



Tratamento Alternativo do Esgoto Doméstico: Destinação e Reuso do Lodo na Agricultura

Saulo Soares Neiva⁽¹⁾; Fernanda Costa Ferreira Fernandes⁽²⁾; Leopoldo Concepción Loreto Charmelo⁽³⁾; Grazielle Wolff de Almeida Carvalho⁽⁴⁾ & Adriano Carlos Soares⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Eng. Ambiental e Sanitarista; Centro Universitário de Caratinga (UNEC) – MG; Caratinga, MG; E-mail: saulo.engenhariaambiental@gmail.com; ⁽²⁾ Estudante do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente; Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista (IFMG/SJE); ⁽³⁾ Coordenador do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária; UNEC/MG; ⁽⁴⁾ Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente; IFMG/SJE; ⁽⁵⁾ Coordenador do curso de Farmácia; UNEC/MG.

RESUMO: O tratamento alternativo de esgoto doméstico é um grande desafio para redução dos problemas relacionados ao saneamento rural. Nas áreas urbanas de muitas cidades brasileiras já existem construídas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), porém, nas áreas rurais a realidade é diferente devido, entre outros, a dificuldade de acesso e distribuição das residências de modo disperso. Este trabalho teve como objetivo analisar a eficiência do reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) preenchido com fibra da casca de coco combinado com reator aeróbico de areia e brita para tratamento do esgoto doméstico. O projeto foi dividido em três etapas, levantamento de dados e montagem do sistema piloto de tratamento de esgoto, coleta e transporte das amostras antes e após o tratamento e por fim análises e comparação com a legislação de tratamento de efluentes domésticos vigentes. Os resultados obtidos não alcançaram os padrões de lançamento estabelecidos nas legislações existentes, no entanto, foi observada eficiência considerável ao se observar o pequeno tempo de funcionamento do sistema de tratamento, de 36 horas. O lodo gerado no experimento poderá ser utilizado na agricultura como biofertilizante, mas devem ser observadas as metodologias necessárias para estabilização e processamento deste resíduo.

Termos de indexação: Saneamento rural, biofilme, biofertilização.

INTRODUÇÃO

A água potável é um bem natural de fundamental importância para o ser humano, mas a sua qualidade e quantidade tem sido alterada drasticamente. O desenvolvimento econômico desordenado e a falta de políticas públicas eficientes para a conservação deste recurso são as principais causas deste problema.

Por falta de um sistema de tratamento adequado, a população rural geralmente descarta o esgoto doméstico diretamente nos cursos d'água ou em fossas sépticas construídas às vezes de forma

rudimentar, prejudicando os recursos hídricos e a saúde (Bernardes & Soares, 2003).

De acordo com Santos (2006, citado por Azevedo et al., 2008), existem diversas alternativas para se tratar águas residuais, empregando processos físicos, químicos, biológicos ou através da combinação desses. Contudo, a maioria das estações de tratamento de efluentes são concebidas considerando uma etapa baseada em processos biológicos, em ambiente anaeróbico, aeróbico ou anóxico.

A fibra do coco possui alta capacidade de reter a umidade e alta porosidade, deste modo, a avaliação de sua potencialidade como suporte para biofilmes é uma alternativa muito animadora, visto que no Brasil, a presença deste tipo de resíduo é muito grande (Pinto et al., 2003 citado por Azevedo et al., 2008).

A utilização do lodo proveniente do tratamento de esgoto na agricultura tem sido amplamente pesquisada em todo o mundo, mais de 50.000 artigos científicos sobre o assunto já foram publicados, e nenhum efeito adverso relacionado ao uso controlado deste material foi encontrado (Water & Environment International, 1998 citado por Andreoli & Pegorini, 1998).

Segundo Andreoli et al. (1999), as características físico-químicas do lodo do esgoto o tornam um excelente condicionador do solo, de modo que este resíduo pode auxiliar na melhoria das práticas agrícolas atualmente administradas em nosso país.

Logo, o presente trabalho buscou analisar a eficiência do sistema combinado de um reator UASB com a utilização de fibra de casca de coco como suporte para formação de biofilme e um reator aeróbico com areia e brita, formando um sistema misto para o tratamento do esgoto doméstico e um composto passível de ser utilizado como biofertilizante, auxiliando assim de forma econômica e social aos moradores das áreas rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local de estudo

O trabalho foi desenvolvido no município de Entre Folhas, que localiza-se na microrregião de Caratinga – Minas Gerais, na mesorregião do Vale do Rio Doce, possuindo uma área de 85,39 Km². Segundo o censo IBGE (2010) sua população é de 5.175 habitantes.

A microbacia do Córrego dos Bentos possui área de 5,94 Km² e seu perímetro é de 13,01 Km, possuindo um curso d'água principal, um secundário e vários outros terciários provenientes de pequenas nascentes. Na microbacia existem aproximadamente 26 residências, sendo que apenas 10 contam com instalações sanitárias para o tratamento do esgoto doméstico, sendo estas de fossa de alvenaria.

Tratamentos e amostragens

A fibra da casca de coco verde (*Cocos nucifera*), utilizada como substrato foi obtida através de uma sequência de operações, sendo elas: dilaceração, pré-secagem, moagem/trituração, prensagem e classificação.

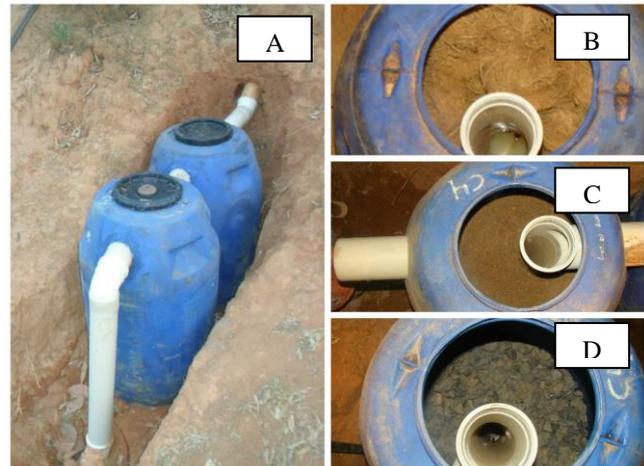
Como a fibra de coco foi posteriormente colocada em reatores para o tratamento de efluente, foi necessário e de grande importância saber antes o volume ocupado após a absorção de água. Esse teste foi realizado em provetas de 500 mL conforme Azevedo et al. (2008), onde foram adicionados 10 g de fibra de coco e acrescido o volume máximo de água absorvida. O material umedecido foi deixado de um dia para o outro a fim de verificar se haveria alteração no volume ocupado.

O Tempo de Detenção Hidráulica (TDH), foi calculado conforme a vazão do efluente doméstico da residência. Como o sistema foi conectado diretamente na saída do reator UASB existente como tratamento principal, a vazão foi considerada constante e a alimentação foi realizada todos os dias da semana sem interrupções.

Para montagem da estação de tratamento foram utilizadas dois tambores de polietileno com volume de 200 L, posicionados verticalmente, conforme metodologia de Lo Monaco et al. (2009). O primeiro reator, UASB, possui entrada na parte superior, onde foi instalado um "T" ligado a um tubo perfurado de 100 mm posicionado na vertical, possibilitando assim o transporte do efluente para obter-se o fluxo ascendente. Na parte superior da coluna filtrante, foi disposta uma espécie de tampa de polietileno para evitar o transporte do material filtrante junto ao efluente.

O segundo reator foi construído com as mesmas características do primeiro, sendo modificado apenas o meio de suporte e função, possuindo este uma abertura para atuação de forma aeróbia (Figura 1).

Figura 1 – Montagem do sistema de tratamento e material de preenchimento.



*A – Montagem do Sistema de Tratamento; B - Reator UASB preenchido com fibra da casca de coco; C e D - Reator aeróbio de areia e brita.

Fonte: Neiva et al. (2014).

As amostras do afluente e efluente foram coletadas do sistema de tratamento para as análises em termos de matéria orgânica e nutrientes. A comparação dos valores de concentração obtidos nos testes com os padrões de lançamento da legislação existente, tanto a nível federal como estadual, foi realizada através da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008 e Resolução 430/2011 do CONAMA.

O material de preenchimento do primeiro reator foi composto pela fibra de coco verde, já no segundo, por brita quatro na parte inferior e areia na superior, formando um sistema de fluxo ascendente.

Toda a metodologia de coleta e acondicionamento para transporte foi realizada seguindo as diretrizes propostas no Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise físico-química de Água (EMBRAPA, 2006) e o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB-ANA, 2011). No momento da coleta foram aferidas a temperatura, tanto da amostra, como do ar.

Para garantir a confiabilidade dos dados e redução de algum possível erro, o procedimento foi realizado em triplicata, totalizando assim 12 amostras para análise. Foi preparado também o branco, onde foi acrescentada água destilada ao invés da amostra do efluente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o teste para determinação da alteração do volume ocupado pela fibra, verificou-se que não houve alterações visuais no volume ocupado.



Conforme o valor médio da vazão encontrado, $Q = 0,0026 \text{ L/s}$ e o volume alagado do sistema, que foi de 170 L em cada reator, o TDH encontrado foi de 36 horas, tempo este importante por permitir um período maior de contato entre o efluente e o meio de suporte.

No momento da primeira coleta, que foi realizada logo após o início da alimentação do sistema, a temperatura no reator foi de $21,1^\circ\text{C}$ e do ambiente de $24,8^\circ\text{C}$.

Observou-se que no momento da primeira coleta a temperatura ambiente era maior que a temperatura no reator UASB com fibra de coco verde, mas no momento da segunda coleta, após 36 horas de funcionamento, a situação se inverteu, mostrando assim a existência da ação dos microrganismos e possivelmente o início da formação do biofilme.

A concentração da Demanda Química de Oxigênio (DQO) do afluente, amostra E1, foi no início do funcionamento do sistema de tratamento em média de $238,56 \text{ mg.L}^{-1}$. A amostra da saída S1, foi de $203,17 \text{ mg.L}^{-1}$. Já na segunda coleta, realizada após o TDH, foi obtido o valor de DQO na entrada do sistema E2, de $235,006 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este um pouco menor que na primeira coleta, possivelmente por causa dos produtos químicos empregados para limpeza da residência um dia antes da primeira coleta. A DQO obtida da amostra de saída S2 foi em média de $195,51 \text{ mg.L}^{-1}$ (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Concentrações obtidas no teste de DQO em triplicata, mediana e desvio padrão.

COLETA	CONCENTRAÇÃO DQO (mg.L^{-1})				
	VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
E1	233,57	240,60	241,51	238,56	4,34
S1	203,82	203,17	202,53	203,17	0,64
E2	234,43	234,44	236,16	235,00	0,90
S2	193,90	195,72	196,92	195,51	1,52

Fonte: Neiva et al. (2014).

Logo, observando os valores de E1 e S2, obteve-se uma taxa de eficiência para redução média de 18,05%, valor este acima dos padrões de lançamento estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008 em seu Art. 29, que estabelece para lançamento de efluentes a concentração de DQO de até 180 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotamento sanitários. Ressalta-se que a nível nacional, por meio da Resolução do 430/2011 do

CONAMA não existe padrão para lançamento de efluentes com relação ao parâmetro DQO.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) média da amostra E3, entrada do sistema, foi de $146,77 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este considerado alto com relação aos padrões de lançamento. A próxima amostra coletada foi a S3, correspondente ao primeiro efluente de saída, o valor obtido foi de $125,43 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este ainda fora dos padrões para lançamento, mas já com alguma redução ao se comparar com a primeira amostra. As últimas amostras coletadas foram as E4 e S4, os valores obtidos foram respectivamente $141,5 \text{ mg.L}^{-1}$ e $117,17 \text{ mg.L}^{-1}$, todos os valores obtidos podem ser observados na **tabela 2**, bem como a média e desvio padrão.

Tabela 2 – Concentrações obtidas no teste de DBO em triplicata, mediana e desvio padrão.

CONCENTRAÇÃO DBO (mg.L^{-1})				
VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO	VALOR MÁXIMO	MEDIA	DESVIO PADRÃO
146,19	146,20	147,93	146,77	1,00
123,15	126,26	126,90	125,43	2,01
139,66	142,04	142,82	141,50	1,64
115,74	117,30	118,48	117,17	1,37

Fonte: Neiva et al. (2014).

De modo geral, conforme os resultados obtidos nas análises de DQO e DBO, o sistema de tratamento não atingiu os resultados esperados, logo, são necessárias futuramente novas análises para monitorar e quantificar sua eficiência após um período de maturação. Após a formação do biofilme espera-se obter resultados que atendam as legislações vigentes para lançamento do efluente tratado. Vários materiais são estudados para formação de biofilme para degradação da matéria orgânica. Souza et al. (2010) monitoraram em sua pesquisa o tempo de crescimento do biofilme com preenchimento de bambu, o tempo encontrado foi de 90 dias, com relação à fibra de coco ainda não há pesquisas que definiram o tempo de formação do biofilme.

O valor da eficiência do parâmetro DBO foi maior que o encontrado para a DQO. De acordo com Azevedo et al. (2008) este processo é tipicamente encontrado em tratamentos biológicos de efluentes domésticos. A relação DBO/DQO média permite saber de forma aproximada o grau de biodegradabilidade do efluente doméstico. O valor encontrado no sistema proposto no trabalho na análise pré-tratamento foi de 0,61, ficando, portanto fora da faixa ideal para este tipo de tratamento, que é entre 0,3 e 0,4. Logo, a composição do esgoto



doméstico em estudo, que era referente ao esgoto gerado em todas as áreas da residência pode ter influenciado negativamente na eficiência do processo de redução da DBO e DQO dentro do TDH estudado.

Mesmo não estando na faixa de biodegradabilidade ideal, o esgoto doméstico da residência pode ser comprovadamente tratado por processos biológicos, a relação DQO/DBO da entrada do sistema de tratamento é de 1,6, estando portanto dentro dos limites recomendados para este tipo de tratamento, conforme Von Sperling (2005), que estabelece relação DQO/DBO menor que 2,5.

O Lodo gerado nos tratamentos biológicos do esgoto podem comprovadamente serem empregados no processo produtivo agrícola. A utilização do lodo como biofertilizante nas atividades agrícolas, além de permitir o aumento da produtividade das culturas, evita gastos econômicos e energéticos, e melhora as características físicas e químicas do solo por apresentar elevados teores de matéria orgânica e outros nutrientes. No entanto, cabe ressaltar que devem ser observadas criteriosamente as regras para estabilização e processamento do mesmo, de modo a não causar riscos à saúde humana e impactos ambientais negativos. As características dos lodos diferem consideravelmente de uma estação de tratamento de esgoto para outra, logo, é necessário adotar as medidas adequadas para a sua caracterização, manejo e posterior disposição final.

CONCLUSÕES

O sistema estudado não apresentou os resultados esperados para ser considerado viável como tratamento de esgoto doméstico nas áreas rurais.

É necessário um tempo maior que o estudado para maturação e formação do biofilme, tornando assim o sistema eficaz.

O sistema de tratamento alternativo demonstrou ser economicamente viável para aplicação no tratamento de esgoto doméstico nas áreas rurais e passível de ser utilizado para geração de adubo orgânico.

Apesar da potencialidade do lodo gerado para agricultura, estudos são necessários para garantir a destinação e reuso com segurança nas culturas agrícolas.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S. Proposta de Roteiro para Elaboração de Planos de Distribuição de Lodo. In: I Seminário sobre Gerenciamento de Biossólidos do Mercosul, Curitiba, dez 1-4, 1998.

ANDREOLI, C. V. et al. Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura. Curitiba. PROSAB - SANEPAR, 1999.

AZEVEDO, B.S.M; BEZERRA, R.S; RIZZO, A.C.L. Utilização da Fibra da Casca de Coco Verde como Suporte para a Formação de Biofilme Visando o Tratamento de Efluentes. XVI Jornada de Iniciação Científica – CETEM. Anais, Rio de Janeiro, 2008.

BERNARDES, R.S.; SOARES, S.R.A. Diagnóstico de Sistemas de Saneamento na Zona Rural: estudo de caso em municípios da região amazônica. UNB Brasília, 2003. p. 1-8.

CETESB – ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CONAMA. Resolução Nº 430/2011 - Disponível Em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2014.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual Prático de Análise de Água. 4ª Ed. FUNASA, Brasília, 2006. 154p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=312385&search=minasgera%7Centre-folhas%7Cinfograficos:-dados-gerais-domunicipio> o>. Acesso em: 12/05/2014.

LO MONACO, P. A. et al. Desempenho de Filtros Constituídos por Fibras de Coco no Tratamento de Águas Residuárias da Suinocultura. Engenharia na Agricultura, v.17, n.6, 2009.p.473-480.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 01/04/2014.

SOUZA, R.C; ISOLDI, L.A; OLIZ, C.M. Tratamento de Esgoto Doméstico por filtro Anaeróbio com Recheio de Bambu. Vetor, v.20, n.2. Rio Grande, 2010. p. 5-19.

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. vol. 2. Princípios Básicos do Tratamento de Esgoto. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. Belo Horizonte, 2005. 211p.