

ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE FILTRAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS UTILIZANDO RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Rafaella Gonçalves Sena *, André Rocha

* Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, rafaella_sena@hotmail.com.br

RESUMO

Tendo em vista que as águas cinza se tornam um recurso importante para garantir a sustentabilidade ambiental, em função do reaproveitamento de águas, a pesquisa aqui apresentada possui como foco principal o desenvolvimento e avaliação de desempenho de sistemas de filtração de águas cinzas preenchido por meios suportes formados por diferentes Resíduos Sólidos da Construção Civil (brita # 1, aparas de conduíte corrugado, resíduos de demolição). Este trabalho propõe o desenvolvimento e avaliação de desempenho de uma bancada experimental para a filtração de águas cinzas provenientes da lavagem de vasilhames utilizados para preparação de alimentos no refeitório do CEFET-MG, utilizando três modelos de filtros de fluxo descendente, com capacidade de 7065 mL. À luz de experiências no laboratório, avalia-se também a viabilidade e os riscos inerentes à reutilização dos efluentes das águas cinzas.

PALAVRAS-CHAVE: águas cinzas, filtração, sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As águas cinza são um recurso importante para garantir a sustentabilidade ambiental, visto que, com o reaproveitamento de águas, tem-se a moderação do uso dos recursos de água doce. Desta maneira, reduzem-se os riscos para a saúde, em consequência da redução da captação de água, e reduz-se também o volume de efluentes gerados. Consequentemente, atenuam-se os impactos deste nos cursos hídricos. Assim sendo, a reutilização de águas cinzas promove a melhoria da gestão, incluindo controle da poluição (WHO, 2006).

Em outro aspecto, a sustentabilidade na construção civil hoje é um tema de extrema importância, uma vez que a indústria da construção causa um grande impacto ambiental ao longo de toda a sua cadeia produtiva. Estima-se que a geração de resíduos sólidos da construção civil (RSCC) situa-se em torno de 450 kg/habitante/ano, variando em função do desenvolvimento econômico do município (SINDUSCON-MG, 2008). Neste contexto, o uso de RSCC como meio suporte para filtros biológicos para o tratamento de efluentes é vantajoso, já que este é um material inerte, de fácil obtenção e baixo custo.

OBJETIVOS

A busca pela redução do uso, pelo reaproveitamento e reciclagem de uma gota sequer é sinônimo de contribuição para uma vida futura melhor. Desta forma, este trabalho tem por objetivo demonstrar como é possível, a partir da elaboração e avaliação de sistemas de filtração construídos com resíduo sólidos da construção civil, as águas cinzas podem ter seu uso voltado para a irrigação de jardins ou gramados e, quando tratadas adequadamente, para outros usos além destes, como descargas de banheiros e lavanderias. A substituição da água potável por água cinzas nestas operações não só reduz a demanda de abastecimento de água potável, como também reduz a quantidade de água residual lançada no meio ambiente (NSW GOVERNMENT, 2008).

Estas águas são um recurso importante para garantir a sustentabilidade ambiental, visto que a aplicação de águas cinzas contribui para uma moderação do uso dos recursos de água doce. Desta forma, é possível reduzir os riscos para a saúde das comunidades à jusante e, em consequência da diminuição da captação de água, também se reduz o fluxo de efluentes gerados e, consequentemente, atenuam-se os impactos deste nos cursos hídricos. A reutilização de águas cinzas também promove a melhoria da gestão, incluindo controle da poluição e conservação, sendo, portanto, um fator fundamental na manutenção da integridade do ecossistema (WHO, 2006).

METODOLOGIA

A pesquisa experimental foi realizada no Laboratório de Microbiologia e Química Ambiental do Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental (DCTA), Campus I do CEFET- MG, em Belo Horizonte - MG.

Para o alcance dos objetivos, primeiramente foram desenvolvidos os sistemas de filtração de águas cinzas, os quais são dotados de Resíduos Sólidos de Construção Civil (RSCC) como material suporte. Após a construção dos sistemas de filtração, deu-se a etapa de avaliação de desempenho dos mesmos.

Camadas Filtrantes

Entre os materiais de enchimento convencionalmente utilizados em filtros biológicos percoladores estão a pedra britada, a escória de alto-forno, os anéis plásticos randômicos e os blocos cross-flow (ALMEIDA et al, 2007). Atualmente, novos meios filtrantes vêm sendo analisados.

De acordo com Alcantara (2010), ao comparar o eletroduto (conduíte) e pedregulho como meios filtrantes, o conduíte é mais recomendável, uma vez que possui maior porosidade. A maior porosidade pode proporcionar um tratamento de maior volume de água. Em uma mesma área de filtração, isso pode significar uma redução de custos, tendo em vista o maior volume de água tratado, de forma a favorecer regiões de menor poder aquisitivo.

Em outro projeto de sistema de tratamento de efluente utilizando filtro preenchido com anéis de bambu e conduíte, foram observadas eficiências médias de remoção de até 97% para a demanda química de oxigênio total, de 98% para os sólidos suspensos totais, de 78% para o nitrogênio total, de 79% para o fósforo total, de 99,9% para o cobre, de 99,9% para o zinco e de 99,99% para os coliformes termotolerantes (DUDA, 2010).

Campos et. al. (2004), trabalhando com resíduo de construção civil como meio filtrante, obtiveram uma eficiência na redução de DQO de 29,6% para o material cerâmico (tijolo) e de 25,8% para a brita. Além disso, os mesmos autores notaram que não houve alteração significativa no pH, que se manteve 7,3, nos filtros estudados.

Jordão, Pessoa (2005) destacam a importância da apresentação de características físicas inerentes aos materiais utilizados como meio filtrante, dentre essas características, destacam-se: a altura nominal, o peso específico, a superfície específica e o índice de vazios;

A partir destas pesquisas, optou-se por utilizar como meios filtrantes a brita, o tijolo e o conduíte. Foi calculada a densidade para brita e tijolo, sendo respectivamente 2,58g/cm³ e 1,60g/cm³.

Coleta e Caracterização da Água Cinza (Efluente Bruto)

As águas cinzas provenientes da lavagem de vasilhames no refeitório foram coletadas pelos próprios funcionários do refeitório, durante doze semanas nos horários em que a concentração de vasilhames era maior.

É importante enfatizar que, durante a lavagem, caso o efluente possua muitas partículas sólidas, este passa por uma peneira a fim de evitar a obstrução da canalização.

Para a limpeza dos vasilhames, utilizava-se um detergente líquido ácido que possuía a seguinte composição: ácido alquibenzeno sulfônico linear, acidificante, aspassante, conservante, corante e água.

Este efluente foi imediatamente conduzido ao laboratório, direcionado para o sistema de filtração com a utilização de conjunto moto-bomba e despejado no reservatório de armazenamento. Para avaliação da qualidade do efluente, foram obtidas amostras compostas a montante e a jusante do sistema de filtração.

Monitoramento dos Parâmetros Físicos e Químicos

Foram avaliados, em tríplex análise, os seguintes parâmetros: sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis, temperatura potencial hidrogeniônica (pH). Todas as análises foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 2005) e os valores de parâmetros analisados foram reportados até duas casas decimais.

Para análise dos dados, os filtros contendo meio suporte de conduíte, brita e tijolo, foram denominados respectivamente de Filtro 1, Filtro 2 e Filtro 3.

Para determinação de pH e temperatura, a amostra foi imediatamente analisada após ser coletada em frasco de vidro (Béquer) identificado com caneta marcadora permanente. O aparelho utilizado para determinação do pH e da temperatura foi o pHmetro PHS-3E.

Para a análise de sólidos totais o método utilizado é o Gravimétrico, em que a amostra homogênea é evaporada em um cadinho, previamente calcinado e pesado para isto. Neste caso, foi utilizado o Dessecador Drybox-DVC3200. Na determinação dos sólidos fixos e voláteis não distingue precisamente os materiais orgânicos dos inorgânicos, uma vez que a perda de massa pela calcinação não se restringe à matéria orgânica. Alguma perda se deve à decomposição ou volatilização dos sais minerais.

Avaliação da Eficiência nos Sistemas de Filtração

Para a avaliação da eficiência, foram realizadas 3 (três) coletas de efluente, nos dias 06, 09 e 13 de junho de 2016, e foram realizadas 4 (quatro) análises da eficiência do filtro com estas coletas.

Foram coletados 40L de efluente para passagem no filtro, sendo que foram aplicados em média 20L em duas bateladas, em um intervalo de tempo que variou entre 40 e 60 segundos, tempo suficiente para que os filtros atingissem as suas capacidades máximas de acumulação, ou seja, alcançassem a altura aproximada de 40 cm, evitando transbordamento.

A altura de efluente dos filtros não foi a mesma, pois cada meio filtrante possui quantidade de vazios diferenciadas. Entretanto, a partir da diferença de volume no reservatório de água cinza, pode-se inferir que cada batelada utilizou 10L de efluente, e que cada filtro possuía, aproximadamente, 3,33L.

Em cada batelada, coletou-se de cada filtro aproximadamente 200 ml, somando um total de 400 ml para análises, de cada filtro. O restante do volume, não utilizado na análise do dia 09/06/2016, foi utilizado para realizar testes no dia seguinte. Nos outros dias, foi descartado na rede de esgoto do CEFET-MG, evitando odores fétidos no laboratório, diminuindo o risco de desenvolvimento de microrganismos e a possibilidade de contaminação dos usuários pelos mesmos. A partir disso, calculou-se a eficiência de cada sistema de filtração.

RESULTADOS

Montagem Filtro

Com relação à etapa de construção do sistema, este se mostrou viável quanto à sua implantação em função da baixa demanda de mão de obra - em média dois trabalhadores - e o volume do modelo de bancada, relativamente pequeno, consumiu um tempo de, em média, quatro meses para montagem.

Este tempo de quatro meses para montagem do filtro refere-se ao momento de planejamento até a construção completa do modelo de bancada, incluindo tentativas e erros.

Conjunto moto-bomba

Seguindo as recomendações de Batista et al. (2012), considerando que a taxa de aplicação superficial poderia variar de 0,25 a 1,0 m³m⁻²d⁻¹ com fluxo descendente, determinou-se que seriam coletados 40L de água cinza para que fosse possível atingir tal aplicação.

O volume de cada filtro é de 7065ml e, considerando um erro de no máximo 5%, a diferença de vazão de entrada entre os filtros não pode ser maior que 353,25ml.

Ao realizar a média das vazões de entrada entre as repetições considerando duas casas decimais, foi encontrado o valor de 0,05L/s para todos os filtros. Assim, considerou-se que a calibração do filtro estava conforme o planejado. A vazão média de saída para todos os filtros foi de 0,04 L/s.

É importante ressaltar que os Filtros 1, 2 e 3 receberam, como meio filtrantes, os materiais, conduíte, brita e tijolo, respectivamente.

Considerando a vazão de entrada como sendo de 0,18 m³/h e observando a curva de rendimento da bomba utilizada, pode-se notar que, para esta vazão, não foram encontrados dados de rendimento. Entretanto, pode-se inferir, a partir das características do gráfico gerado, que o rendimento encontrado para esta vazão seria inferior a 50%. Além do mais, a bomba pode ter dificultado o ajuste das vazões/pressões.

Considerando que cada filtro recebeu 0,33L de efluente bruto por dia de funcionamento, foi calculada a Taxa de Aplicação Superficial de aproximadamente 0,19 m³/m²*d.

Caracterização Efluente

A média das temperaturas e o desvio padrão médio, que foram iguais a 24,64°C e 1,74°C, respectivamente. Nota-se que os valores encontrados para a temperatura média nas amostras dos efluentes brutos de águas cinzas estão próximas aos valores de temperatura média do efluente proveniente de pia de cozinha (27°C), encontrado por Erikson, 2002 apud GONÇALVES et. al. 2006.

Para o potencial hidrogenionico a média calculada entre as amostras demonstrou que o pH médio foi de 7,16, e o desvio padrão calculado foi de 1,5. O pH médio representa característica de um efluente com pH neutro e este, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357, de 2005, está de acordo com os padrões de lançamento. O desvio padrão de 1,5 unidades de pH é relativamente grande, uma vez que uma unidade de pH pode determinar se uma solução é básica, ácida ou neutra. Provavelmente em função das mudanças no cardápio do restaurante, fator que interfere no preparo dos alimentos e, diretamente, nas características do efluente.

As análises realizadas para determinação de sólidos totais, assim como os resultados dos cálculos feitos para determinação de sólidos totais, média e desvio padrão estão demonstradas a seguir. É importante lembrar que foram realizadas duas análises com a coleta do dia 09 de junho. Considerando estes dados, a partir dos cálculos da mediana foi possível gerar o Box Plot das análises realizadas:

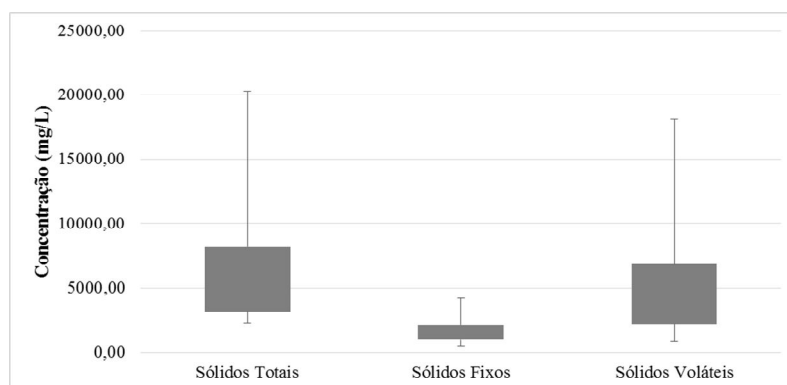


Figura 1 - Box Plot das Análises de Sólidos do Efluente Bruto

Percebe-se que a composição do efluente bruto analisado possui predominância de Sólidos Voláteis, ou seja, matéria orgânica.

Considerando as médias e o desvio padrão das análises realizadas em cada amostra, verifica-se uma heterogeneidade na concentração de sólidos totais do efluente analisado. A média de todas as análises de Sólidos Totais foi de 7133,33mg/L, o que representa um valor aproximadamente 3 vezes maior do que o encontrado na literatura.

No período compreendido entre 18/04 a 12/05, os valores das concentrações variaram entre 4667 mg/L e 5733 mg/L, respectivamente. Isso provavelmente se deu ao fato de que nas datas 16 e 19 de junho o cardápio possuía alimentos com elevado teor de gordura, o que eleva a concentração de Sólidos Totais na amostra.

Nota-se que a concentração de Sólidos Totais reduziu após iniciar a coleta para análise da eficiência do sistema, no período compreendido entre 09/06 a 13/06. Isto provavelmente ocorreu em função do aumento de 10L para 40L do volume da coleta, e a amostra estava mais diluída. Observa-se que as concentrações foram próximas aos valores estudados por Erikson, 2002 apud GONÇALVES et. al. 2006 de 2410mg/L.

Também é importante ressaltar que as características do afluente, ultrapassam os limites de lançamento estabelecidos na COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Portanto, recomenda-se que este efluente seja devidamente tratado caso seja reutilizado, ou lançado em curso hídrico.

A média de todas as análises de Sólidos Fixos foi de 1600,00mg/L. A média de todas as análises de Sólidos Voláteis foi de 5533,33mg/L. Houve um elevado desvio padrão em um dia pontual, acredita-se que seja pela mudança de cardápio, que continha alimentos gordurosos, contendo elevada concentração de óleos e graxas e também apresentarem maior concentração de matéria orgânica.

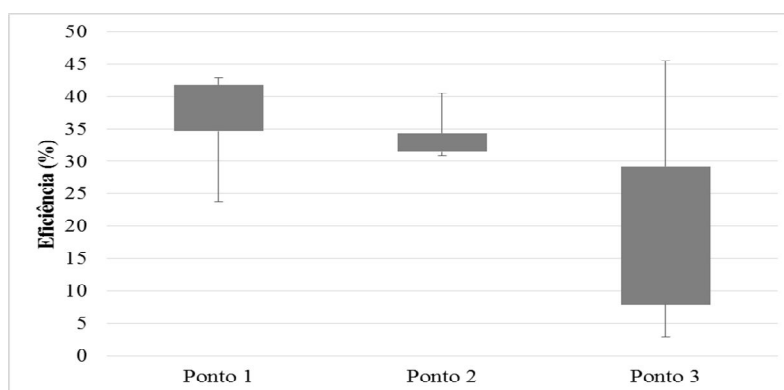
Por fim, a média total de Sólidos Voláteis presentes na amostra é de 72,49%. Como os sólidos fixos são característicos de substâncias inorgânicas e os voláteis de orgânicas, a amostra apresenta-se com elevada concentração de matéria orgânica. A porcentagem média de Sólidos Voláteis em relação à concentração total de Sólidos Totais presentes na amostra é superior a 70%. Desta forma, o afluente bruto apresenta elevada concentração de matéria orgânica, o que está de acordo com o esperado, uma vez que este é proveniente da lavagem de vasilhames na cozinha.

Avaliação Eficiência

Observou-se que o pH na entrada do sistema, estava abaixo do limite estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, para lançamento de efluentes, uma vez que este deveria estar entre 6 e 9. Após a passagem pelo sistema filtrante diminuiu, tornando-se ainda mais ácido, provavelmente devido à passagem pelo filtro ou por erro na medição. Desta forma, acredita-se que ao utilizar estes meios filtrantes no tratamento, deve-se acrescentar uma etapa para ajuste de pH, uma vez que, mesmo que o sistema não seja em consequência da passagem pelo sistema, a princípio, os filtros não apresentam eficiência para correção de pH.

Para a análise de sólidos, inicialmente, faz-se necessário constatar a presença de biofilme. Como esperado, não houve melhora regular na eficiência dos filtros com o passar do tempo, assim, constata-se que não houve formação do biofilme. Isto ocorre, pois, o biofilme demora em se desenvolver, uma vez que é necessário geração de um complexo de microrganismos, e para tanto, necessita-se de acúmulo de matéria orgânica e tempo.

Foi também gerado um gráfico Box Plot para a eficiência da remoção de Sólidos Totais:

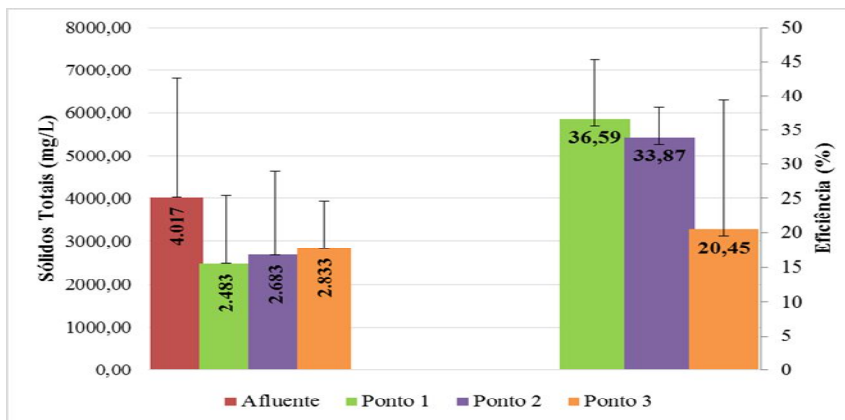


Nota: Ponto 1: filtro contendo conduíte; Ponto 2: filtro contendo brita; Ponto 3: filtro contendo tijolo.

Figura 2 - Gráfico Box Plot da Eficiência de Remoção de Sólidos Totais

Sendo assim, nota-se que a remoção de Sólidos foi superior nos Filtros 1 e 2 (meio filtrante contendo respectivamente, brita e conduíte), aqueles com melhor desempenho para remoção deste parâmetro, provavelmente pois estes elementos possuem maior número de vazios, o que possibilita o acúmulo de matéria orgânica nos interstícios dos materiais filtrantes.

Considerando as médias e o desvio padrão das análises realizadas, foi possível elaborar o gráfico a seguir:



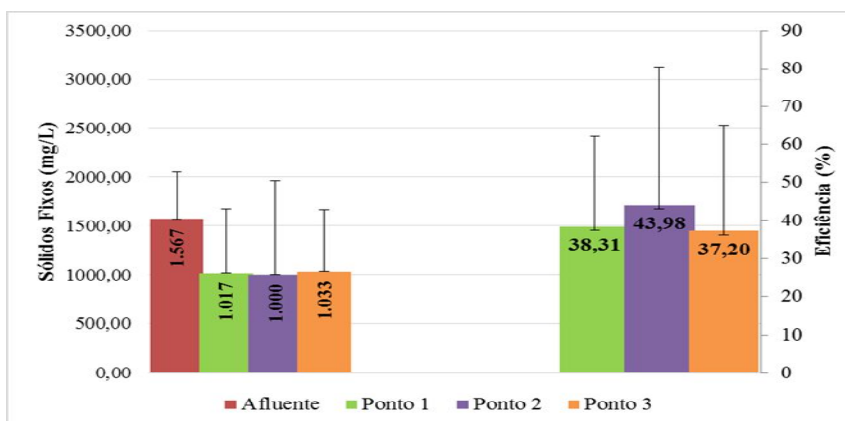
Nota: Ponto 1: filtro contendo conduíte; Ponto 2: filtro contendo brita; Ponto 3: filtro contendo tijolo.

Figura 3 - Eficiência Remoção de Sólido Totais

O desvio padrão das análises dos Pontos 1, 2 e 3 respectivamente foi de 63%, 72% e 39%. As características do efluente e da eficiência do sistema variaram consideravelmente. Infere-se que, como ainda se constatou formação de biofilme, a remoção de parâmetros é baseada em mecanismos físicos. Desta forma, sugere-se que sejam feitas mais análises e estudos em um maior período de tempo para avaliar a eficiência dos filtros com formação de biofilme.

É importante destacar que a quantidade de Sólidos Totais presentes no afluente, ultrapassam os limites de lançamento estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Sendo assim, sugere-se, ou se aprimore a eficiência do Sistema de filtragem, ou acrescente um tratamento complementar para remoção de Sólidos Totais.

Foi também desenvolvido um gráfico contendo as médias e o desvio padrão com as análises de Sólidos Totais Fixos e Sólidos Voláteis, representados nas Figura 4:

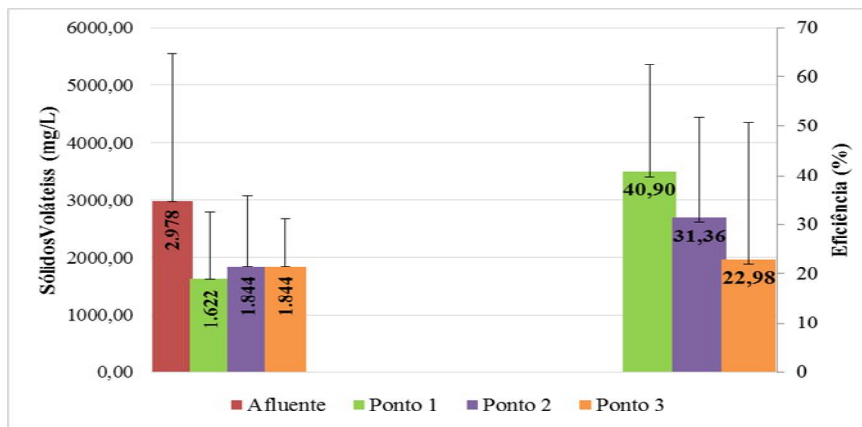


Nota: Ponto 1: filtro contendo conduíte; Ponto 2: filtro contendo brita; Ponto 3: filtro contendo tijolo.

Figura 4 - Eficiência Remoção de Sólido Fixos

O resultado obtido é esperado, sem o desenvolvimento do biofilme. Os sólidos fixos seriam os de mais provável remoção sem o desenvolvimento do biofilme, uma vez que são constituídos de matéria inorgânica. Assim, este parâmetro que apresentou melhor desempenho. Os três filtros apresentaram eficiência semelhante na remoção de sólidos fixos, sendo a diferença apenas de 5,67% do Filtro 3 para o Filtro 2.

É importante ressaltar que para a elaboração da Figura 5 foi descartada a análise realizada no dia 14 de junho de 2016. Esta análise apresentou eficiência negativa, acredita-se que o erro seja devido às falhas na medição ou no método. Assim, optou-se por não incluí-lo nos resultados.



Nota: Ponto 1: filtro contendo conduíte; Ponto 2: filtro contendo brita; Ponto 3: filtro contendo tijolo.

Figura 5 - Eficiência Remoção de Sólido Voláteis

CONCLUSÕES

O Filtro 1 (meio filtrante contendo conduíte), apresentou desempenho superior aos demais filtros. Provavelmente devido ao seu formato e elevado índice de vazios que provavelmente propicia o acúmulo e matéria orgânica. E como os sólidos voláteis são basicamente constituídos de matéria orgânica, acredita-se que esta seja a justificativa porque o meio filtrante conduíte apresentou melhor desempenho.

O meio filtrante tijolo (Filtro 3) é o que apresenta menor quantidade de vazios, o que não proporciona acúmulo de matéria orgânica. Assim, a quantidade de vazios e a eficiência dos filtros, apresentaram-se diretamente proporcionais.

Espera-se que a eficiência de matéria orgânica apresente melhores resultados após a formação do biofilme.

Com relação à etapa de construção do sistema, este se mostrou viável quanto à sua implantação. Entretanto, acredita-se que a bomba é muito potente para o modelo de bancada em questão, podendo ser substituída por uma com potência inferior à utilizada.

Apesar da eficiência do projeto ainda não possibilitar o reaproveitamento do efluente, os parâmetros analisados durante o período de monitoramento do sistema de tratamento de águas cinzas obtiveram uma melhor avaliação pós passagem pelo filtro. Desta forma, projeto apresenta boas perspectivas para trabalhos futuros, levando em consideração a grande demanda por novas tecnologias que possibilitem melhores condições de tratamento de esgoto e que sejam viáveis funcional, econômica e sustentavelmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. C ALCANTARA, F. J. Estudo Comparativo de Dois Leitos Filtrantes com Porosidades Distintas em Sistemas de Dupla Filtração para Tratamento de Água. Maceió, AL. UFAL, 2010. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento). Universidade Federal de Alagoas, Maceió.
2. ALMEIDA, Paulo Gustavo Sertório. Efeito de diferentes tipos de meio suporte no desempenho de filtros biológicos percoladores aplicados ao pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, com ênfase na nitrificação. Belo Horizonte, MG. DESA/UFMG, 2007. 116p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
3. BATISTA, R.O.; BARRETO, H.B.F.; ALVES, S.M.C.; SANTOS, W.O.; FREIRE, F.G.C. Remoção de nitrato e condutividade elétrica em biofiltros operando com esgoto doméstico primário. *Global Science and Technology*, 5:59-69.2012
4. CAMPOS LuisErasmus de F. e MULLER KAUTZMANN Rubens, Filtragem Anaeróbia Utilizando Resíduos Gerados na Construção Civil, ICTR 2004- Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. – Florianópolis, 2004. - pp. 4896 - 4905.
5. DUDA, Rose Maria. Desempenho de sistema composto por reatores anaeróbios em série seguido de filtro biológico percolador no tratamento de águas residuárias de suinocultura. 2010. xxviii, 241 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/103924>>.
6. GONÇALVES, RICARDO FRANCI (Coordenador). Uso racional da água em edificações. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.352p
7. SINDUSCON-MG - Sindicato das Indústrias da Construção Civil de Minas Gerais.. Gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil. Belo Horizonte, 2008. 73p.
8. von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias)
9. WORLD HEALTH ORGANIZATION. (Org.). WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Policy and regulatory aspects. Geneva: United Nations Environment Programme, 2006. 1 v