

II-531 - AVALIAÇÃO DA NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO EM UM FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO (FBAS) COMO PÓS-TRATAMENTO DE UM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FLUIDIZADO (RALF)

Caroline Graciana Morello⁽¹⁾

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Campo Mourão. Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Karina Querne de Carvalho

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba (UTFPR).

Sandro Rogério Lautenschlager

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Docente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá. Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Londrina, 1700 - Maringá - Paraná - PR - CEP: 87050-730 - Brasil - Tel: (44) 8406 0107 - e-mail: carolinegmorllo@gmail.com

RESUMO

No presente trabalho é avaliada a eficiência do pós-tratamento do efluente de um Reator Anaeróbico de Leito Fluidizado (RALF) por um Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) (580 L) seguido de um decantador secundário (1,56 m³). O sistema foi operado com vazão de 0,05 L.s⁻¹, TDH de 3 h e carga orgânica volumétrica de 19,84 KgDQO.m⁻³.d⁻¹. O FBAS foi preenchido com tampas de garrafas de politereftalano de etileno (PET) como meio de suporte. O desempenho do RALF seguido do FBAS foi monitorado por determinações dos parâmetros pH, alcalinidade total, DQO bruta e filtrada, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, ST, STV, STF, SS, SSV e SSF de acordo com metodologias descritas por Eaton et al. (2005). O FBAS como pó-tratamento para o reator RALF mostrou bom desempenho no processo de nitrificação. A maior conversão de nitrogênio amoniacal para nitrito e posterior a nitrato é observada pela carga orgânica aplicada no sistema. A remoção da matéria orgânica mostrou boa correlação entre a carga aplicada e removida. A carga orgânica volumétrica (COV) aplicada contribuiu para o estabelecimento de maior número de bactérias nitrificantes, observado pela maior área ocupada no biofilme pelos micro-organismos. Foi possível observar eficiências de remoção de DQO bruta, DQO filtrada, ST, STV, SS e SSV de 88%; 84%; 99%; 20%; 86%; 96%, respectivamente. A conversão do nitrogênio amoniacal para nitrito e deste para nitrato foi de 52% e de 33%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Tampas de Garrafas de Politereftalano de etileno (PET), Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio Amoniacal, Eficiência de Remoção.

INTRODUÇÃO

O reator anaeróbico de leito fluidizado (RALF) apresenta algumas vantagens tais como menor produção de sólidos; menor custo de energia; menor demanda de área; menores custos de implantação, operação e manutenção; produção de metano (gás combustível) de teor calorífico; possibilidade de preservação da biomassa; tolerância à aplicação de cargas orgânicas; menor geração de lodo quando comparado ao processo aeróbico. Porém como desvantagens podem ser citadas: bactérias anaeróbicas susceptíveis a inibição por um grande número de compostos; partida lenta do sistema; necessidade de pós-tratamento; a bioquímica e a microbiologia são complexas e ainda precisam de estudos; geração de maus odores, porém controláveis; geração de efluentes com aspecto desagradável e remoção insatisfatória de nitrogênio, fósforo e patógenos (Chernicharo, 2001; Pessoa e Jordão, 1982).

Embora o RALF trabalhe com eficiência aproximada de 75% na remoção de matéria orgânica, a qualidade do efluente final não atende alguns requisitos da legislação ambiental brasileira, tais como remoção da matéria orgânica e de nutrientes. O pós-tratamento do efluente do RALF é importante para complementar a remoção destes poluentes e consequentemente atender o padrão de lançamento de 150 mg.L^{-1} para matéria orgânica em termos de DBO e de 20 mg.L^{-1} para nitrogênio amoniacal estabelecidos na resolução CONAMA 430/2011.

Segundo Chernicharo (2001), a importância do pós-tratamento é para completar a remoção de matéria orgânica e proporcionar a remoção de constituintes pouco afetados neste tipo de tratamento, como a remoção de nitrogênio.

Os reatores anaeróbios, como o RALF, são unidades destinadas ao tratamento anaeróbio de esgotos sanitários, nos quais ocorre decomposição da matéria orgânica pela ação das bactérias anaeróbias presentes no manto de lodo, por meio de reações bioquímicas em seu interior.

O Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) apresenta configuração de um reator com meio suporte, preenchido com material poroso e inerte, no qual os micro-organismos se aderem (METCALF & EDDY, 2003).

As vantagens do FBAS são: simplicidade de construção e operação; baixos custos de energia elétrica; geração de efluente clarificado; partida e estabilidade rápida do processo; reutilização do lodo em novos reatores; eficiência de remoção de matéria orgânica e nutrientes e possibilidade de gerar ETES mais compactas. As desvantagens observadas são: microbiologia complexa e ainda precisa de estudos complementares; geração de lodo em quantidades razoáveis; possibilidade de entupimento e possível necessidade de retrolavagem (Santos, 2005).

O biofiltro evoluiu para aplicação contínua dos esgotos sobre o meio suporte, proporcionando condições favoráveis ao crescimento misto de micro-organismos, mantendo o equilíbrio biológico suficiente para decompor a matéria orgânica afluente. Em consequência, a granulometria do material suporte foi aumentada, permitindo a percolação ou ascencionamento do líquido e o livre escoamento de ar (SANTOS, 2005).

Em geral os materiais utilizados como meio de suporte são pedregulhos, cascalhos, pedras britadas, escórias de fornos de fundição e outros materiais com características inertes (PESSOA E JORDÃO, 1982).

O material plástico tem sido usado como meio de suporte para crescimento do biofilme por possuir maior capacidade de recebimento de cargas orgânicas, maior coeficiente de vazios e superfície específica, facilitando o transporte do escoamento e por ser um material mais leve (PESSOA E JORDÃO, 1982).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de um Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) preenchido com tampas de garrafas de politereftalato de etileno (PET) como material suporte, seguido de um decantador secundário com volume de $1,56 \text{ m}^3$ no pós-tratamento do efluente de um Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF).

MATERIAIS E MÉTODOS

O reator anaeróbio de leito fluidizado (RALF) é formado por um tronco de cone com base menor, com inclinação de 45° em relação ao eixo central, encimadas por um canal periférico coletor de esgotos tratados. São delineados por três parâmetros básicos: taxa de aplicação volumétrica, velocidade do líquido e altura do reator. O RALF é alimentado com esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), com vazão aproximada de 482 L.s^{-1} e carga orgânica de $8.398 \text{ KgDBO.d}^{-1}$.

O efluente do reator RALF é tratado por um filtro biológico aerado submerso (FBAS) confeccionado em *plexiglass* (acrílico) com volume de 580 L, largura de 0,32 m e altura útil de 1,86 m. Como material suporte para inoculação da biomassa foram utilizadas tampas de garrafas de politereftalato de etileno (PET) cortadas ao meio, por serem leves, com maior índice de vazios e de fácil aquisição, conforme observado por Belloni (2012).

O efluente do FBAS é encaminhado para um decantador secundário de aço, com formato circular, volume de $1,56 \text{ m}^3$, altura total de 2,32 m e diâmetro de 1,00 m (Figura 1).

Os critérios considerados na escolha do material utilizado como meio de suporte foram baseados no custo de aquisição do material, facilidade de obtenção, alternativa para reutilização de certos tipos plásticos, atendimento das propriedades físicas requeridas pelo processo e possibilidade de aplicação de cargas orgânicas mais elevadas.

O FBAS é alimentado com efluente do RALF, em sentido ascendente, por uma bomba peristáltica KSB Bombas Hidráulicas, modelo Hydrobloc C700, com vazão de 0,05 L/s, TDH de 3 h e carga orgânica volumétrica de $19,84 \text{ KgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$.

O FBAS é seguido de um decantador secundário confeccionado em aço com volume de 1.560 L, diâmetro de 1,00 m e altura total de 2,32 m (Figura 1). A recirculação do lodo para o sistema, em o objetivo de aumentar o contato das bactérias presentes do lodo com o biofilme.



(a)



(b)

Figura 1: a) Filtro biológico aerado submerso (FBAS); b) Decantador secundário

O desempenho do sistema RALF seguido de FBAS e do decantador secundário foi monitorado por determinações dos parâmetros pH, alcalinidade total, DQO Bruta, DQO Filtrada, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais fixos (STF), sólidos suspensos (SS), sólidos suspensos voláteis (SSV) de acordo com metodologias descritas por Eaton et al. (2005).

Com o objetivo de avaliar a eficiência do tratamento em relação à remoção de DQO e a conversão de nitrogênio amoniacal em nitrito e nitrato, foram feitas coletas de amostras do esgoto bruto (1); efluente do RALF (2), efluente do FBAS (3) e do efluente final (4) em intervalos de uma hora. As coletas das amostras de efluentes foram de forma composta, misturadas individualmente em proporção direta e armazenadas em refrigerador até o termino. O horário das coletas se manteve entre as 08:00 h às 12:00 h. O período de amostragem foi de 192 dias, totalizando 10 campanhas amostrais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 é apresentado um resumo das médias dos resultados parciais obtidos com o monitoramento das unidades componentes do sistema em amostras do esgoto sanitário bruto efluente do RALF, efluente do FBAS, efluente final e recirculação.

Tabela 1: Parâmetros de amostragem do monitoramento físico-químico

Parâmetros	Afluente	RALF	FBAS	Efluente	Recirculação
pH	7,22	7,08	7,51	7,62	-
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)	335	325	280	285	-
DQO Bruta (mg.L ⁻¹)	1484	342	212	171	-
DQO Filtrada (mg.L ⁻¹)	469	346	99	77	-
Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹)	-	36	17	-	-
Nitrito (mg.L ⁻¹)	-	-	12	16	-
Nitrato (mg.L ⁻¹)	-	-	-	22	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	43392	424	440	409	19782
Sólidos Totais Voláteis (mg.L ⁻¹)	448	377	375	355	18452
Sólidos Totais Fixos (mg.L ⁻¹)	42944	47	65	54	13295
Sólidos Suspensos (mg.L ⁻¹)	267	68	57	36	16690
Sólidos Suspensos Voláteis (mg.L ⁻¹)	235	49	44	8	10585
Sólidos Suspensos Fixos (mg.L ⁻¹)	32	19	13	28	6105

Os valores de pH para o afluente foi de 7,22, para o RALF foi de 7,08, para o FBAS foi de 7,51 e para o efluente final de 7,62, ou seja, valores que atendem os padrões de lançamento em corpos hídricos na faixa de 5,0 a 9,0, de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011.

A alcalinidade total média foi de 335 mgCaCO₃.L⁻¹ no esgoto bruto e de 285 mgCaCO₃.L⁻¹ no efluente do sistema. Segundo Metcalf & Eddy (2003), a nitrificação consome 7,14 g de alcalinidade total como CaCO₃ do meio para cada 1 g de nitrogênio amoniacal convertida a nitrato. Esta relação para o sistema foi de 2,36 AT/NH⁴⁺. De acordo com a carga orgânica aplicada no sistema (COV de 19,84 KgDQO.m⁻³.d⁻¹) foi possível verificar maior consumo de alcalinidade total de 285 mgCaCO₃.L⁻¹ e consequentemente maior produção de nitrato, na faixa de 22 mgN-NO₃.L⁻¹. Este desempenho pode estar relacionado à baixa COV aplicada no sistema.

A DQO bruta variou de 1484 mg.L⁻¹ no afluente (bruto) e de 171 mg.L⁻¹ no efluente (final), ou seja, com eficiência global de remoção de 88%, como observado por Chagas (2006) e Oliveira (2012). Para DQO filtrada, os valores observados foram de 469 mg.L⁻¹ no afluente (bruto) e de 77 mg.L⁻¹ no efluente (final), com eficiência global de remoção de 84%. As eficiências se mostraram satisfatórias para remoção de matéria orgânica.

A concentração de N-Amon no efluente do RALF era de 36 mg.L⁻¹ e houve remoção de 52% no efluente do FBAS, com concentração final de 17 mg.L⁻¹. Com esta concentração foi possível atender ao limite estabelecido na Resolução Conama 430/2011 de 20 mg.L⁻¹.

Na conversão de N-Amon a nitrito foi verificado aumento de 12 mg.L⁻¹ no efluente do FBAS para 16 mg.L⁻¹ no efluente final, sendo possível observar que ocorreu maior oxidação do nitrogênio amoniacal a nitrito, com eficiência remoção de 33%.

O nitrato foi monitorado no final do processo, sendo observada concentração média de 22,5 mg.L⁻¹, confirmando o melhor desempenho no processo de nitrificação. Este valor para o desempenho da nitrificação é evidenciado pela baixa carga orgânica administrada na entrada do sistema.

De acordo com os valores de ST, STF e STV é possível notar que 60% dos sólidos totais correspondem à parcela volátil, ou seja, matéria orgânica biodegradável e 40% à parcela inerte.

As concentrações de ST resultaram em faixa variável de 409 a 43392 mg.L⁻¹, 355 a 18452 mg.L⁻¹ de STV e 47 a 42944 mg.L⁻¹ de STF. A relação STV/ST calculada para o afluente, o RALF, o FBAS, o efluente final e a

recirculação foram de 0,01; 0,88; 0,85; 0,86 e 0,93 respectivamente. A eficiência de remoção de ST foi de 99% e de STV de 20%, isto pode ser atribuído à capacidade de retenção de sólidos no meio filtrante empregado.

As concentrações de SS resultaram em faixa variável de 36 a 16690 mg.L⁻¹, 8 a 10585 mg.L⁻¹ de SSV e 13 a 6105 mg.L⁻¹ de SSF. É possível notar arraste de SS e SSV durante a realização do monitoramento, assim verificado por Carvalho (2006); Chagas (2006); Belloni (2011) e Oliveira (2012). A relação SSV/SS calculada para o afluente, o RALF, o FBAS, o efluente final e a recirculação foram de 0,88; 0,72; 0,77; 0,22 e 0,63 respectivamente. A eficiência de remoção de SS foi de 86%, isto pode ser atribuído à capacidade de retenção de sólidos no meio filtrante empregado, e de SSV de 96%.

CONCLUSÕES

Considerando os padrões de lançamento preconizados pela Resolução CONAMA 430/2011, o FBAS como pó-tratamento para o reator RALF mostrou bom desempenho no processo de nitrificação.

A maior conversão de nitrogênio amoniacal para nitrito e posterior a nitrato é observada pela baixa vazão de entrada no sistema.

Os resultados de remoção da matéria orgânica mostraram boa correlação entre a carga aplicada e removida, com eficiência de 84% a 89%.

A baixa carga orgânica volumétrica (COV) contribuiu para o estabelecimento de maior número de bactérias nitrificantes, observada pela maior área ocupada no biofilme pelas bactérias nitrificantes.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELLONI, F.D. **Construção e avaliação do desempenho de um filtro biológico aerado submerso utilizando como material de enchimento tampas PET**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2011.
2. CARVALHO, KARINA Q. **Resposta Dinâmica de Reator UASB em Escala Piloto Submetido a Cargas Orgânicas e Hidráulicas Cíclicas: Modelos Matemáticos e Resultados Experimentais**. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.
3. CHAGAS, Adalberto Francisco. **Influência da taxa de recirculação de lodo no processo de nitrificação em sistema de FBAS precedido de reator UASB/A.F**. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – São Paulo, 2006.
4. CHERNICHARO, C.A.L.; ZERBINI, A.M.; BITTENCOURT, R.B. **Análises comparativas das técnicas de tubos múltiplos e substrato definido, aplicadas à identificação de coliformes em amostras de esgotos brutos efluentes anaeróbios**. In: Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: coletânea de trabalhos técnicos. Coord. CHERNICHARO, C.A.L. Belo Horizonte, p.61-69, 2001.
5. CONAMA. **Resolução nº 430 de 13 de Maio de 2011**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 25 Abril 2012.>
6. EATON, A.D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A. E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.
7. METCALF & EDDY, INC. (2003). **Wastewater Engineering – treatment, disposal and reuse**. 3º ed. Estados Unidos, McGraw-Hill.
8. OLIVEIRA, L.D. **Avaliação do processo de nitrificação em um filtro biológico aerado submerso alimentado com efluente de RALF**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2012.
9. PESSOA, C.A., JORDÃO, E.P. **Tratamento de esgoto doméstico, concepções clássicas de tratamento de esgotos**. 2ed. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental: BNH, 1982.

10. SANTOS, A.S.P. **Avaliação de desempenho de um filtro biológico percolador em diferentes meios de suporte plástico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.