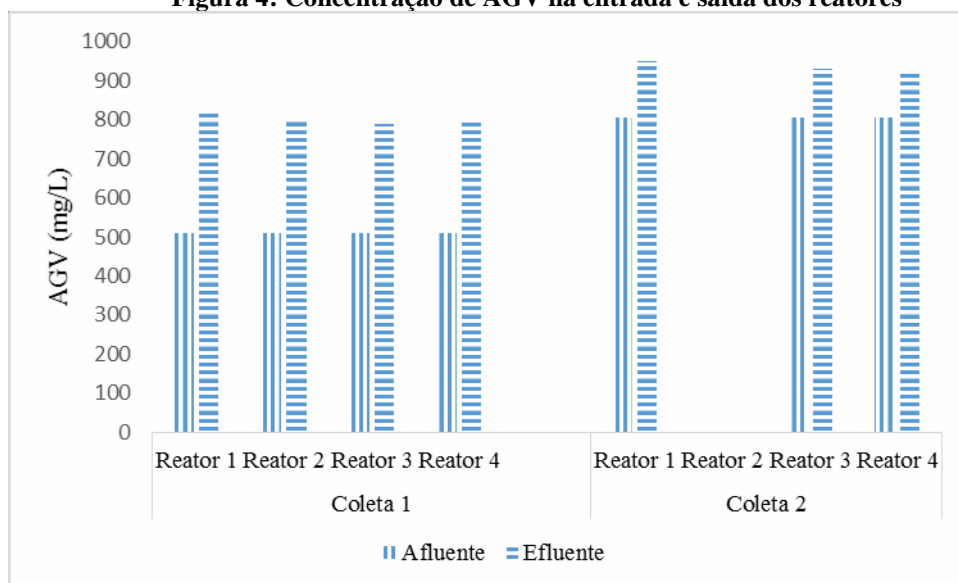
TEMPERATURA, pH, ALCALINIDADE E AGV

As temperaturas observadas tanto para afluente e efluente estiveram sempre entre 25 e 27°C, estando dentro da faixa das temperaturas dos esgotos que normalmente variam entre 20 e 30°C, em regiões de clima quente. A temperatura dos esgotos é, na maioria das vezes, mais baixa do que a temperatura ótima para a digestão anaeróbia, uma vez que, em temperaturas superiores a 30°C, os esgotos tendem a apresentar temperaturas inferiores às do ambiente. Ademais, as variações de temperatura nos esgotos são menores que as do ambiente.

O pH médio no esgoto bruto foi de 7,4 e 7,3, na 1ª e 2ª coletas, respectivamente e decresceu levemente ou permaneceu o mesmo nos efluentes dos reatores anaeróbios, provavelmente, devido a produção de ácidos orgânicos. De acordo com Foresti (1999), em reatores anaeróbios de alta taxa tratando esgotos domésticos, os cuidados com a manutenção do pH na faixa entre 6,5 e 7,5 são menos exigentes, uma vez que há predominância do sistema carbônico (H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-}) nesses efluentes.

Através da Figura 4 observa-se que os valores de AGV na saída dos reatores sempre foram maiores que na entrada destes, para as duas coletas, assim como os valores de alcalinidade parcial (Tabelas 1, 2 e 3).

Figura 4: Concentração de AGV na entrada e saída dos reatores



Tanto a alcalinidade como os ácidos voláteis, durante a digestão anaeróbia, fundamenta-se na capacidade da alcalinidade do sistema em neutralizar os ácidos formados no processo e também em tamponar o pH, na eventualidade de acumulação de ácidos voláteis (CHERNICHARO, 2007). Pode-se inferir pelos valores encontrados que não está havendo uma boa interação desses dois parâmetros, ou seja, a alcalinidade desses reatores não está neutralizando os ácidos formados no processo da digestão. Entretanto, Ripley *et al.* (1986) consideram que valores resultantes da relação da Alcalinidade Intermediária pela AP superiores a 0,3 indicam ocorrência de distúrbios no processo da digestão anaeróbio, o que não foi o caso dos reatores.

Já Leifeld *et al.* (2009), afirmaram que a relação AGV/AT é um importante indicador de estabilidade do sistemas em processos de digestão anaeróbia e citam valores acima de 0,8 como índice de colapso do sistema. Essa relação esteve na faixa de 2,5 a 2,9 para o esgoto afluente e efluente de todos os reatores, nas duas coletas, portanto, pode estar havendo um desequilíbrio na razão entre os microrganismos produtores e consumidores de AGV dos reatores, fazendo com que os valores de ácidos voláteis sejam maiores para o efluente. Menores taxas de crescimento de microrganismos metanogênicos em relação aos acetogênicos faz com que estes não consigam consumir rapidamente o gás hidrogênio, produzido por microrganismos hidrogenotróficos, podendo acumular propionato, butirato e lactato no reator.

Como a remoção da matéria orgânica em termos de DQO esteve acima da faixa citada na literatura, esses valores de AGV no efluente demonstrando, novamente, que não está havendo eficiência na conversão dos ácidos em metano. Conforme Chernicharo (2007), a presença de ácidos orgânicos no efluente do reator reflete uma condição de instabilidade, pois a acumulação principalmente, de acetato, propionato e butirato, pode ocorrer como resultado da não observância das condições ideais de crescimento microbiano ou de limitações cinéticas e termodinâmicas, devendo-se investigar as condições do lodo utilizando por exemplo a determinação da atividade metanogênica específica da biomassa.

CONCLUSÕES

Os reatores apresentaram boa eficiência de remoção de matéria orgânica avaliada em termos de DQO, mas em termos de STV mostraram baixa eficiência, que pode ser devido à perda de sólidos junto com o efluente. Os valores de pH estiveram dentro da faixa para reatores anaeróbios (6,5-7,5), mas os parâmetros operacionais alcalinidade parcial e AGV demonstraram que pode estar havendo uma condição de instabilidade no processo de digestão anaeróbia em consequência da acumulação de ácidos orgânicos no efluente dos reatores.

REFERÊNCIAS

- APHA, (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th edition. American Public Health Association, Washington, D.C.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Reatores anaeróbios, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, v. 5, 2 ed, p. 31-32, 2007.
- FORESTI, E. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- LABMET. Dados climáticos diários observados nas estações meteorológicas da UNIVASF de Petrolina e Juazeiro. Laboratório de Meteorologia- LABMET. Disponível em: <<http://labmet.univasf.edu.br/>>. Acesso em: 8 abr, 2016.
- LEIFELD, V.; RIVAS, L. M. C. G.; BARANA, A. C. Comparação entre filtros biológicos anaeróbios para o tratamento de efluentes de abatedouro com diferentes sistemas de alimentação. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.1, p. 102-107, 2009.
- RIPLEY L. E., BOYLE W. C. & CONVERSE J. C. (1986). Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. *J. WPCF*. 58, 5, 406-411.