**FILTROS INTERMITENTES PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA SINTÉTICA**

Tais Carolina de Oliveira Alcântara1

1 Pós-graduanda em Auditoria e Perícia Ambiental. taisalcantara2@hotmail.com

**RESUMO**

A água é um patrimônio da humanidade e indispensável para a existência da vida. No entanto, a disponibilidade de água para uso está se esgotando devido ao uso desordenado, contexto que revela a importância da conservação da água. Neste sentido, o estimulo à proteção de mananciais e redução no uso de insumos vem ganhando notoriedade em face a problemática vivida, sendo assim a reutilização de águas residuais, como a água cinza, vem ganhando destaque no atual contexto e para uso de fins menos nobres. Este estudo foi realizado na Mercer University, Campus Macon - GA (EUA) e buscou analisar dois grupos de sistemas de filtragem de areia intermitente, construídos com materiais de baixo custo e fácil acesso à comunidade, para tratamento de água cinza sintética a fim de reduzir a concentração de poluentes no efluente bem como alcançar ótimos níveis para os parâmetros de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e dessa forma incentivar a reutilização de efluentes, estando em acordo com as leis locais. Pôde-se verificar a eficácia do estudo para o tratamento do efluente em questão, visto que foi verificada considerável redução da concentração de DBO5 e DQO; com relação aos diâmetros eles não se apresentam significativos na remoção de eficiência segundo a comparação entre os grupos; não foram identificados problemas com relação à entupimento para nenhum dos grupos de filtros analisados e apenas o grupo 2 de filtros obteve resultados de acordo com o padrão de reuso USEPA (2012) para o parâmetro de DBO5. No grupo 1, apenas o filtro de 3 polegadas se apresentou em conformidade com tal padrão.

**Palavras-chave:** Água Cinza. Filtros Intermitentes de Areia. Tratamento de água.

**Área de Interesse do Simpósio**: Recursos hídricos

**1. INTRODUÇÃO**

A água é um recurso renovável e limitado, no entanto sua potabilidade constitui-se um fator imprescindível nos dias de hoje, visto que devido ao aumento da população de forma desordenada atrelado ao uso indiscriminado de tal recurso promoveu uma ameaça à qualidade da mesma. Desta forma, o reuso de águas residuais atrelado ao tratamento adequado é considerada uma ótima alternativa para a problemática vivida atualmente, contribuindo para a sustentabilidade do planeta, na redução de insumos e na conscientização da população referente a da reutilização de água.

O reuso de água auxilia na redução da demanda sobre os mananciais de água, devido a substituição da água potável por uma água apresentando qualidade inferior (BRASIL, 2005). Essa prática vem sendo utilizada em diversos países e se baseia no conceito da substituição de mananciais. Sendo assim, é possível poupar grandes volumes de água potável através do reuso quando se utiliza água de qualidade inferior, efluentes pós tratados, afim de atender as necessidades de água seguindo o padrão de potabilidade (BENASSI, 2007).

A reciclagem de águas residuais e águas cinzas surgem como partes integrantes da gestão da demanda hídrica, promovendo a preservação da alta qualidade de água doce, bem como reduzindo poluentes no meio ambiente e os custos gerais de fornecimento. Este processo já é realidade em países como Estados Unidos, Japão e alguns países da Europa, sendo que estes apresentam legislação específica para o desenvolvimento da atividade além de obrigações de implantação de sistemas de tratamento e recirculação da água utilizada (MORELLI,2005).

Segundo Allen et al. (2010), o filtro aeróbico com a utilização de areia é considerado uma das tecnologias mais comuns para o tratamento de água cinza, visto que tal metodologia fornece alta qualidade de efluentes com valores de DBO e sólidos suspensos totais (TSS) inferiores a 20 mg.L-1. No Brasil, de acordo com a NBR 13969, recomenda-se o filtro de areia quando se deseja um sistema de pós-tratamento simplificado (ABNT, 1997).

Desta forma, diante de toda essa conjuntura apresentada, o presente trabalho tem por objetivo o avaliar a eficiência de três tipos de filtros intermitentes de areia empregados para o tratamento de água cinza sintética realizados no departamento de Engenharia, da Mercer University, Campus Macon – Geórgia (EUA), e desta forma apresentar o filtro que obteve resultados consideráveis para o tratamento do efluente analisando os níveis de Demanda química de Oxigênio – DQO, Demanda bioquímica de oxigênio – DBO .

**2. MATERIAL E MÉTODOS**

2.1 INFORMAÇÕES SOBRE O ESTUDO

As análises e testes realizados no presente estudo foram realizados no laboratório de Engenharia Ambiental, localizado no departamento de Engenharia da Mercer University, campus Macon, GA, Estados Unidos. O experimento contou com o auxílio e supervisão do Professor Dr. Philip T. McCreanor, (Departamento de Engenharia Ambiental da Mercer University).

A pesquisa teve como finalidade avaliar os níveis de DQO e DBO5 de dois grupos de filtros intermitentes de areia, sendo o grupo 1 (um) formado por filtros de diferentes diâmetros (3”, 4” e 6” – “ lê-se polegadas) e mesma taxa de carregamento hidráulico (40,8 lpd/m² - lê-se litros por dia por metros quadrados). Enquanto que, o grupo 2 (dois) era composto por filtros de mesmos diâmetros (4”) e taxas de carregamento hidráulico diferentes (24,5, 36,7 e 48,9 lpd/m²). No geral o projeto ocorreu durante um período de aproximadamente 40 semanas.

2.2 METODOLOGIA APLICADA

A fim de promover um tratamento apresentando baixo custo, os filtros intermitentes de areia foram construídos através de materiais acessíveis como tubos de PVC, areia e cascalho. Os filtros apresentavam três tipos de diâmetros, 3, 4 e 6 polegadas. A parte interna dos filtros era composta por 7,62 cm de cascalho, 76,2 cm de areia número 20 e 5,08 cm de cascalho. Vale ressaltar que os dois grupos de filtros foram construídos utilizando o mesmo design como pode ser observado pelo desenho seccional e os filtros utilizados no estudo, como demonstrado na Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Desenho seccional dos filtros, filtros do grupo 1 e filtros do grupo 2, respectivamente.

****

****

Fonte: Autor (2018).

A água cinza sintética, também denominada afluente neste estudo, era composta por três tipos de elementos: solução concentrada, água da torneira e efluente secundário, sendo feita de acordo com Regulamentação NSF 350 para sistemas de tratamento de efluente (BRUURSEMA, 2011). Sua fabricação ocorria de forma diária, seguindo os componentes presentes na Tabela 1, totalizando 2,5 litros de água cinza sintética (afluente) ao dia, sendo a mesma mantida refrigerada durante o período de avaliação. Com relação ao efluente secundário, este foi obtido da Lower Poplar Wastewater Treatment Plant, localizada em Macon, Geórgia.

Tabela 1 - Volumes de diluição

|  |
| --- |
| Volumes de diluição |
| Solução concentrada | 133 mL |
| Água da torneira | 2317 mL |
| Efluente secundário | 50 mL |

Fonte: Autor (2018).

O funcionamento dos filtros se davam de acordo com o volume de água cinza sintética que era carregada em cada um dos filtros associado às suas taxas de carregamento hidráulico, a Tabela 2 a seguir apresenta as caraterísticas de cada grupo estudado.

Tabela 2 - Grupos de filtros intermitentes.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Grupos | Diâmetros (polegadas) | Taxas (lpd/m2) | Afluente (mL) |
| 1 | 3 “4 “6 “ | 40,8 lpd/m²40,8 lpd/m²40,8 lpd/m² | 195335760 |
| 2 | 4 “4 “4 “ | 24,5 lpd/m²36,7 lpd/m²48,9 lpd/m² | 205307409 |

Fonte: Autor (2018).

O desempenho dos filtros foi avaliado com base no monitoramento dos afluentes e efluentes da DQO e DBO5. Onde o teste de DQO irá quantidade de produtos químicos presentes na água que podem ser oxidados, foi realizado a cada três dias, afim de analisar o momento em que os filtros atingissem a estabilidade. Já o teste da DBO foi utilizado para verificar a quantidade de matéria orgânica disponível para a oxidação bacteriana. O resultado da DQO será maior que o resultado da DBO, na maioria das vezes, e é utilizado como guia para a diluição da DBO.

Os resultados obtidos para as amostras de DQO e DBO5 e as taxas de remoção de eficiência dois grupos de filtros foram submetidos a análise estatística de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software Minitab® Statistical Software (Minitab Inc., 2010).

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

3.1 FILTROS INTERMITENTES COM DIÂMETROS DIFERENTES

Para a análise estatística foram levadas em consideração as amostras de DBO5 e DQO e suas respectivas taxas de eficiência de remoção de DBO e DQO do grupo 1 (diâmetros diferentes) de 3, 4 e 6 polegadas de diâmetros e submetidas a mesma taxa de carregamento hidráulico (40,8 lpd/m²), como mostra a Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Teste de Tukey à 5%, para leitura dos parâmetros avaliados (DBO5, DQO e taxa de eficiência de remoção da DBO5 e DQO), no tratamento de água cinza sintética com a utilização de filtros intermitentes de areia

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | DBO5 | DQO | Taxa de eficiência de remoção DBO | Taxa de eficiência de remoção DQO |
| BRANCO | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 0,35 C0,775,12-4,40 | - | - | - |
| AFLUENTE | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 152,71 A61,12157,48147,95 | 307,5 A99,9327,4287,7 | - | - |
| 3” | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 8,98 BC13,8313,744,22 | 32,23 B38,052,0612,41 | 93,23 A11,2295,5690,90 | 87,08 A16,5393,3280,83 |
| 4” | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 12,79 B22,6017,558,03 | 39,75 B53,7159,5819,93 | 90,26 A17,9992,5987,93 | 83,95 A22,8390,2077,71 |
| 6” | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 12,46 B19,0017,227,69 | 39,49 B47,1259,3119,66 | 90,37 A15,5692,7088,04 | 83,99 A20,7190,2377,75 |

Médias que não compartilham letra, em uma mesma coluna, são significativamente diferentes.

A tabela acima permite afirmar que os três filtros possuem taxas de eficiência de remoção de DQO e DBO semelhantes, pois compartilham a mesma letra segundo a análise estatística Tukey (p<0,05) que foi realizada. Ainda é possível inferir segundo a Tabela 3 que os três filtros apresentaram resultados sempre superiores à 80% tanto para DQO quanto para DBO e todos reduziram os valores de DQO e DBO, apresentando taxas abaixo de 20 mg/l como comprovado por Dultra (2017) em seu estudo, desta forma os filtros podem ser considerados uma ótima alternativa para sua finalidade.

 As Figuras 2 e 3 demonstram o comportamento da eficiência de remoção da DBO5 e DQO apresentada pelos filtros no período avaliado.

De acordo com a figura 2 os filtros começam a ganhar estabilidade após 40 dias de experimento e seguem de forma crescente até fim do ensaio. Também demonstra que o filtro de 3 polegadas (linha azul) atinge os níveis de eficiências mais rápido quando comparado aos filtros de 4 e 6 polegadas (linhas laranja e cinza, respectivamente). Após o período de 60 dias, os três filtros obtiveram eficiências acima de 90%. Somade G. et al. (2015) relataram em seu estudo remoções de DBO5 de 90 a 95%, utilizando filtros de areia.

Segundo a figura 3, os três filtros atingem a estabilidade após aproximadamente 90 dias de experimento se tratando de eficiência de remoção de DQO. Ao mesmo tempo, percebe-se que após esse período, os três filtros expuseram eficiências acima de 90%, corroborando os resultados encontrados por Sabbah et al. (2003). Estes autores identificaram remoção consistente de 70-90% utilizando filtros intermitentes de areia para tratamento de efluentes.

Figura 2 - Gráfico de eficiência de remoção Figura 3 - Gráfico de eficiência de remoção de

de DBO5 para filtros com diferentes diâmetros.  DQO para filtros com diferentes diâmetros.

Fonte: Autor (2018).

Fonte: Autor (2018).

**Teste de férias**

**Teste de eficiência**

3.1 FILTROS INTERMITENTES DE DIÂMETROS IGUAIS

Para a análise estatística foram levadas em consideração as amostras de DBO5 e DQO e suas respectivas taxas de eficiência de remoção de DBO e DQO do grupo 2 filtros de diâmetros iguais e taxas de carregamento hidráulico diferentes (24,5, 36,7 e 48,9 lpd/m²) como mostra a Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 - Teste de Tukey à 5%, para leitura dos parâmetros avaliados (DBO5, DQO e taxa de eficiência de remoção da DBO5 e DQO), no tratamento de água cinza sintética com a utilização de filtros intermitentes de areia

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | DBO5 | DQO | Taxa de eficiência de remoção DBO | Taxa de eficiência de remoção DQO |
| BRANCO | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 0,37 C0,673,66-2,90 | - | - | - |
| AFLUENTE | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 146,33 A52,78149,62143,04 | 286,05 A85,9298,0274,9 | - | - |
| 24,5 lpd/m2 | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 4,96 BC11,648,261,67 | 18,05 B20,0229,066,51 | 96,42 A10,0397,7195,13 | 92,98 A8,2595,2290,74 |
| 36,7 lpd/m2 | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 5,54 BC13,338,822,25 | 20,35 B21,7031,858,76 | 96,14 A10,3497,4394,86 | 92,08 A9,1094,3289,84 |
| 48,9 lpd/m2 | MédiaDesvio padrãoMáximoMínimo | 7,50 B19,8110,794,21 | 24,74 B22,8536,3813,10 | 95,12 A10,6796,4193,83 | 90,34 A9,8292,5988,08 |

Médias que não compartilham letra, em uma mesma coluna, são significativamente diferentes.

A tabela acima demonstra também que houveram redução da DBO5 através dos filtros com taxa de carregamento distintos e mesmo diâmetro. Logo, o tratamento se mostra eficiente visto que apresentou resultados consideráveis de redução do parâmetro avaliado. De acordo com a analise estatística Tukey (p<0,05) realizada, o filtro com taxa de carregamento de 48,9 lpd/m2 apresentou resultados significativamente diferentes em relação aos filtros de 24,5 e 36,7 lpd/m2.

Para a análise de DQO, os três filtros apresentaram-se semelhantes entre si, não demonstrando nenhuma diferença significativa. Já om relação à analise de DBO5 os três filtros exibiram médias menores que 10 mg/L, o que segundo USEPA (2012) indicam viabilidade de reuso para o parâmetro em análise. No tocante às analises de eficiência de remoção de DBO, os três filtros exibiram comportamento semelhante, mostrando eficiência de remoção média acima de 95%. Do mesmo modo, para a análise de eficiência de remoção de DQO, os três filtros apresentaram eficiência semelhante entre si, com remoção média acima 90%.

As Figuras 4 e 5 demonstram o comportamento da eficiência de remoção da DBO5 e DQO apresentada pelos filtros no período avaliado. A Figura 4 demonstra que, após quase 70 dias do experimento, os três filtros demonstram uma tendência de aumento em sua eficiência, manifestando um ciclo estável. Também conclui-se que o filtro de 24,5 lpd/m2 (linha cinza) exibiu percentuais de remoção maiores num curto período de tempo em relação aos filtros de 36,7 e 48,9 lpd/m2 (linhas laranja e azul, respectivamente). Não obstante, todos os filtros demonstraram expressiva eficiência de remoção de DBO5 e maiores que 90%, depois de alcançada a estabilidade.

Com base na Figura 5 é possível afirmar que a eficiência de DQO apresentaram certa estabilidade para os três filtros após aproximadamente 100 dias de experimento, demonstrando tendência crescente quanto aos percentuais de remoção. É valido observar que, mais uma vez o filtro de 24,5 lpd/m2 (linha cinza) atinge o momento estável num período de tempo menor quando comparado aos filtros de 36,7 e 48,9 lpd/m2 (linhas laranja e cinza, respectivamente). Contudo, após a estabilidade os três filtros apresentam algumas variações, porém expressivas eficiências de remoção, acima de 90% até o fim do estudo.

Figura 4 - Gráfico de eficiência de remoção Figura 5 - Gráfico de eficiência de remoção

de DBO5 para filtros com mesmos diâmetros de DQO para filtros com mesmos diâmetros

e taxas de carregamento hidráulico diferentes e taxas de carregamento hidráulico diferentes

Fonte: Autor (2018).

Fonte: Autor (2018).



**4. CONCLUSÕES**

Este estudo visou à avaliação de duas propriedades dos filtros intermitentes de areia no tratamento de águas cinzas sintéticas: remoção de DBO e DQO. A partir do levantado, pôde-se constatar que a redução da concentração de DBO5 e DQO ocorreu de forma considerável; os diâmetros dos filtros de areia não se apresentam significativos na remoção de eficiência; não foram identificados problemas com relação à entupimento para nenhum dos grupos de filtros analisados e apenas o grupo 2 de filtros obteve resultados de acordo com o padrão de reuso USEPA (2012) para o parâmetro de DBO5. No grupo 1, apenas o filtro de 3 polegadas se apresentou em conformidade com tal padrão.

Os filtros de areia se apresentaram uma ótima alternativa para reutilização de águas cinzas sintéticas, pois além de promover alta eficiência de remoção de DBO5 e DQO, auxiliam na diminuição do uso da água potável por meio da reutilização de uma água com qualidade inferior e tornam atrativos os investimentos do sistema por apresentar procedimentos simples e baixo custo de implantação. Demonstram-se uma maneira válida para testes e aprimorarão de trabalhos desenvolvidos no Brasil, para o tratamento de efluentes domésticos. No entanto, cabe frisar que é imprescindível e ideal a criação de leis específicas para águas residuárias como a água cinza, no Brasil.

Para os parâmetros analisados, DBO5 e DQO, os dois grupos de filtros se apresentaram eficientes para o tratamento da água cinza sintética, apresentando eficiência de remoção acima de 80%, o que os tornam um tratamento viável. No entanto, para indicar seu uso propriamente dito são necessárias análises adicionais como os parâmetros de turbidez, sólidos dissolvidos, pH, etc. com o intuito de validar a reutilização dos filtros para o reuso.

Recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados para a avaliação de outras propriedades destes equipamentos no tratamento de águas cinzas.

**REFERÊNCIAS**

ABNT - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: TANQUES SÉPTICOS – UNIDADES DE TRATAMENTO COMPLEMENTAR E DISPOSIÇÃO FINAL DOS EFLUENTES LÍQUIDOS – PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO.** ABNT: RIO DE JANEIRO, 1997.

BENASSI, S., PROJETO DE LEI NO 664/2007. **Reutilização da Água nas Garagens de Empresas de Ônibus.** Câmara Municipal de Campinas 2007.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005.

BRUURSEMA, T. **The New ndf 350 and 350-1**. Plumbing Systems & Design, 2011.

DULTRA, F. A. **Aplicação da Filtração Intermitente em Leito de Areia e de Escória da Metalurgia do Cobre no Tratamento de Esgotos com Ênfase em Reuso.** 2017.

MORELLI, E. B. **Reúso de Água na Lavagem de Veículos. Dissertação (mestrado em engenharia)** – Escola `olitécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MINITAB INC. MEET MINITAB, EUA, 2010 (EM PORTUGUÊS, DISPONÍVEL EM FTP://FTP.EST.UFMG.BR/PUB/ PAC/MINITAB/MEETMINITABPG.PDF).

SABBAH, I.; GHATTAS, B.; HAYEEK, A.; OMARI, J.; HAJ, Y.; ADMON, S.; GREEN, M., **Intermittent Sand Filtration for Wastewater Treatment in Rural Area of the Middel east—Pilot Study**, Water Sci. technol. 48(11–12) (2003) 147–152.

SODAMADE, G.; LONGE, E.; SANGODOYIN, A. **Depth and Performance Evaluation of a Laboratory Scale Sand Filtration System for Wastewater Treatment.** Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, v. 38, n. 2, p. 209-216, 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for Water Reuse. u. s.** Washington, dc: Epa, 2012.