

II-070 - PARTIDA DE REATOR ANAERÓBIO EM SISTEMA COMBINADO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO GERADO EM UMA INDÚSTRIA DE CAMPINAS (SP)

Bianca Graziella Lento Araujo Gomes⁽¹⁾

Bacharela em Gestão Ambiental pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP). Mestranda em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP).

Simone Geisa Silva dos Santos⁽²⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pela Faculdade Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP)

Adriano Luiz Tonetti⁽³⁾

Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP)

Endereço⁽¹⁾: Av. Albert Einstein, 951 – Cidade Universitária - Campinas - SP - CEP: 13083-970 - Brasil –
Tel: +55 (19) 3521-2373 - e-mail: bianca.graziella@hotmail.com

RESUMO

Neste trabalho estão sendo estudadas a partida e a operação de um filtro anaeróbio (preenchido com cascas de coco verde – *Cocos nucifera*) construído em escala real para o tratamento de esgoto doméstico proveniente de uma pequena comunidade e de uma fábrica de pisos para calçamento sediados na cidade de Campinas (SP). Tal filtro compõe uma combinação de reatores, sendo precedido por um tanque séptico e conectado a um filtro de areia. Para avaliação da eficácia do tratamento monitorou-se a remoção de sólidos, as concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrato e da demanda química de oxigênio (DQO) provenientes das diferentes unidades. Os resultados parciais indicam pouca variabilidade nos valores de pH entre o esgoto bruto e o efluente do filtro anaeróbio, apresentando valores próximos à neutralidade. Houve, predominantemente, redução nas concentrações de sólidos suspensos totais (SST), alcançando remoção média de $45 \pm 28\%$ após a passagem pelo filtro anaeróbio e de $86 \pm 10\%$ após o filtro de areia. A redução na concentração de matéria orgânica (medida na forma de DQO) também se mostrou significativa, com média de $248 \pm 39 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ para o efluente proveniente do filtro anaeróbio e $81 \pm 33 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ no efluente final. Com relação a nitrogênio amoniacal e nitrato, notou-se pouca eficiência no tratamento anaeróbio para redução destes, visto que a nitrificação foi mais efetiva no filtro de areia, o que também indica a importância de uma unidade complementar após o tratamento anaeróbio.

PALAVRAS-CHAVE: Partida de reator anaeróbio, tratamento simplificado, cascas de coco verde

INTRODUÇÃO

Apesar de constatada uma melhora nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos últimos 20 anos, verifica-se, ainda, grande discrepância entre as populações atendidas em áreas urbana e rural. A primeira apresenta avanços mais significativos, com a ampliação das redes de cobertura para abastecimento de água e coleta de esgoto, ao passo que na segunda ainda há predominância no uso de fossas rudimentares (46,6%), com 3,1% da população lançando seu esgoto diretamente em rios, córregos ou mar e 21% sem nenhum tipo de esgotamento (BRASIL, 2010). Tal situação merece atenção, pois, na maioria dos casos, os dejetos são lançados *in natura* nos corpos hídricos ou escorrem no próprio arruamento, contribuindo para a deterioração ambiental (TONETTI et al., 2010) e possibilitando o surgimento de vetores transmissores de doenças feco-oraís. Perante este cenário, vê-se que sistemas de tratamento simplificados podem contribuir para a solução deste problema, uma vez que, ao serem adequadamente dimensionados, apresentam baixo custo de instalação e operação e requerem pouca manutenção.

Inseridos nos sistemas simplificados para tratamento de esgoto doméstico estão os filtros anaeróbios. Estes são capazes de remover cerca de 70% da matéria orgânica e produzir uma pequena quantidade de lodo. Contudo, a escolha do material de recheio deve ser levada em consideração, pois, como salientado por van Haandel e

Lettinga (1994), o custo do material poderá alcançar a mesma ordem de grandeza da própria construção do reator. Portanto, considerando-se tais apontamentos, pesquisas no Brasil têm buscado estudar a viabilidade de materiais alternativos para preenchimento dos filtros, como anéis de eletroduto cortado, escória de alto forno e anéis de bambu (TONETTI et al., 2011), os quais, muitas vezes, estão disponíveis na própria região onde o sistema será instalado e podem reduzir ainda mais os custos de implantação. Dessa forma, dando continuidade a estas propostas, este trabalho tem estudado a partida e a operação de um filtro anaeróbio preenchido com cascas de coco verde (*Cocos nucifera*) construído em escala real para o tratamento de esgoto doméstico de uma pequena comunidade e de uma fábrica de pisos para calçamento sediados na cidade de Campinas (SP).

METODOLOGIA

Esta pesquisa vem sendo desenvolvida em uma propriedade localizada na cidade de Campinas (SP), a qual abriga duas residências, um bar e uma fábrica (de pequeno porte) produtora de materiais para calçamento (Villa Stone Comércio e Indústria de Materiais Básicos para Construção LTDA). O local não possui rede coletora de esgotos sendo todo o efluente gerado lançado em uma fossa. Ressalta-se, contudo, que o efluente encaminhado ao sistema é originário de atividades domésticas e não se mistura ao efluente industrial (oriundo das atividades produtivas da fábrica).

Todo o esgoto gerado é coletado por uma tubulação de 0,100 m e direcionado ao tanque séptico. Tal reator foi projetado de acordo com a NBR 7229 (1993), para atendimento de 20 usuários. Utilizaram-se anéis de concreto pré-moldados para estruturação do tanque, o qual possui apenas uma câmara e volume útil de 4,30 m³.

Após a passagem pelo tanque séptico o efluente é encaminhado para uma caixa de coleta, a qual tem formato quadrado e possui volume útil de 0,018 m³.

Esta primeira caixa de coleta está conectada à tubulação de entrada do filtro anaeróbio (também construído com anéis de concreto pré-moldados). Visando proporcionar uma aplicação homogênea do afluente, a tubulação de distribuição avança 0,76 m pela base do reator e através de perfurações de 0,030 m de diâmetro o afluente é distribuído por fluxo ascendente (Figura 1). Para que não ocorra o arraste do material suporte, encontra-se sobre este uma placa de concreto perfurada por toda sua área superficial, e acima da placa há a tubulação de saída igualmente perfurada como a tubulação de entrada.



Figura 1 – Esquema do filtro anaeróbio (A) e detalhe da placa perfurada e tubulação de coleta (B)

O dimensionamento do reator anaeróbio foi baseado na Norma Brasileira (NBR) 13969 (1997). O volume calculado segundo a norma seria de 2,24 m³, contudo, os trabalhos de Alem Sobrinho e Said (1991) e Tonetti *et al.* (2011) apresentaram resultados satisfatórios para a remoção de matéria orgânica com a adoção de volumes e tempos de detenção hidráulica inferiores aos sugeridos pela referida norma. Portanto, adotou-se, o volume útil de 1,57 m³ para o reator (descontando-se o volume da placa perfurada), e como material suporte, optou-se por um material facilmente encontrado na região, o coco verde (*Cocos nucifera*), cujas cascas foram partidas em porções menores e dispostas no reator.

O líquido que deixa o filtro anaeróbio é direcionado a uma caixa sifonada quadrada com volume útil de 0,025 m³. Desta forma, apenas quando a caixa está plenamente preenchida, ocorre um sifão que permite a entrada do afluente ao filtro. Visa-se com este dispositivo a manutenção da condição aeróbia do filtro de areia através da aplicação intermitente do líquido. Além disso, antes de atingir a camada de areia, o líquido é vertido sobre o centro de uma lajota de concreto (diâmetro = 0,25 m) e se distribui pela superfície da mesma. Este choque permite a formação de gotículas que espalham uniformemente sobre o leito.

O filtro de areia também foi estruturado a partir de anéis de concreto, cujo dimensionamento foi baseado na pesquisa desenvolvida por Tonetti (2008) conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados para a construção do filtro de areia baseados em Tonetti (2008)

Item	Unidade	Valor Adotado
Pessoas Contribuintes (N)	pessoas	20
Contribuição de Despejos (C)	L/pessoas.dia	70
Volume Diário de Contribuição (V)	Litros	1400
Área Superficial para Taxa de 500 L/m ² .dia	m ²	2,80
Área Superficial Adotada	m ²	2,84

Para a composição do leito foram empregadas três camadas estratificadas: a primeira (base do filtro) possui 0,20 m de profundidade e é composta por pedaços pequenos de entulho da construção civil; a segunda camada possui 0,05 m de Brita 1 e a terceira, 0,40 m de areia média.

Para avaliação da eficácia do tratamento foram coletadas amostras semestrais diretamente das tubulações de saída de cada unidade, sendo analisadas conforme as recomendações da APHA; AWWA; WEF (2012).

RESULTADOS OBTIDOS

O filtro anaeróbio passou a compor o sistema após um ano de operação do tanque séptico e do filtro de areia. As coletas iniciaram uma semana após a interligação dos três tanques.

O efluente bruto oriundo do tanque séptico apresentou valores de pH próximos à neutralidade, não havendo oscilações bruscas durante o período. Da mesma forma ocorreu com o efluente final (saída do filtro de areia) que, apesar de um pouco mais elevado, ainda encontra-se em conformidade com a legislação para o lançamento em corpos hídricos (pH entre 6,0 e 9,0) segundo a Resolução CONAMA 357/2004.

Os valores de DQO do efluente bruto oriundo do tanque séptico (Tabela 2) estão de acordo com a faixa considerada típica por Sperling (2005) para esgoto doméstico (de 400 a 800 mgO₂.L⁻¹). Porém, observa-se que a DQO média (Tabela 2) do efluente do filtro anaeróbio bem como as demais concentrações obtidas durante o período (Figura 2) são superiores à faixa típica (de 100 a 200 mgO₂.L⁻¹) reportada pelo mesmo autor para sistemas combinados de tanque séptico e filtro anaeróbio, o que permite supor um comportamento ainda instável (adaptação da microbiota). Contudo, a remoção média obtida ao final do tratamento é significativa (cerca de 80%) com concentração final de 81 ± 33 mgO₂.L⁻¹. Este último está de acordo com a Legislação Alagoana (Alagoas, 1985), a qual estipula como padrão valores ≤ 150 mgDQO.L⁻¹ para lançamento de efluentes no Estado.

Tabela 2 – Resultados parciais obtidos durante o período

Parâmetro	Esgoto Bruto	Filtro Anaeróbio	Filtro de Areia
pH	$7,20 \pm 0,11$	$7,36 \pm 0,14$	$7,62 \pm 0,28$
DQO (mgO ₂ .L ⁻¹)	471 ± 147	248 ± 39	81 ± 33
SST (mg.L ⁻¹)	$159,00 \pm 85,12$	$85,90 \pm 53,28$	$19,90 \pm 15,70$
N-amoniacial (mg.L ⁻¹)	$83 \pm 6,3$	$84 \pm 6,9$	$78 \pm 8,2$

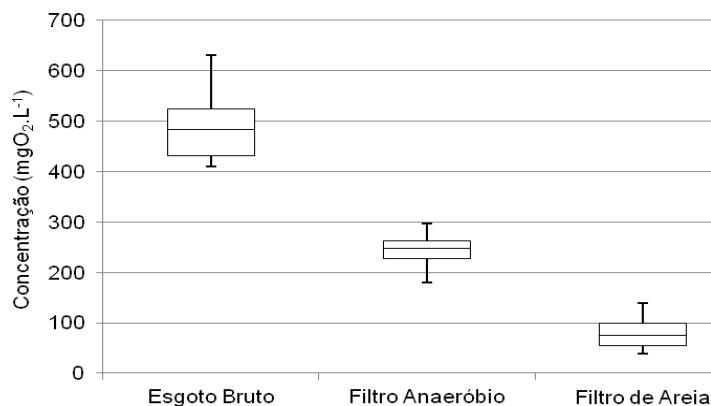


Figura 2 – Variação da concentração de DQO

Quanto a sólidos suspensos totais, observa-se que, após a passagem pelo filtro anaeróbio há, predominantemente, queda na concentração, reduzindo em média 45±28% do valor inicial, alcançando o valor máximo de 80%. Vale ressaltar também que ao final do tratamento, reduz-se ainda mais a concentração de sólidos suspensos (como pode ser observado na Figura 3), obtendo-se a média de $19,90 \pm 15,70$ mgSST.L⁻¹ no efluente do filtro areia (Figura 4), sendo estes valores já satisfatórios para o lançamento de efluentes em corpos hídricos segundo a Legislação mineira COMPAM nº10/1986 (COPAM, 1986), a qual condiciona 100 mg.L⁻¹ como concentração máxima diária e média mensal de 60 mg.L⁻¹.

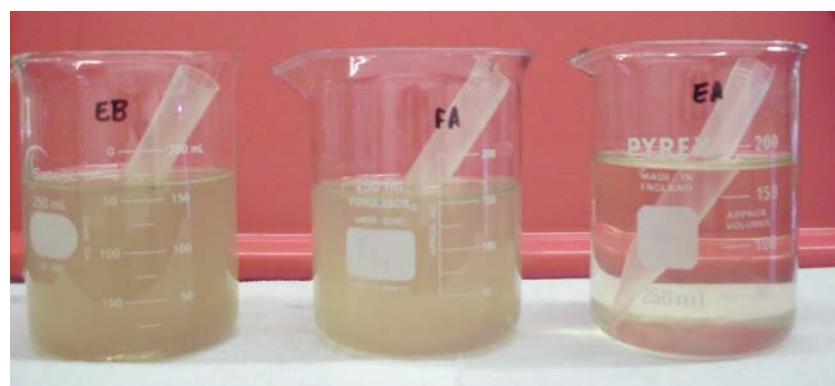


Figura 3 – Amostras de efluentes provenientes do tanque séptico (Esgoto Bruto – EB), Filtro Anaeróbio (FA) e Filtro de Areia (EA)

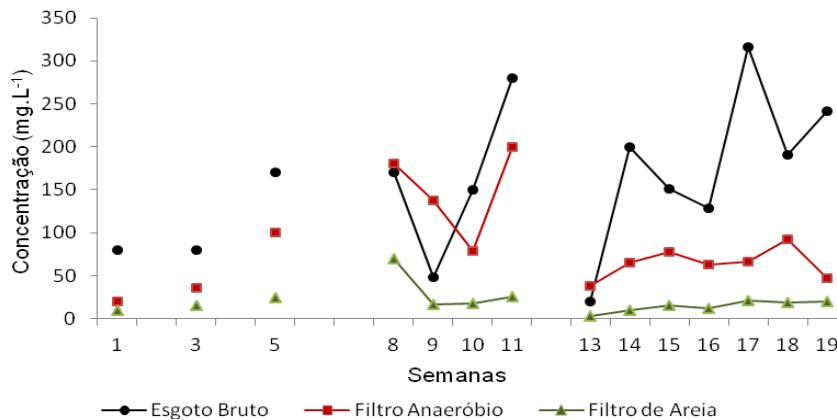


Figura 4 – Concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST) em função das semanas de coletas

Com relação aos compostos nitrogenados, verificou-se que o esgoto bruto constitui-se predominantemente por nitrogênio amoniacal. O que pode ser justificado pelo sanitário presente no bar que contribui com um efluente mais concentrado em ureia. Observa-se, também, que a concentração de N-NH_4^+ pouco se altera durante o tratamento. Apenas nos períodos próximos à troca da camada superficial de areia (procedimento executado no início do tratamento e na 13^º semana de operação quando constatada a colmatação da porção superior do leito) é que se verifica a ocorrência do processo de nitrificação de forma mais efetiva (Figura 5). Porém, logo a concentração de N-NH_4^+ efluente torna a se aproximar da concentração afluente. Pode-se supor, portanto, que o efluente esteja percolando rapidamente sem que ocorra a acumulação dos compostos nitrogenados no filtro. Ou ainda, que a camada de areia (0,40 m) não seja suficiente para promover a aeração natural necessária para nitrificação.

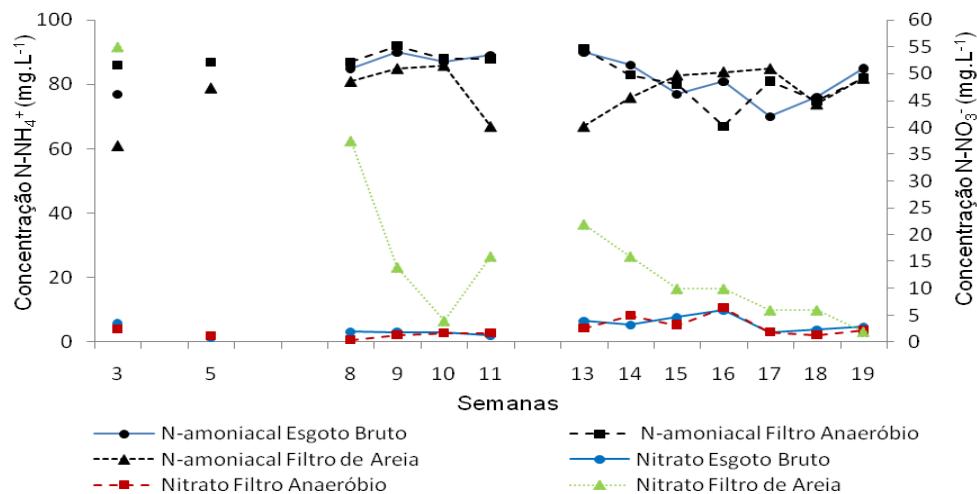


Figura 5 – Concentrações de N-NH_4^+ e Nitrato nas unidades de tratamento

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A operação do sistema constituído por tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia tem se mostrado simplificada, necessitando apenas de substituições periódicas da camada superficial de areia devido à colmatação. O pH sofre pequenas alterações, com leve aumento no efluente final, mas mantendo-se próximo à neutralidade. Apesar de significativos, os valores de remoção de matéria orgânica (medida em DQO) e de sólidos suspensos totais pelo filtro anaeróbio ainda se mostram instáveis (médias de 67% e 45%, respectivamente), provavelmente devido ao período de adaptação dos microrganismos. Porém, a remoção média final para estes mesmos parâmetros são mais satisfatórias (80% e 86%, respectivamente). Se considerados apenas estes valores finais, o efluente tratado poderia ser lançado em corpos hídricos por estar

em conformidade a legislações estaduais específicas como a de Alagoas (Decreto nº 6.200/1985) e a de Minas Gerais (COPAM nº10/1986). A concentração de nitrogênio amoniacal afluente pouco difere dos efluentes do filtro anaeróbio e do efluente final, indicando a não acumulação deste nutriente nos filtros. O processo de nitrificação foi observado com maior expressividade no período próximo à troca de areia da porção superior do leito, contudo, a eficiência não foi mantida, indicando perda na capacidade de aeração natural do filtro o que pode estar relacionado com a distribuição do líquido sobre a superfície do leito e com a altura da camada de areia.

A partir dos resultados parciais, conclui-se que o filtro anaeróbio preenchido com cascas de coco é eficiente para remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos, porém, pouco eficiente para remoção de nitrogênio. Sendo que o polimento do efluente final poderá ser mais efetivo com a inclusão de um tratamento complementar, como um filtro de areia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALAGOAS. Decreto nº 6.200. Medidas de proteção ambiental na área de implantação do polo cloroquímico de Alagoas. Diário Oficial do Estado de Alagoas. Maceió, 1985. 5p
2. ALÉM SOBRINHO, P.; SAID, M. A. Decanto digestor e filtro anaeróbio, experiência de campo. Proposições para alteração do método de dimensionamento do filtro anaeróbio proposto pela NBR 7229. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), 1991.
3. APHA/AWWA/WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater. 19^a Edition. New York: American Public Health Association*. 2012.
4. BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Relatório Nacional de Acompanhamento. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (Ipea), Mar. 2010.
5. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução Número 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Desenvolvimento e Meio Ambiente. 2005
6. NBR 7229 – Projeto, construção e operação de tanques sépticos. São Paulo, ABNT. 1993.
7. NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. São Paulo, ABNT. 1997.
8. TONETTI, A. L. Tratamento de esgotos pelo sistema combinado filtro anaeróbio e filtros de areia. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Tese de doutorado. 2008.
9. TONETTI, A. L.; CORAUCCI FILHO, B.; BERTONCINI, E. I.; OLIVEIRA, R. A.; STEFANUTTI, R. Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.227–234, 2010.
10. TONETTI, A. L.; CORAUCCI FILHO, B.; GUIMARÃES, J. R.; CRUZ, L. M. O.; NAKAMURA, M. S. Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16 n.1, p 11-16. 2011.
11. TONON, D. Tratamento de efluente anaeróbio: condicionamento em filtro de areia visando lançamento e reúso. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Tese de doutorado. 2011.
12. USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Onsite wastewater treatment manual. Technology Transfer*. Washington. 2002.
13. VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: Ed. Epigraf, 1994.