

II-476 - AVALIAÇÃO DE COMPORTAMENTO DE FILTROS ANAERÓBIOS PREENCHIDOS COM CARVÃO ATIVADO, CERÂMICA DE ARGILA E BORRACHA DE PNEU

André Guilherme Portela de Paula⁽¹⁾

Acadêmico de Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DAQBI/UTFPR).

Ellen Caroline Baettker

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Civil na Área de Saneamento pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Curitiba (PPGEC/UTFPR). Doutoranda em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná, câmpus Curitiba (PPGERHA/UFPR).

Karina Querne de Carvalho

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

Flávio Bentes Freire

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). 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, câmpus Curitiba (DACOC/UTFPR).

Fernando Hermes Passig

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DAQBI/UTFPR).

Endereço⁽¹⁾: Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 4900 – Ecoville - Curitiba - PR - CEP: 81280-340 - Brasil
- Tel: (41) 3279-4500 - e-mail: and-gui92@hotmail.com

RESUMO

Neste trabalho foi avaliado o comportamento físico-químico de três filtros biológicos preenchidos com diferentes materiais, carvão ativado, cerâmica de argila e borracha de pneu, no tratamento de efluente sintético simulando esgoto sanitário. Para desenvolvimento desta pesquisa foram operados três filtros com volume total de 1,3 L e tempo de detenção hidráulica de 8 h. Foram determinados temperatura do líquido, pH, alcalinidade à bicarbonato, ácidos voláteis e DQO em amostras do afluente e efluente dos filtros. Após serem inoculados com lodo anaeróbico, com aproximadamente 60 dias de operação, os filtros atingiram o estado de equilíbrio dinâmico aparente, com geração de alcalinidade, baixa concentração de ácidos voláteis e eficiência de remoção média de DQO de 92%, 83% e 90%, respectivamente, para os filtros com carvão ativado, cerâmica de argila e borracha de pneu. Analisando os resultados do desempenho dos filtros, verificou-se que os filtros com cerâmica de argila e borracha de pneu apresentaram estabilidade e eficiência de remoção de matéria orgânica similares às obtidas no filtro com carvão ativado, material amplamente usado em diversas pesquisas, indicando a possibilidade de uso desses materiais em filtros anaeróbios no tratamento de esgotos sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência, Esgoto sintético, Estabilidade.

INTRODUÇÃO

A tecnologia anaeróbia ocupa posição de destaque nos processos de tratamento de efluentes no mundo, especialmente em países de clima tropical, onde as condições ambientais são favoráveis para esse tipo de tratamento. No Brasil essa tecnologia é utilizada desde o início dos anos 1980.

Os filtros anaeróbios, também denominados reatores anaeróbios de leito fixo, foram um dos primeiros sistemas a tratar efluentes com baixa concentração de matéria orgânica, características de esgotos sanitários (Netto, 2007). Por isso, resultados obtidos em pesquisas com essa configuração permitem avanços com a utilização desta tecnologia.

Esses avanços podem estar ligados a escolha do material utilizado para fixação do biofilme, pois além de reterem fisicamente os sólidos suspensos presentes na água residuária, devem ser adequados à fixação dos microrganismos na formação do biofilme.

Uma alternativa é a utilização de materiais alternativos para preenchimento dos filtros, com estrutura resistente, biológica e quimicamente inerte, leveza, maior área específica e porosidade elevada, com possibilidade de colonização acelerada dos microrganismos e custos reduzidos.

Um dos materiais mais utilizados como meio suporte e adsorvente de diversos poluentes é o carvão ativado, pois contribui na remoção de compostos recalcitrantes e inorgânicos produzindo efluente final com melhores qualidades viabilizando o reuso (SANTOS, 2013). Contudo devido a seu custo elevado, vários estudos têm sido reportados sobre o comportamento de unidades de tratamento preenchidas com materiais alternativos à imobilização da biomassa em substituição a este material (Li *et al.*, 2005).

Um material alternativo é a cerâmica de argila, pois possui custo inferior e por ser um material proveniente de resíduos da construção civil, podendo representar uma alternativa ao uso do carvão ativado, desde que sua eficiência no tratamento de esgotos sanitários possa atingir níveis próximos aos alcançados por aquele material. A cerâmica de argila é muito pesquisada como material adsorvente na remoção de cor de solução têxtil (CONCEIÇÃO *et al.*, 2013).

Outro material é a borracha de pneu, pois é um resíduo adquirido como rejeito de recapagem de pneu de caminhão. A escolha pela borracha de pneu segue o mesmo princípio da cerâmica de argila de agregar valor a um resíduo, possibilitando reaproveitamento mais nobre em oposição ao mero descarte. Poucos estudos são reportados na literatura sobre esta utilização, mas alguns trabalhos indicaram resultados satisfatórios (NICIURA, 2005; UMAÑA *et al.*, 2008; BARROS *et al.*, 2012).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento de filtros anaeróbios preenchidos com carvão ativado granular, cerâmica de argila e borracha de pneus automotivos no tratamento de efluente sintético simulando esgoto sanitário.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os filtros anaeróbios de fluxo ascendente e contínuo foram confeccionados com tubo cilíndrico de *plexiglass* com diâmetro interno de 6 cm, comprimento de 65 cm e volume total de 1,3 L (Figura 1). Os materiais suportes utilizados foram carvão ativado granular (F1), cerâmica de argila (F2) e borracha de pneu (F3), com volumes úteis de 0,5 L, 0,7 L e 0,8 L, respectivamente. Os filtros F1, F2 e F3 foram operados com vazão afluente de 0,06 L.h⁻¹, 0,9 L.h⁻¹ e 0,1 L.h⁻¹, respectivamente, com TDH de 8 h, mantidos à temperatura ambiente.

Foram utilizadas 764 g de carvão ativado com densidade aparente de 0,63 g/m³, 987 g de cerâmica de argila com densidade aparente de 0,96 g/m³ e 338 g de borracha de pneu com densidade aparente de 0,38 g/m³. Os filtros foram inoculados com aproximadamente 1 L de lodo anaeróbio proveniente de um reator RALF de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da cidade de Curitiba – PR. A alimentação foi realizada com efluente sintético composto por glicose como principal fonte de carbono de acordo com metodologia adaptada da proposta por Del Nery (1987) e utilizada por Conceição *et al.* (2013), com concentração de aproximadamente 500 mg.L⁻¹ em termos de DQO.

Foram realizados 3 perfis de amostragem temporal para determinação dos parâmetros físico-químicos pH, temperatura do líquido e DQO de acordo com metodologias reportadas por Eaton *et al.* (2005); alcalinidade a bicarbonato de acordo com Ripley *et al.* (1986); e ácidos voláteis de acordo com Dillaro e Albertson (1961) em amostras do afluente e efluente de cada filtro. Os perfis de amostragem temporal tiveram duração de 24 h com coleta das amostras em intervalos de 3 h.

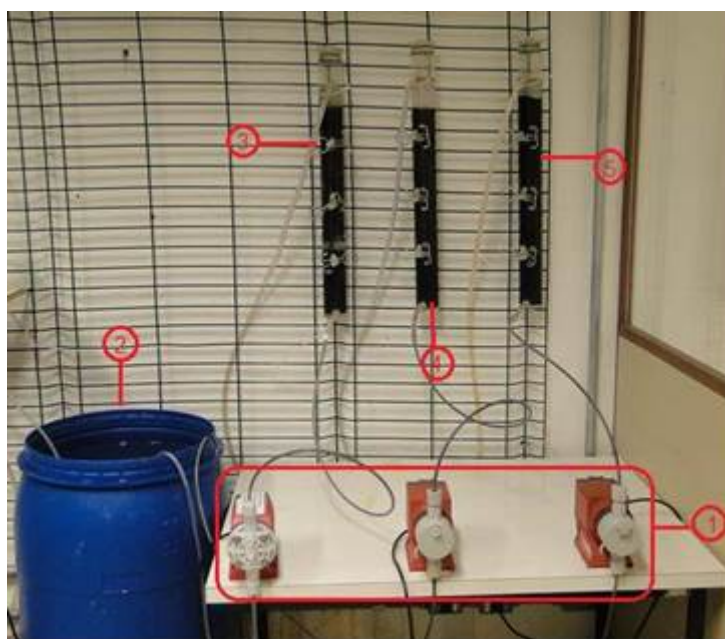


Figura 1. Filtros anaeróbios: 1 - Bombas dosadoras; 2 - Reservatório de efluente; 3 - Filtro anaeróbio com pneu de borracha; 4 - Filtro com cerâmica de argila; 5 - Filtro anaeróbio com carvão ativado

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 é apresentado um resumo dos resultados obtidos nos perfis de amostragem temporal nos filtros anaeróbios F1, F2 e F3.

Tabela 1- Resultados médios obtidos no funcionamento do reator de leito fixo.

Parâmetros	Afluente				Carvão Ativado - F1				Cerâmica de Argila - F2				Borracha de Pneu - F3			
	X	DP	Mín	Máx	X	DP	Mín	Máx	X	DP	Mín	Máx	X	DP	Mín	Máx
T (°C)	25,9	1,0	24,1	27,7	25,8	0,7	25,2	27,1	25,9	0,6	24,9	26,7	25,7	0,8	24,8	27,3
pH	7,0	0,7	6,4	8,6	7,9	0,2	7,6	8,2	7,7	0,3	7,0	8,2	7,7	0,4	7,1	8,2
AB	243	55	157	297	290	12	280	309	318	23	290	346	385	30	354	448
AV	68	26	25	91	48	17	32	79	51	27	26	119	28	8	20	42
DQO	424	55	381	536	43	26	10	74	87	48	41	194	52	39	21	183
rem. DQO					92				83				90			

N: número de amostras (27) AB: alcalinidade à bicarbonato ($\text{mgCaCO}_3\text{.L}^{-1}$); AV: ácidos voláteis (mgHAc.L^{-1}); DQO: Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}); rem. DQO: porcentagem de remoção de DQO (%); X: média aritmética; DP: desvio padrão; Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo.

De acordo com a Tabela 1 não foi possível observar variações significativas de temperatura do líquido e pH em amostras do afluente e efluente que comprometessem o desempenho dos filtros F1, F2 e F3, sendo os valores médios de 25,8 e 25,9 e 25,7 °C e pH de 7,9, 7,7, e 7,7 para carvão ativado, cerâmica de argila e borracha de pneu, respectivamente.

Segundo Chernicharo (2001), valores de pH compreendidos na faixa de 6,0 a 8,0 acarretam em melhores resultados para o bom funcionamento de sistemas anaeróbios. Speece (1996) menciona que o pH deve estar compreendido na faixa 6,5 a 8,2 para o melhor funcionamento de sistemas anaeróbios.

Diversos autores que utilizaram os mesmos materiais como meio suporte obtiveram valores de pH similares. Oliveira *et al.* (2009) na operação de um reator anaeróbio horizontal com leito fixo de carvão vegetal no tratamento de efluente sintético a base de sacarose (pH afluente de $7,3 \pm 0,4$ e efluente de $7,8 \pm 0,0$); Gourari e Achkari-Begdouri (1997) ao operarem filtros anaeróbios preenchidos com cerâmica de argila tratando efluente sintético a base de sacarose (faixa variável de pH de 7,2 a 7,8 no efluente); Sirinukulwattana *et al.* (2013) ao

utilizarem borracha de pneu em um reator fluidizado tratando efluente sintético a base de sacarose (pH variável de 6,5 a 8,2 e de 8,15 a 8,40 no afluente e efluente, respectivamente).

É possível verificar na Figura 2 a variação da alcalinidade a bicarbonato, ácidos voláteis, DQO e eficiência de remoção de DQO nos perfis de amostragem temporal.

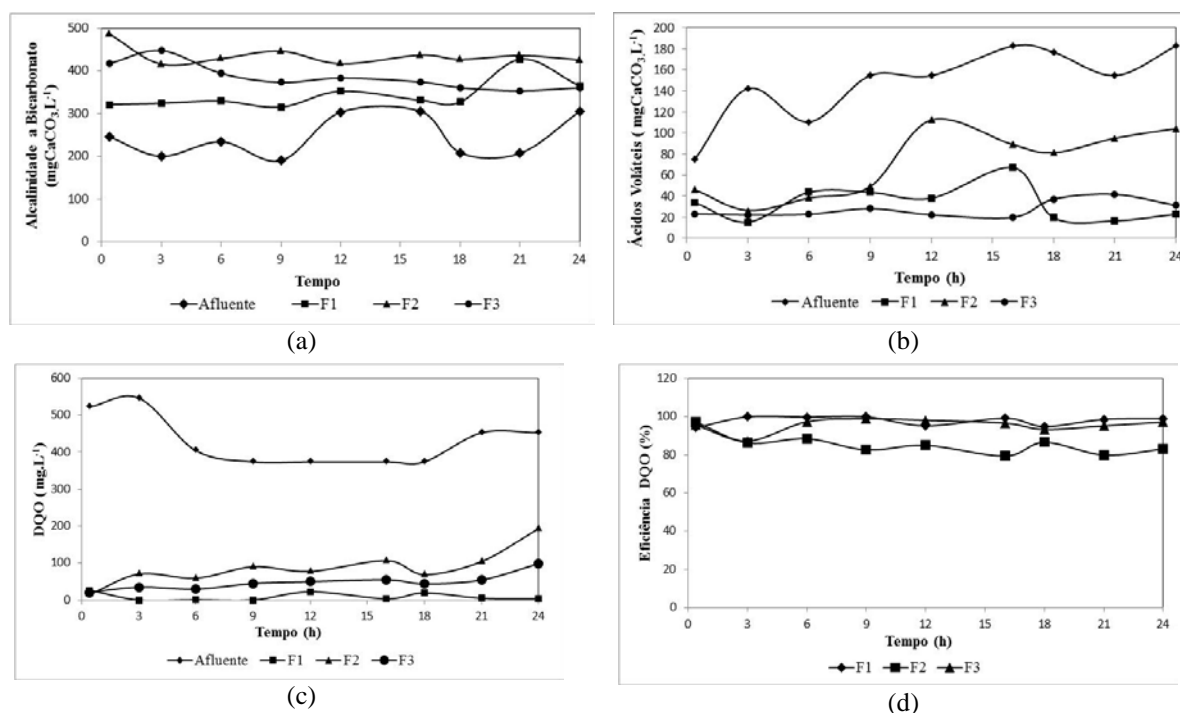


Figura 2. Resultados dos perfis de amostragem temporal de 24 h: a) alcalinidade a bicarbonato; b) ácidos voláteis; c) DQO e d) eficiência de remoção de DQO.

Na Figura 2a é apresentada a variação da alcalinidade à bicarbonato nas amostras do afluente e efluente dos filtros anaeróbios. A alcalinidade à bicarbonato variou de 157 mgCaCO₃.L⁻¹ a 297 mgCaCO₃.L⁻¹ nas amostras do afluente e de 280 mgCaCO₃.L⁻¹ a 309 mgCaCO₃.L⁻¹ nas amostras do efluente do filtro com carvão ativado, de 290 mgCaCO₃.L⁻¹ a 346 mgCaCO₃.L⁻¹ nas amostras do efluente do filtro com cerâmica de argila e de 354 mgCaCO₃.L⁻¹ a 448 mgCaCO₃.L⁻¹ nas amostras do efluente do filtro com borracha de pneu. Observa-se que os valores de alcalinidade no efluente foram superiores àqueles obtidos no afluente, indicando a capacidade de tamponamento dos filtros.

Na Figura 2b é apresentada a variação da concentração média de ácidos voláteis nas amostras do afluente (68 ± 26 mgHac.L⁻¹) e efluente dos filtros de carvão ativado (48 ± 17 mgHac.L⁻¹), cerâmica de argila (51 ± 27 mgHac.L⁻¹) e borracha de pneu (28 ± 8 mgHac.L⁻¹). Os valores da concentração de ácidos voláteis no efluente se mantiveram abaixo dos valores no afluente, indicando que houve o consumo da alcalinidade para manutenção do pH.

O estado de equilíbrio dinâmico aparente também foi observado por Garcia *et al.* (2008) que obtiveram valores médios de alcalinidade à bicarbonato em amostras do afluente e efluente de 99 ± 19 mgCaCO₃.L⁻¹ e 144 ± 22 mgCaCO₃.L⁻¹, respectivamente, e valores médios de ácidos voláteis 60 ± 27 mgHac.L⁻¹ e 44 ± 13 mgHac.L⁻¹ em um reator anaeróbio sequencial operado em batelada de 8 h com carvão vegetal tratando efluente doméstico.

Stets (2008) verificou valores médios de alcalinidade de 368 ± 134 mgCaCO₃.L⁻¹ e de 530 ± 160 mgCaCO₃.L⁻¹ e valores médios de ácidos voláteis de 233 ± 115 mgHac.L⁻¹ e 39 ± 43 mgHac.L⁻¹ nas amostras do afluente e

efluente, respectivamente, de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente com cerâmica de argila tratando efluente de abatedouro com TDH de 1 dia.

Umanã *et al.* (2008) notaram alcalinidade de $203 \pm 25 \text{ mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$ e de $218 \pm 26 \text{ mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$ e ácidos voláteis de $69 \pm 10 \text{ mgHac.L}^{-1}$ e $43 \pm 8 \text{ mgHac.L}^{-1}$ nas amostras do afluente e efluente, respectivamente, de um reator de leito fixo preenchido com borracha de pneu e alimentando com efluente de laticínio.

Os valores médios de DQO nos perfis de amostragem temporal foram de 424 mg.L^{-1} nas amostras no afluente e de 43, 87 e 52 mg.L^{-1} nas amostras no efluente dos filtros com carvão ativado granular, cerâmica de argila e borracha de pneu, respectivamente, com eficiências médias de remoção de 92%, 83% e 90% tratando efluente sintético simulando esgoto sanitário.

Alguns autores obtiveram valores de eficiência de remoção similares, tais como Oliveira *et al.* (2009) que reportaram eficiências de remoção de DQO de 95% e 91%, em reatores preenchidos com carvão vegetal no tratamento de efluente sintético a base de sacarose.

Rivera *et al.* (2002) e Stets (2008) obtiveram valores médios de eficiência de remoção de DQO de 65% e 81%, respectivamente, em filtros com cerâmica de argila tratando efluente de destilaria e efluente de abatedouro, respectivamente. Niciura (2005) e Umanã *et al.* (2008) de 70% e 77%, com borracha de pneu em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico e efluente de estrume de animais bovinos, respectivamente.

O sistema anaeróbio pode ser considerado eficiente para o tratamento de águas residuárias, quando a remoção de matéria orgânica for superior a 65% de acordo com Chernicharo (2001), o que foi verificado durante a operação dos filtros.

Analisando os resultados do desempenho dos filtros, verificou-se que os filtros com cerâmica de argila e borracha de pneu apresentaram estabilidade e eficiência de remoção de matéria orgânica similares às obtidas no filtro com carvão ativado, material amplamente usado em diversas pesquisas, indicando a possibilidade de uso desses materiais em filtros anaeróbios.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os resultados obtidos para pH do afluente estão dentro da faixa recomendada de 6,5 a 8,2 para o processo de digestão anaeróbia.

Os valores de temperatura do líquido verificados demonstraram-se adequados para o processo anaeróbio não limitando o crescimento das *Arquéias metanogênicas*, fundamentais para o tratamento anaeróbio.

Os valores obtidos nos perfis para alcalinidade à bicarbonato e ácidos voláteis indicaram alcance do estado de equilíbrio dinâmico aparente dos filtros anaeróbios no tratamento de efluente, independente do meio suporte testado.

Foi verificado que o filtro com carvão ativado granular foi o mais eficiente em termos de remoção de matéria orgânica (92%) seguido do filtro com borracha de pneu (90%) e cerâmica de argila (83%), também considerados eficientes para tratamento de esgotos doméstico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado concedida a Ellen Caroline Baettker e ao Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba, sede Ecoville pelo suporte financeiro para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, A. R.; SILVA, E. L. Hydrogen and ethanol production in anaerobic fluidized bed reactors: Performance evaluation for three support materials under different operating conditions. *Biochemical Engineering Journal*, v. 61, p. 59-65, 2012.
2. CONCEICAO, V. M. ; FREIRE, F. B. ; CARVALHO, K. Q. Treatment of textile effluent containing indigo blue dye by a UASB reactor coupled with pottery clay adsorption. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 35, p. 45-52, 2013.
3. DILLALO, R.; ALBERTSON, O. E. 1961 Volatile acids by direct titration. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 33, 356-365.
4. 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. São Carlos, 2005.
5. GARCIA, M. L.; LAPA, K. R.; FORESTI, E.; ZAIAT, M. Effects of bed materials on the performance of an anaerobic sequencing batch biofilm reactor treating domestic sewage, *Journal of Environmental Management*, v. 88, n. 4, p. 1471-1477. 2008.
6. GOURARI, S.; ACHKARI-BEGDOURI, A. Use of baked clay media as biomass supports for anaerobic filters. *Applied Clay Science*, v. 12, p. 365-375, 1997.
7. LI, Y. Z.; He, Y. L.; LIU, Y. H.; YANG, S. C.; ZHANG, G. J. Comparison of the filtration characteristics between biological powdered activated carbon sludge and activated sludge in submerged membrane bioreactors. *Desalination*, v.174, n.3, p.305-314, 2005.
8. NETTO, A. P. O. Reator Anaeróbio-Aeróbio de Leito Fixo, com Recirculação da fase líquida, aplicado ao tratamento de esgoto sanitário. 2007, 207 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo. 2007.
9. NICIURA, C. L. Avaliação do uso da banda de rodagem de pneus inservíveis triturada como suporte ao desenvolvimento de biofilmes em um reator anaeróbio de leito expansível, 2005, 204 p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo. 2005.
10. OLIVEIRA, H. R.; MACHADO, S. L. F.; SOUZA, R. C. de; VIEIRA, J. G.. Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbio com leito de argila expandida. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2011, Pelotas - Rs. Anais... Pelotas - Rs: Ufpel, 2011. p. 1-4.
11. RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. *Journal Water Pollution Control Federation*, New York, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.
12. RIVERA, A.; GONZÁLEZ, J. S.; CASTRO, R.; GUERRERO, B.; NIEVES, G. Tratamientos de efluentes de destilería en un filtro anaerobio de flujo ascendente. *Rev. Int. Contam. Ambient.* v.18, n. 3, p. 131-137. 2002.
13. SANTOS, L. S. Avaliação do desempenho de um biorreator com membranas aeróbio com adição de carvão ativado em pó no tratamento de vinhoto. 2013. p.133. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.
14. SIRINUKULWATTANA, T.; PUNGRASMI, W.; PUPRASERT, C. Treatment of Low Strength Wastewater by Rubber Granules Media AFB Reactors without Internal Recirculation. *Journal of Water Sustainability*. v. 3, n.2, p. 97-106, 2013.
15. SPEECE, R. E. Anaerobic Biotechnology for Industrial Waste Waters. EUA: Vanderbilt University, 394p. 1996.
16. STETS, M. I. Avaliação da influência do material suporte e caracterização da diversidade microbiana de reatores anaeróbios para o tratamento de efluente de abatedouro. 2008. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, 2008.
17. UMAÑA, O.; NIKILAEVA, S.; SÁNCHEZ, E.; BORJA, R.; RAPOSO, F. Treatment of screened dairy manure by upflow anaerobic fixed bed reactors packed with waste tyre rubber and a combination of waste tyre rubber and zeolite: Effect of the hydraulic retention time. *Bioresource Technology*, v 99, n 15, p 7412-7417, 2008.