

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

BIOFILTRO ANAERÓBIO UTILIZADO NO PÓS- TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE REACTOR UASB – UM ESTUDO EM ESCALA REAL

* Giulliano Guimarães Silva¹
Liliana Pena Naval²
Rui Felipe de Miranda Rios³
Marcelo Mendes Pedroza⁴

*ANAEROBIC BIOFILTER USED FOR POST-TREATMENT OF
THE EFFLUENT OF AN UASB REACTOR – A FULL-SCALE
STUDY*

Recibido el 11 de noviembre de 2011; Aceptado el 7 de septiembre de 2012

Abstract

There are several technologies for the treatment of domestic wastewater. The anaerobic reactors and waste stabilization ponds are used in wastewater treatment in tropical regions. The most common alternatives used for post-treatment of effluents from anaerobic reactors are maturation pond, anaerobic biofilter, aerated ponds and activated sludge. The aim of this study was to evaluate the applicability of an anaerobic process (anaerobic filter) for post-treatment of effluent from the UASB reactor treating domestic wastewater in the city of Palmas, Tocantins state, northern Brazil. The bamboo has been used as a means of support of the anaerobic filter. The studies were based on analysis of samples taken during the treatment system. Samples were collected weekly at three points of the experimental system: (1) raw sewage, (2) the anaerobic reactor effluent and (3) final effluent of the anaerobic filter with bamboo. The study carried out in anaerobic filter confirmed the applicability of the anaerobic filter unit as post-treatment process. The system has high efficiency in removing suspended solids. In the case of variable BOD, the effluent of the experimental system met the discharge standards throughout the monitored period, according to the Brazilian resolution, CONAMA No. 430/2011. However, the experimental system showed low removal of nutrients (nitrogen and phosphorus), indicating that the anaerobic reactors have a poor ability to remove these elements in the treatment process.

Key Words: anaerobic filter, bamboo, UASB reactor, wastewater.

¹ Instituto Federal do Tocantins

² Universidade Federal do Tocantins

³ Universidade FUMEC

⁴ Instituto Federal do Tocantins

*Autor correspondiente: QD 406 N, Conj HM 01 LT 01 BL 04 APT. 401. Res. Villa Lobos, Palmas, TO, CEP 77006-492, Brasil. Email: giullianoguilherme@gmail.com

Resumo

Existem diversas tecnologias para tratamento de águas residuárias domésticas. Em regiões de clima tropical destacam-se os reatores anaeróbios e as lagoas de estabilização. As alternativas mais comuns empregadas para o pós-tratamento de efluentes anaeróbios são lagoa de maturação, filtro anaeróbio, lagoa aerada e lodos ativados. O objetivo desse trabalho foi avaliar a aplicabilidade de um processo anaeróbio (filtro anaeróbio), tendo como meio de suporte o bambu, quando utilizado para o polimento de esgotos domésticos da cidade de Palmas, estado do Tocantins, região norte do Brasil, cuja etapa prévia de tratamento também é feita através de processo anaeróbio (reator UASB). Foram coletadas semanalmente amostras em três pontos do sistema experimental: (1) esgoto bruto, (2) efluente do reator anaeróbio e (3) efluente final do filtro anaeróbio com bambu. O estudo desenvolvido confirmou a aplicabilidade do filtro anaeróbio como unidade de pós-tratamento de matéria orgânica e sólidos, sendo que, para este último, principalmente os sólidos suspensos, o sistema apresentou alta eficiência de remoção gerando um efluente com aspecto bastante clarificado. Em se tratando da variável DBO, o efluente final do sistema experimental, atendeu em todo o período de monitorado, aos padrões de lançamento de efluentes, segundo a resolução brasileira, CONAMA N° 430/2011. No entanto, o filtro anaeróbio apresentou baixa remoção de nutrientes (fósforo e nitrogênio), indicando que os reatores anaeróbios possuem uma capacidade insatisfatória de remover estes elementos no processo de tratamento.

Palavras-Chave: águas residuárias, bambu, filtro anaeróbio, reator UASB.

Introdução

Atualmente são utilizadas diversas tecnologias para o tratamento de águas residuárias domésticas, sendo os reatores anaeróbios e as lagoas de estabilização os tipos de sistemas mais usualmente empregados em regiões de clima tropical. Segundo Naval e Silva (2002), tais sistemas apresentam como vantagens o baixo custo de implantação e operação e uma boa eficiência na remoção de matéria orgânica.

Dentre as alternativas de pós-tratamento de efluentes anaeróbios destacam-se: lagoas de polimento, filtro anaeróbio, flotação por ar dissolvido, escoamento superficial, filtros biológicos, terras úmidas (*wetlands*), lagoa aerada e lodos ativados (Metcalf e Eddy, 2002). De acordo com Ludovice (2001), recentemente o filtro anaeróbio vêm sendo aplicado no Brasil para pós-tratamento de efluentes (polimento) de grandes decanto-digestores e de reatores anaeróbios de manta de lodo, com vazões de até mais de 40 L/s.

Segundo Van Haandel e Alem Sobrinho (2006), os filtros anaeróbios mais comuns consistem em um tanque cheio de pedras britadas ou outro material inerte que serve de suporte para aderência e desenvolvimento de microrganismos, constituindo um leito com elevado grau de vazios. Podem ter fluxo ascendente, horizontal ou descendente.

Os filtros anaeróbios são utilizados para tratamento de esgotos pelo menos desde 1950, mas constituem ainda uma tecnologia em franco desenvolvimento. A busca de alternativas para o material de enchimento, que é responsável pela maior parcela dos custos e pelo volume, e o aperfeiçoamento de detalhes construtivos, incluindo o sentido do fluxo e a facilidade de

remoção do lodo de excesso, são os aspectos que merecem maior atenção no desenvolvimento tecnológico dos filtros anaeróbios. Porém, o fato de ser uma tecnologia ainda em desenvolvimento não impede a aplicação dos filtros anaeróbios em escala real, com grande sucesso e ótimos resultados (Metcalf e Eddy, 2002).

Os filtros anaeróbios apresentam vantagens sobre os reatores anaeróbios com fluxo através do lodo ativo, destacando-se, comparativamente, nas seguintes vantagens específicas: resistem bem às variações do afluente e propiciam boa estabilidade ao efluente, com baixa perda dos sólidos biológicos, não necessitam de inóculo para a partida; propicia enorme liberdade de projeto; e têm construção e operação muito simples (Luduvic, 2001).

Embora os filtros anaeróbios possam ser utilizados como unidade principal do tratamento dos esgotos, são mais adequados para pós-tratamento (polimento), conferindo elevada segurança operacional e maior estabilidade ao efluente.

Para Andrade Neto *et al.*, (2000), as principais limitações dos filtros anaeróbios decorrem do risco de obstrução do leito (entupimento ou colmatagem dos interstícios) e do volume relativamente grande devido ao espaço ocupado pelo material inerte de enchimento.

O material mais utilizado para enchimento de filtros anaeróbios no Brasil é a pedra britada Nº 4, que é um material muito pesado e relativamente caro, devido ao custo da classificação granulométrica. Outros materiais já foram estudados e experimentados no enchimento de filtros anaeróbios no Brasil: gomos de bambu (Nour *et al.*, 2000); escória de alto forno de siderúrgicas (Chernicharo, 1997); tijolos cerâmicos vazados comuns e anéis de plástico (Andrade Neto *et al.*, 2000).

Um dos empecilhos para a adoção dos filtros anaeróbios em escala real refere-se ao custo do material de enchimento que pode ter a mesma ordem de grandeza que o valor da própria construção do reator. Deste modo, estudando sistemas de tratamento de esgotos acessíveis a comunidades carentes, pesquisadores da UNICAMP constataram que os anéis de bambu são leves e facilmente encontrados em muitas regiões brasileiras, permitindo que filtros anaeróbios tendo este material como recheio possuíssem um baixo custo (Tonetti, 2008).

Este trabalho analisa o desempenho de um filtro anaeróbio com recheio de anéis de bambu com fluxo ascendente utilizado como pós-tratamento de um reator anaeróbio, tendo em vista o pouco conhecimento desta unidade operando conjuntamente com reatores anaeróbios em escala real no Brasil. Nesse sentido será possível apresentar uma avaliação crítica dos resultados do sistema na remoção de matéria orgânica, sólidos e nutrientes.

Materiais e métodos

A Estação de Tratamento de Esgotos Brejo Comprido, Palmas-TO

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) denominada Brejo Comprido, localizada na Área Verde 105 Sul, região sudoeste da cidade de Palmas (Tocantins), é de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Tocantins - SANEATINS. O sistema de esgotamento é composto por rede coletora, tratamento preliminar, estação elevatória, reator UASB seguido de filtro anaeróbio (Figura 1). Essa estação tem a capacidade de tratar uma vazão média de 110.0 L/s, sendo a alimentação do sistema feita por esgotos tipicamente domésticos.

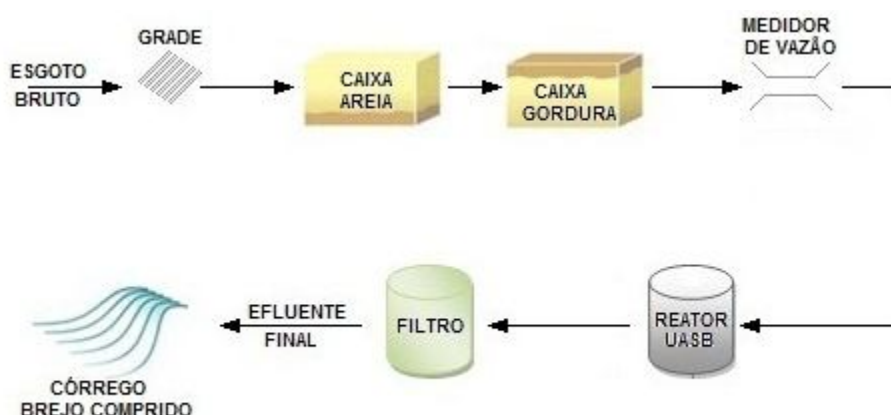


Figura 1. Desenho esquemático da ETE Brejo Comprido, localizada em Palmas, Tocantins, Brasil

O Reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) é constituído por uma câmara inferior de digestão e por um dispositivo superior para separação de gases, sólidos e líquidos. O processo consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de uma manta de lodo densa e de elevada atividade que tem por objetivo reduzir a carga orgânica contida nos esgotos. Esse reator tem um volume de 3128 m³, altura de 7.8 metros e um diâmetro de 22.6 metros (Figura 2).

O Filtro Anaeróbio (FA) utilizado neste estudo foi construído em chapa de aço (aço SAC 41), com diâmetro de 20.90 m, apresentando uma altura útil de 6.30 m e volume 2160 m³. O Filtro Anaeróbio recebe o efluente do reator UASB, o qual trata esgoto essencialmente doméstico das quadras centrais da cidade de Palmas. O meio de suporte do FA é constituído de bambu (Figura 3), cujas dimensões são: comprimento médio de 10 cm (desvio padrão de 0.7 cm) e diâmetro médio de 2.5 cm (desvio padrão de 0.2 cm). Os mesmos foram colocados inteiros, dispostos em camadas sobrepostas, formando ângulos de 90° entre si. O efluente final da ETE é descartado através de uma única tubulação o qual é conduzido e lançado no corpo receptor, o córrego Brejo Comprido.



Figura 2. Vista aérea da ETE Brejo Comprido



Figura 3. Material suporte (Bambu) do filtro anaeróbio

Os gases gerados pelo tratamento são coletados nas calhas de coleta de gases dos reatores anaeróbios e direcionados ao queimador de gases para a combustão do gás metano e outros gases de efeito estufa.

O lodo biológico produzido no reator UASB é lançado em leitos de secagem que tem por finalidade reduzir o teor de umidade do lodo. A descarga desse lodo, feita diretamente do reator UASB, é realizada a cada mês em quantidade média que varia entre 33.6 e 50.0 m³ de

lodo. Essa variação da quantidade de lodo descartada depende da estação do ano, sendo observada uma maior produção de lodo nos meses mais quentes.

Para a concretização dos objetivos dessa pesquisa, foram realizadas coletas de amostras na entrada do sistema com esgoto bruto (**EB**), no efluente do reator anaeróbico (**EF1**) e no efluente final do filtro anaeróbico com bambu (**EF2**), com frequência semanal sempre as 9:00 horas da manhã, durante 40 semanas. Os parâmetros analisados foram: Temperatura, pH, DQO (Método da Refluxação Fechada), DBO, Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF), Sólidos Voláteis (SV), Sólidos Suspensos (SS), nitrogênio amoniacal (Nessler) e fósforo total (Método do Ácido Ascórbico). As determinações seguiram os métodos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19ª edição (APHA/AWWA/WEF, 1998).

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados experimentais obtidos através das análises físico-químicas dos parâmetros analíticos: temperatura, pH, amônia, fósforo total, DQO, DBO e frações de sólidos.

Tabela 1. Valores de temperatura (°C) e pH e concentrações médias de DQO, DBO, sólidos, amônia e fósforo total ao longo do sistema experimental

Parâmetro	Ponto de Coleta			Resolução CONAMA (430/2011)
	EB	EF 1	EF 2	
Temperatura (°C)	29.3	29.3	29.4	< 40
pH (-)	6.9	7.3	7.0	5 a 9
Amônia (mgN/L)	14.9 ± 5.3	16.9 ± 4.9	17.2 ± 5.0	20
Fósforo total (mgP/L)	4.1 ± 1.2	4.6 ± 1.3	4.7 ± 1.8	-
DQO (mg/L)	534.4 ± 99.6	237.3 ± 58.6	181.4 ± 51.3	-
DBO (mg/L)	229.8 ± 46.5	94.0 ± 19.6	72.2 ± 16.8	120
Sólidos Totais (mg/L)	565.7 ± 132.9	333.1 ± 83.1	265.8 ± 75.3	-
Sólidos Voláteis (mg/L)	369.2 ± 99.2	181.5 ± 75.6	143.6 ± 45.8	-
Sólidos Fixos (mg/L)	188.9 ± 56.8	144.8 ± 43.5	114.7 ± 32.1	-
Sólidos Suspensos (mg/L)	230.2 ± 86.1	88.1 ± 26.9	45.9 ± 13.6	-

A cidade de Palmas, situada no estado do Tocantins, região Norte do Brasil, possui um clima tropical chuvoso de Cerrado com duas estações bem definidas, uma seca (maio a setembro) e outra chuvosa (outubro a abril). Essas estações que se repetem ano após ano caracterizam uma homogeneidade climática, traduzida por pequenas variações e regularidade na distribuição das temperaturas, das velocidade dos ventos, da umidade do ar, da insolação e dos demais parâmetros climáticos. Palmas tem o clima quente todo o ano.

Apesar de ter algumas variações, são poucas, pois a diferença entre o mês mais quente (setembro) e o mais frio (julho) é de apenas 3 °C. A média das máximas em setembro é de 36 °C (Pedroza *et al.*, 2011).

Os valores de temperatura, conforme apresentados na Tabela 1, no afluente e no efluente do filtro mantiveram-se sempre muito próximos, em torno de 29 °C. A temperatura média encontrada neste trabalho foi de 29.3 °C e 29.4 °C no afluente e no efluente do filtro, respectivamente. De acordo com Tonetti (2008), a temperatura é um dos principais fatores na digestão anaeróbia, uma vez que afeta os processos biológicos de diferentes maneiras, incluindo alterações na velocidade do metabolismo das bactérias, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos, principalmente os lipídeos.

Durante todo o período o pH se manteve em média 6.9 no afluente e de 7.0 no efluente do filtro e de um modo geral esteve próximo ao neutro. De acordo com Bertolino (2007), a faixa ótima de pH para o crescimento bacteriano situa-se entre 6.5 e 7.5, e que, os principais indicadores de distúrbios nos processos anaeróbios são o aumento na concentração de ácidos voláteis, aumento da porcentagem de CO₂ no biogás, diminuição do pH, diminuição da produção total de gás e diminuição da eficiência do processo.

Com relação a qualidade dos esgotos sanitários que chegam às estações de tratamento, e a eficiência destas, são usualmente estimadas a partir da determinação da matéria orgânica presente, através das análises de parâmetros, incluindo a DQO e DBO. O filtro anaeróbio em estudo apresentou resultados satisfatórios na remoção de DQO. Na entrada do sistema a média encontrada foi de 534.4 mg/L (esgoto bruto).

Após a passagem pelo reator este valor passou a ser 237.3 mg/L de DQO. Tais concentrações encontradas no afluente do filtro foram reduzidas no efluente final para 181.4 mg/L. Apresentando uma taxa média de remoção de 66.1%. O mesmo comportamento pode-se observar na remoção de DBO. Na entrada do sistema a DBO média encontrada foi de 229.8 mg/L e no efluente final a média encontrada foi de 72.2 apresentando uma taxa média remoção de 68.6%.

A Figura 4 apresenta as concentrações de DBO ao longo do sistema experimental e a eficiência do processo, durante todo o período monitorado.

Tonetti (2008) estudou o pós-tratamento de filtro anaeróbio com recheio de bambu tratando despejos domésticos com tempo de detenção hidráulica de 9 horas. O efluente do sistema foi disposto em filtro de areia com taxa de aplicação de 50 L.m⁻². A remoção de DBO no sistema foi superior a 82 % em toda a fase do monitoramento do sistema experimental. Camargo (2000) construiu e operou quatro filtros que continham o bambu em seu interior e obteve, após 300

dias de operação, uma remoção média de DQO e DBO superior a 75%. Segundo o autor, a remoção de sólidos suspensos foi de 80% e, somente uma parcela do nitrogênio orgânico foi transformada em amônia e a remoção de fósforo foi baixa. Salienta-se que em todo este período de operação não foi feito nenhum descarte de excesso de lodo.

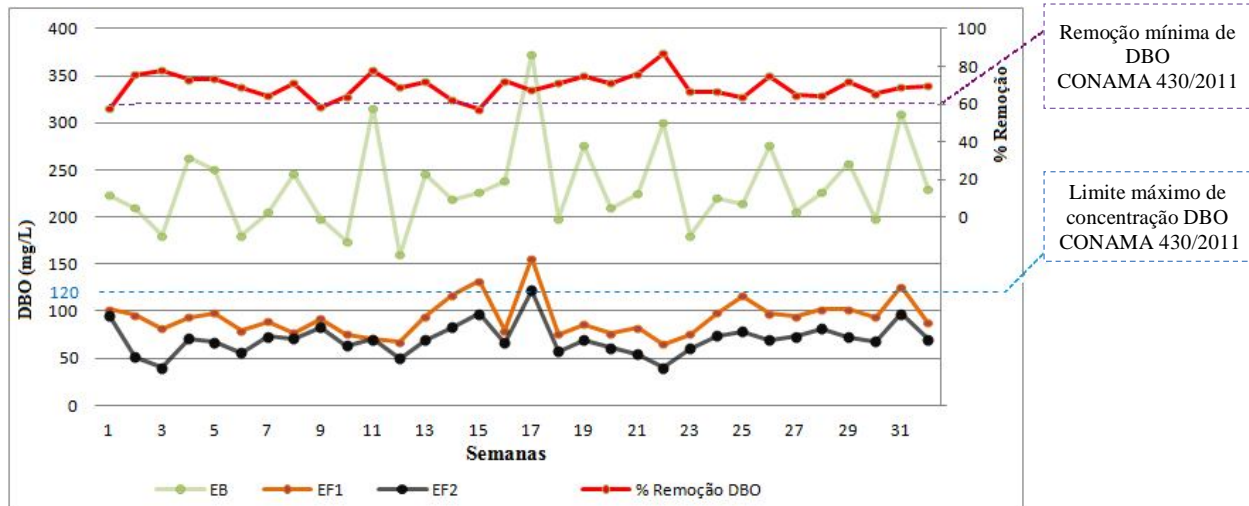


Figura 4. Eficiência de remoção de DBO do sistema experimental

Tendo como base o levantamento citado por Chernicharo (1997), no qual encontrou-se para uma série de filtros anaeróbios operados com tempos de detenção hidráulica variando entre 6 e 8 horas eficiências de remoção de DBO médias de 68 a 79%, foi verificado que o emprego do recheio de bambu no biofiltro anaeróbio, aqui pesquisado, proporcionou um desempenho compatível com os dados obtidos na literatura.

A Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011, "Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005" (Brasil, 2011). Segundo esse documento, para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos: a) pH entre 5 e 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*; d) Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO; e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; f) ausência de materiais flutuantes e (g) as condições e padrões de lançamento relacionados na Seção II, art. 16, incisos I e II desta Resolução, poderão ser aplicáveis aos

sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a critério do órgão ambiental competente, em função das características locais, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total. Assim sendo, em se tratando da variável DBO, o efluente final do sistema experimental (EF2) atendeu, em todo o período de monitoramento, aos padrões de lançamento de efluentes, segundo a resolução brasileira.

Quanto a remoção de sólidos, o melhor desempenho do filtro anaeróbio relacionou-se com os sólidos suspensos (SS). A concentração de sólidos suspensos no efluente permaneceu bastante baixa e estável durante todo o período estudado. As concentrações dos SS foram 230.2 mg/L na entrada do sistema, 88.1 mg/L no afluente do filtro e 45.9 mg/L no efluente final do filtro anaeróbio, apresentado dessa forma uma remoção de 80.0% de sólidos suspensos no filtro anaeróbio. Com relação as concentrações de sólidos totais o filtro apresentou uma taxa média de remoção de 53.0%. Já os sólidos voláteis (SV) e os sólidos fixos (SF) apresentaram respectivamente 61.1% e 39.8% na remoção de sólidos, conforme Figura 5.

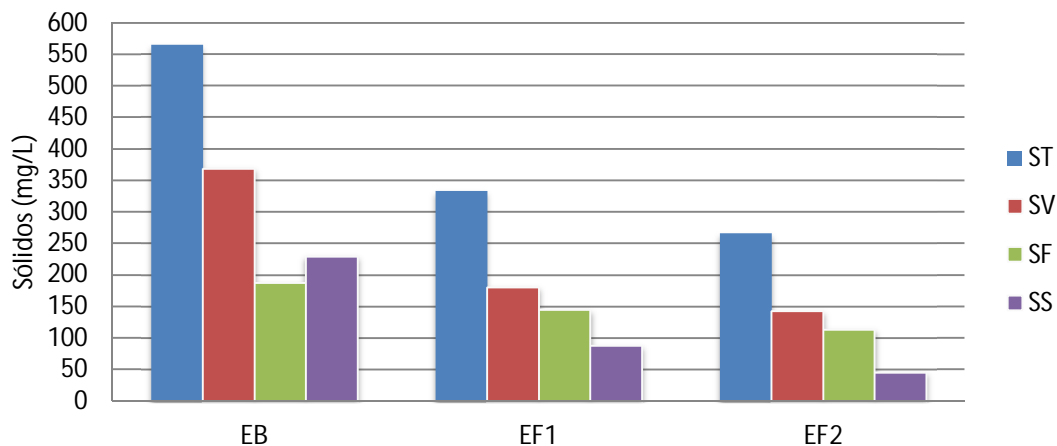


Figura 5. Concentrações média de Sólidos (totais, voláteis, fixos e suspensos) no filtro anaeróbio

Nessa configuração de filtro anaeróbio, como unidade de pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, os resultados demonstraram baixa eficiência na remoção de fósforo e nitrogênio.

Através da Figura 6 e Tabela 1, pode-se observar que as concentrações de nitrogênio amoniacal foram altas ao longo do tratamento, devido ao intenso processo de degradação de matéria orgânica, favorecendo o processo de amonificação durante o tratamento. Observa-se ainda que o filtro anaeróbio não apresentou condições que permitissem a volatilização da amônia, devido

a faixa neutra do pH encontrada nesse reator. O efluente do filtro anaeróbio apresentou um teor médio de nitrogênio amoniacal de 17.2 mgN/L, com desvio padrão de 5.0 mgN/L.

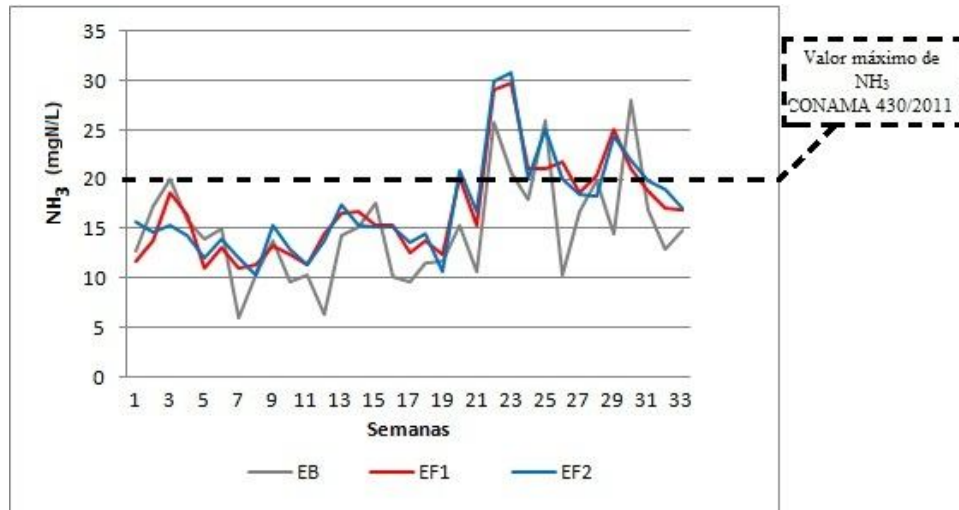


Figura 6. Concentração de amônia no esgoto bruto e nos efluentes EF1 e EF2

Observa-se um aumento da concentração de nitrogênio amoniacal no efluente final a partir da 20ª semana, comprometendo o descarte do efluente em corpos aquáticos receptores, uma vez que a resolução brasileira estipula o valor máximo de 20 mgN/L (Figura 6). Como se trata da etapa final do período de monitoramento, esse aumento pode ser atribuído ao arraste de parte do biofilme formado durante as primeiras semanas do tratamento do despejo. Dentre as implicações ecológicas da inserção de elevadas cargas de amônia no ambiente está o consumo do oxigênio dissolvido no meio, devido a nitrificação, uma vez que para oxidar 1mg de NH_4^+ são necessários cerca de 4.3 mg de O_2 , podendo ocasionar a morte dos organismos aquáticos. Além disso, o nitrogênio residual descartado nos cursos d'água estimula a atividade autotrófica, ocasionando a eutrofização devido a produção de uma grande quantidade de biomassa na forma de algas (Kieling, 2004). De acordo com a Resolução Conama 430/21011, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final do seu enquadramento.

Camargo (2000) constatou-se que o tratamento de esgotos sanitários por filtros anaeróbios com recheio de bambu é de baixo custo e consome pouca energia, no entanto, a remoção de patogênicos e nutrientes não atende aos padrões da legislação brasileira (CONAMA 430/2011), demandando um pós-tratamento para o efluente. Somente uma parcela da concentração de nitrogênio orgânico foi transformada em amônia e a remoção de fósforo foi baixa.

A concentração média de fósforo encontrada no esgoto bruto foi de 4.1 mgP/L, estando abaixo daquela apresentada por von Sperling (2005) como típica para esgotos domésticos, a qual varia entre 5 mgP/L e 25 mgP/L. Uma explicação para este comportamento foi exposta por Mesquita (2009), para os quais o valor de fósforo no Brasil tem oscilado em torno de 5 mgP/L, ocasionados pela baixa percentagem de tripolifosfato de sódio adotada nos detergentes. No efluente dos filtros anaeróbios, conforme pode ser visualizado por meio da Tabela 1, a concentração média de fósforo total durante toda a pesquisa esteve ligeiramente superior a existente no esgoto bruto, EF1 = 4.6 mgP/L e EF2 = 4.7 mgP/L, comprovando a afirmação de Chernicharo (1997) e de van Haandel e Lettinga (1994) de que os reatores anaeróbios possuem uma capacidade insatisfatória de remover este elemento no processo de tratamento.

Os dados mostram que o fósforo foi liberado do biofilme, aderido aos anéis de bambu, para a massa líquida durante a digestão anaeróbia, e que o efeito da incorporação desse elemento no biofilme dos reatores foi insignificante. Segundo Prochaska e Zouboulis (2003), a incorporação do fósforo ao biofilme é um importante mecanismo de remoção deste composto em filtros anaeróbios, devido sua participação no metabolismo dos microrganismos e sua conseqüente acumulação na biomassa.

Esse enriquecimento dos ecossistemas aquáticos por nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, pode levar à formação de densas populações de algas e cianobactérias, além de plantas aquáticas. Tais florações de algas e cianobactérias são sintomas proeminentes da eutrofização dos ambientes aquáticos, e afetam gravemente a qualidade da água, causando uma aparência desagradável, tornando geralmente o ambiente impróprio para o abastecimento, a recreação e a pesca (Mesquita, 2009).

Conclusões

A partir dos dados gerados nesta pesquisa, pode-se constatar a viabilidade de se empregar um sistema composto por filtro anaeróbio com recheio de bambu como pós-tratamento na remoção de matéria orgânica e sólidos de reator UASB, tratando esgotos domésticos em escala real. O filtro anaeróbio obteve remoção maior de matéria orgânica ainda remanescente do reator.

Os nutrientes (nitrogênio e fósforo) não foram removidos do sistema. Esses resultados reforçam a idéia de que os tratamentos anaeróbios não são indicados para a retenção dos nutrientes das águas residuárias domésticas, sendo necessária a instalação de uma unidade de remoção desses elementos antes do descarte do efluente em corpos d'água.

Referências bibliográficas

- Andrade Neto, C.; Melo, H.N.S.; Pereira, M.G.; Lucas Filho, M. (2000) Filtros com Enchimento de Diferentes Materiais. In: Chernicharo, C.A.L. (Coord.) Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Coletânea de Trabalhos Técnicos. Belo Horizonte: Projeto PROSAB, 220p.
- APHA/AWWA/WEF (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. Washington.
- Bertolino, S. M. (2007) Caracterização e tratabilidade dos esgotos produzidos pelo Campus da Universidade Federal de Ouro Preto - MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG.
- Brasil (2011) Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: abril. 2012.
- Camargo, S. A. R. (2000) Filtro anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários: avaliação da partida e operação. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.
- Chernicharo, C. A. L. (1997) Reatores anaeróbios. Rio de Janeiro, ABES, 221p.
- Kieling, D. D. (2004) Estudo da remoção biológica de nitrogênio a partir de lodo nitrificante cultivado em meio autotrófico sob condições anóxicas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.
- Luduvic, M. (2001) Processos de estabilização de lodos. In: Lodos de Esgotos – Tratamento e Disposição Final. ABES, Rio de Janeiro, 484p.
- Mesquita, T. P. N. (2009) Eutrofização e capacidade de carga de fósforo de seis reservatórios da bacia do rio Seridó, região semi-árida do estado do RN. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN.
- Metcalf & Eddy, INC. (2002) Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse. Ed. McGraw-Hill, New York, 1334p.
- Naval, L.P.; Silva, G.G. Estudo do Comportamento do Fósforo a Diferentes Profundidades em Série de Lagoas de Estabilização em Escala Real. In: XXVIII^o Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária Y Ambiental. Cancúm, México : AIDIS, 2002. 6p.
- Nour, E.A.A.; Coraucci Filho, B.; Figueiredo, R. F.; Stefanutti, R.; Camargo, S.A.R. (2000) Tratamento de Esgoto Sanitário por Filtro Anaeróbio Utilizando o Bambu como Meio Suporte. In: CAMPOS, J. R. (Coordenador). Tratamento de Esgoto Sanitário por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. Coletânea de trabalhos técnicos. São Carlos: Projeto PROSAB, 348p.
- Pedroza, M. M., Vieira, G. E. G., Sousa, J. F. (2011) Características químicas de lodos de esgotos produzidos no Brasil. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica, 4(2), 1-13.
- Prochaska, C. A.; Zouboulis, A. I. (2003) Performance of intermittently operated sand filters: a comparable study, treating wastewater of different origins. Water, Air, and Soil Pollution, N° 147, 367-388p.
- Tonetti, A. L. (2008) Tratamento de esgotos pelo sistema combinado filtro anaeróbio e filtros de areia, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 187p.
- Van Haandel, A. C., Alem Sobrinho, P. (2006) Produção, composição e constituição de esgoto. In: Biossólidos – Alternativas de Uso de Resíduos de Saneamento. Rio de Janeiro, ABES, 417p.
- Van Haandel, A. C., Letinga, G. (1994) Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Epgraf. Campina Grande.
- Von Sperling, M. (2005) Introdução a qualidade da águas e ao tratamento de esgoto. 3ª edição, Belo Horizonte, UFMG/ABES.