

Utilização de Filtro de Múltiplas Camadas para remoção de Turbidez

Use of multi-layer filter for turbidity removal

Leonardo Ramos da Silveira

leonardo.silveira@ifg.edu.br

Maycol Moreira Coutinho

maycol.coutinho@gmail.com

Resumo

Buscando tecnologias mais eficientes e econômicas para o tratamento da água, o presente trabalho teve como objetivo a construção do Filtro de Múltiplas Camadas (FMC). No Brasil e no mundo, há uma dificuldade crescente na distribuição de água com as qualidades previstas em normas, isso ocorre devido a condições financeiras ou falta de informações para que possa haver um tratamento adequado. Sendo assim, o objetivo é a remoção de parâmetros físico-químicos como: turbidez, sólidos, condutividade e pH. Dessa forma os resultados obtidos mostram eficiência na remoção de turbidez, em média de 66,9% para o FMC com baixa turbidez e eficiência de 88,2% para carreira de alta turbidez. Os resultados revelam um alto índice de eficiência em relação às taxas de turbidez utilizado para os ensaios ao qual o filtro foi submetido.

Palavra-chave: *Filtração, Filtro de múltiplas camadas, Remoção de Turbidez.*

Introdução

A dificuldade crescente de oferta de água de boa qualidade em quantidades suficientes à população é uma preocupação do mundo moderno. No Brasil, muitas vezes não há condições financeiras ou informações suficientes para que haja um tratamento adequado. Como consequência, acontece um grande

desperdício de quantidades de água que poderiam ser reutilizadas (NASCIMENTO, PELEGRINI, BRITO, 2012).

Além da quantidade, a qualidade da água também é uma questão bastante preocupante. A poluição do meio aquático pode causar alterações das características físicas (turbidez, cor, número e

tamanho de partículas, temperatura, condutividade e viscosidade, entre outros) químicas (DBO, pH, toxicidade etc.) ou biológicas (microrganismos em geral e espécies de fitoplâncton e zooplâncton). A má qualidade da água consumida é a maior responsável pelas doenças endêmicas nos países em desenvolvimento, como por exemplo, cólera, febre tifóide, salmoneloses, disenteria bacilar, viroses, hepatite, entre outras (MARNOTO, 2008). Diz Marnoto (2008), a filtração é um processo imprescindível para a produção contínua de água potável.

Segundo Marnoto (2008), o processo de filtração lenta consiste na passagem de uma solução por um meio poroso com a finalidade de remoção de sólidos suspensos ou precipitados químicos. A remoção de sólidos suspensos através da filtração envolve mecanismos de transporte e aderência como retenção (coagem), intercepção, difusão, adsorção e outros fenômenos. A eficiência do filtro não depende apenas destes fenômenos, sendo as características físicas e químicas da água, a concentração dos sólidos em suspensão, as características do meio filtrante (granulometria, porosidade e profundidade), a taxa de aplicação e o método de operação do filtro são também fatores que contribuem.

A potabilidade da água por filtração se baseia na passagem de água por um

meio poroso, melhorando sua qualidade pela retenção de impurezas, dentre elas partículas suspensas e coloidais e, também, microrganismos em geral, de forma que a desinfecção final seja efetiva (TEIXEIRA, 2004).

A filtração lenta é o sistema de tratamento de água mais antigo utilizado pela humanidade. É operacionalmente simples, de baixo custo e muito efetivo desde que projetado de forma apropriada e aplicado nas situações corretas. Essa tecnologia não requer a adição de coagulante, e tem sido considerada a solução apropriada para diversas aplicações nos países em desenvolvimento, especialmente na zona rural e comunidades de pequeno e médio porte (PERALTA, 2005).

A filtração lenta em areia é uma forma extremamente simplificada de tratamento de água, desenvolvida a partir de uma analogia estabelecida com a percolação de águas naturais através do solo até os aquíferos e de lá para as fontes de onde jorravam límpidas e adequadas às exigências estéticas e sanitárias do homem (HELLER, MURTHA, 1998).

A filtração lenta é uma alternativa com grande potencial de aplicabilidade em pequenas comunidades de países em desenvolvimento. Segundo várias fontes, esse tipo de filtração tem se mostrado muito eficiente no tratamento de água, apresentando resultados positivos. O processo de tratamento

consiste na passagem da água por um meio filtrante granular, normalmente feito de areia, cuja finalidade é a melhoria de suas características físicas, químicas e biológicas, capaz de torná-la adequada dentro dos parâmetros de potabilidade para consumo humano, após desinfecção final (BERGAMINI, PATERNIANI, 2010).

A remoção dos sólidos no sistema de filtração direta é realizada tão somente nos filtros, cujo desempenho transcende às variáveis hidráulicas inerentes a esta etapa. Tanto a hidrodinâmica do fluido no meio filtrante quanto a etapa de coagulação influenciam sobre maneira o desempenho das unidades filtrantes. A porosidade e a relação entre a espessura do meio filtrante e o tamanho médio dos grãos refletem na eficiência da filtração. À medida que se aumenta o tamanho dos grãos e a espessura do meio filtrante, maior serão também o volume de vazios intergranulares destinado ao armazenamento de partículas, acarretando, desse modo, carreiras de filtração mais longas (LIBÂNIO et al., 2004).

No tratamento sem coagulação química, a filtração lenta e a cloração são os principais processos capazes de assegurar a produção de água com qualidade adequada ao consumo humano. Porém, a eficiência da filtração lenta pode ser comprometida, se a turbidez da água

bruta for superior a 10 uT. Neste caso, a pré-filtração possibilita a redução das impurezas da água antes de filtração lenta (DI BERNARDO, VERAS, 2008).

Assim, buscou-se o melhor método para o tratamento de água com baixo custo usando materiais de fácil acesso, tratando os aspectos físico-químicos, no qual o objetivo foi analisar a filtração lenta direta descendente com dupla camada de cada material, para que possa atender pequenas populações e zonas rurais onde o tratamento ainda é escarço, frisando a remoção de turbidez, melhorando a qualidade da água e buscando o enquadramento com a portaria 2914/2011, que dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água produzida e distribuída para o consumo humano, bem como os parâmetros e limites permitidos.

Contudo, para aplicar técnicas mais econômicas para que pequenas comunidades possam ter uma água com potabilidade e possam satisfazer a legislação, temos que reduzir a estação de tratamento de ciclo completo em apenas uma unidade que possa tratar a água com baixo custo. Dessa forma, a proposta desse trabalho é mensurar a eficiência do Filtro de Múltiplas Camadas (FMC) de baixo custo, com filtração lenta e com dupla camada, avaliando os benefícios para ser aplicado às necessidades hoje vistas no Brasil.

Materiais e Métodos

A metodologia do presente trabalho consistiu em trazer uma forma mais econômica e eficaz de fazer o tratamento de água, dando enfoque na remoção de turbidez, no qual se procedeu a construção de um filtro em escala piloto para verificar a eficácia do tratamento. Destaca-se que todos os procedimentos foram realizados seguindo as mesmas condições amostrais de forma que pudesse haver a realização e comparação dos mesmos.

Construção do filtro de múltiplas camadas

Para a construção do filtro, foram utilizados tubos cilíndricos de PVC onde as camadas de filtração foram dispostas ao longo do tubo. O filtro de múltiplas camadas foi disposto com uma altura total de 1,76 m e altura da coluna de água de 0,48 m. Os tubos de PVC possuem o diâmetro de 150 mm, como pode ser observado na Figura 1.

Os materiais que foram utilizados na montagem do respectivo filtro são: Tubos de PVC 150 mm cola de cano, cola para vedação de calha (veda calha), torneiras esféricas, luvas de tubos de 150 mm, caps de esgoto, flange de caixa d'água, joelho 90° L/R de ¾", anel de borracha para vedação. Para a construção do leito filtrante do Filtro de Múltiplas Camadas, foi feita a utilização dos seguintes materiais: seixo rolado, areia, brita, carvão ativado e geotêxtil.

A primeira camada (base) era suporte, constituída de seixos rolados de granulometria variada, tendo 10 cm no meio filtrante. Logo acima, foi colocada uma manta sintética (Geotêxtil), em seguida foi colocada a segunda camada que era composta de areia lavada, com 40 cm de altura, sendo essa dividida em três subcamadas,



Figura 1
Filtro de
Múltiplas
Camadas.

no qual a primeira subcamada era constituída de 10 cm com a areia retida na peneira de 250 mm/ μ m, a segunda de 15 cm com areia retida na peneira de 400 mm/ μ m e a terceira de 15 cm com areia retida na peneira de 600 mm/ μ m, totalizando assim os 40 cm da camada de areia, como se observa na Figura 2.

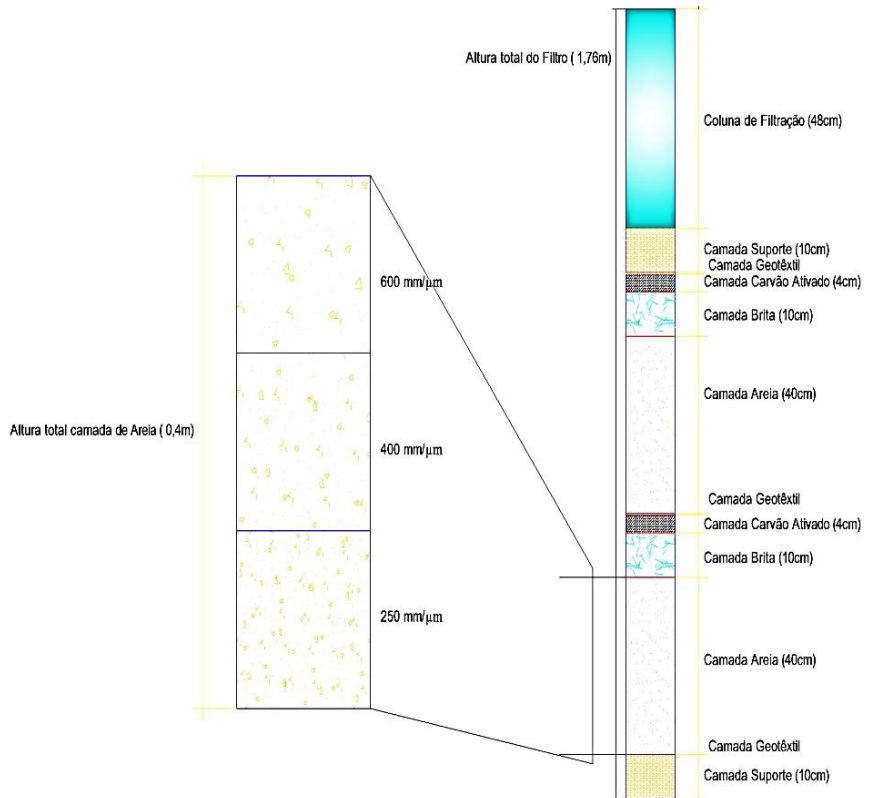


Figura 2
Modelo e
Detalhamento
do Filtro em
Múltiplas
Camadas com
Descrição da
Granulometria
areia.

Acima da camada de areia foi colocada a camada de brita, na qual foi utilizada a brita 1 com camada medindo 10 cm. Depois da camada de brita, foi colocado a camada de carvão ativado, com altura de 4 cm. Por fim, foi colocado mais um geotêxtil logo acima da camada de carvão.

Concluídas essas camadas, então se repetiu as mesmas mais uma vez,

formando dupla camada de cada material no leito filtrante, formando assim o filtro de Múltiplas Camadas.

Produção de turbidez na água

A água utilizada para os ensaios foi a coletada na Universidade Paulista/ Câmpus de Brasília, e, para produção da turbidez, foi utilizado solo argiloso

típico de Brasília. Para tal, foram definidas duas taxas de turbidez (uma baixa e outra alta) a nível de simular o que acontece com a água em épocas de chuvas passageiras e chuvas de longa duração respectivamente.

Dessa maneira, utilizaram-se parâmetros para determinar a alta e baixa turbidez com o solo, sendo que para baixa turbidez determinou-se a utilização de 0,85 g de solo para cada litro de água, e para alta turbidez determinou-se 3,5 g por litro.

Então, o meio filtrante foi submetido a dois ciclos, ou duas carreiras de filtração, sendo a primeira com baixa turbidez, no qual foram colocados 60 L de água e adicionando 51 g de solo, e o de alta turbidez seguindo o mesmo procedimento, só que com 210 g de solos adicionados aos 60 L de água.

Análises realizadas

As análises foram feitas com parâmetros específicos como: pH, sólidos, turbidez e condutividade.

As análises de turbidez foram executadas com turbidímetro, o de condutividade, temperatura e sólidos com a utilização do equipamento sensION5, e para aferimento do pH foi utilizado o pHmetro.

Resultados e discussões

Análises dos Parâmetros Físico-Químicos (Baixa Alta Turbidez)

Para o Filtro de Múltiplas Camadas (FMC), com volume de 60 L com baixa e alta turbidez (0,83 g de solo por litro de água), e (3,5 g de solo por litro de água), com tempo de detenção hidráulica igual há 70 minutos, pode-se observar seus resultados conforme os Gráficos 1 a 10.

GRÁFICO 1

Análise dos valores de Turbidez

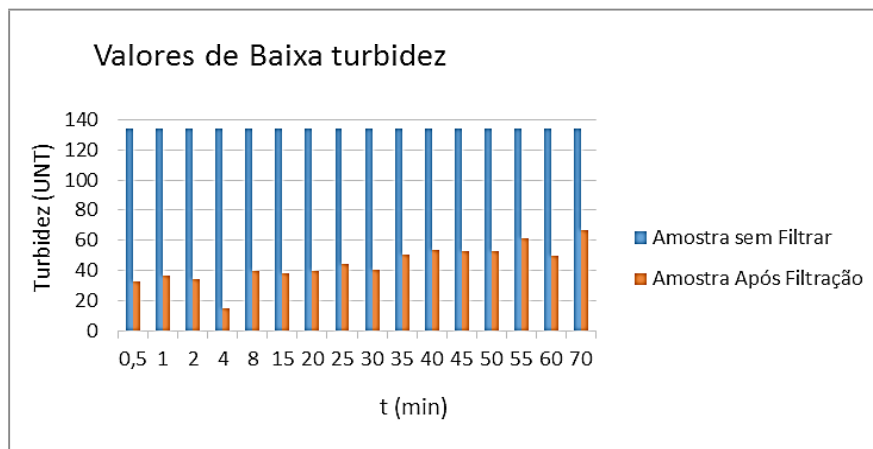
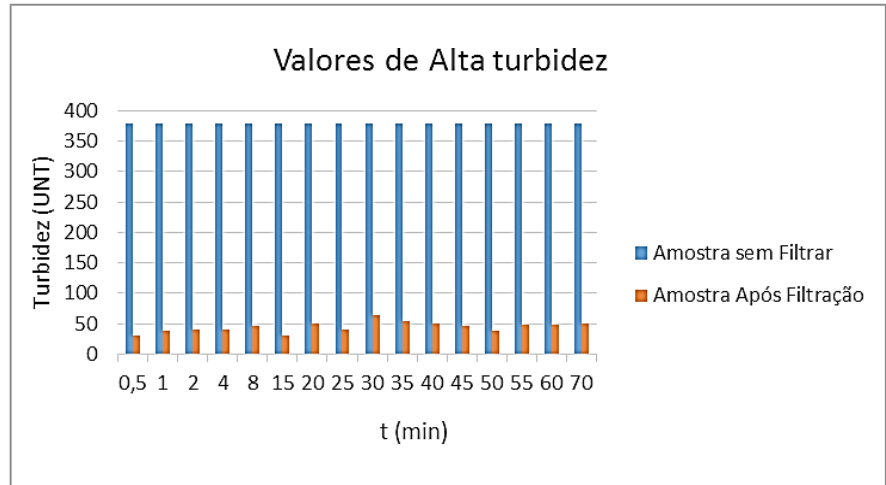


GRÁFICO 2

Análise dos valores de Turbidez

O Gráfico 1 mostra que houve uma redução bastante considerável em virtude da filtração, sendo que a turbidez inicial da amostra era de aproximadamente 135 UNT, e após passar no filtro reduziu para aproximadamente 32 UNT, aos 4 minutos pode-se perceber que houve um pico na remoção de turbidez, porém ao longo do tempo o filtro perdeu rendimento e chegou ao fim da carreira com aproximadamente 78 UNT, isso pode ser explicado pela colmatação do filtro ao longo do tempo.

Conforme o Gráfico 2 demonstra, o FMC conseguiu uma redução de aproximadamente 330 UNT aos 30s, porém, durante a filtração da carreira, pode-se notar que houve leves acréscimos e decréscimos na remoção de turbidez, sendo a maior remoção aos 30s apresen-

tando 30 UNT após passar no FMC, e a menor remoção aos 30 min apresentando 63 UNT. Fica evidenciado então que quanto maior a taxa de turbidez maior é a taxa de remoção. Pela resolução do Conama 357/2005, a turbidez estabelecida para águas de classe um é de 40 UNT. Nascimento et al. (2012) realiza um trabalho sobre filtração e, a título de comparação, o filtro ao qual ele faz o mesmo foi submetido a uma carreira de 14 semanas e conseguindo obter picos de remoção de 90%, já o filtro utilizado neste artigo mostra taxas de remoção acima dos 80% tanto alta e baixa turbidez para uma carreira de apenas 70 min.

Os Gráficos 3 e 4 mostram a obtenção dos valores de pH das amostras com comparação antes e depois do tratamento no FMC.

GRÁFICO 3

Análise dos valores de pH

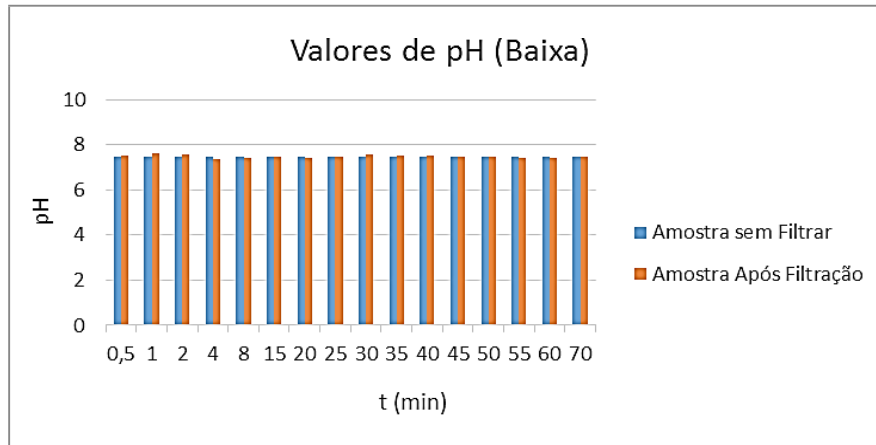
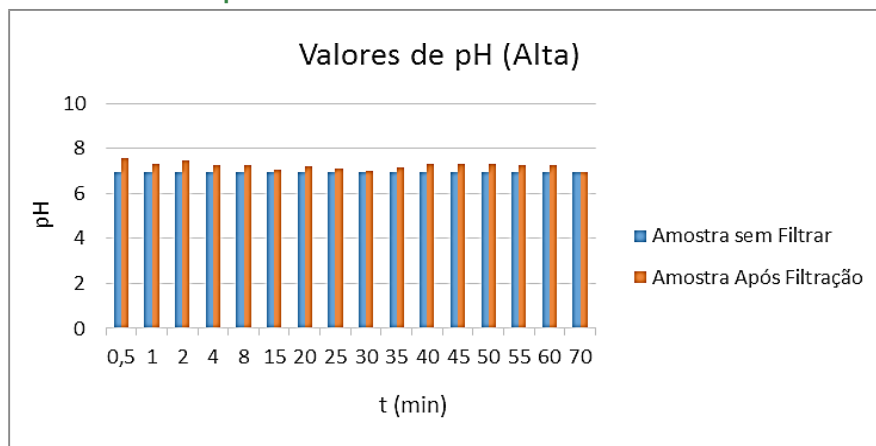


GRÁFICO 4

Análise dos valores de pH



Como mostrado no Gráfico 3, o pH sofreu um leve acréscimo, mas não muito diferente da amostra, sendo que a amostra inicial apresentou pH de 7,4 e logo após passar pelo FMC variou de 7,4 a 7,6. Demonstrando assim que ainda está com o pH considerado aceito pela portaria 2.914/2011 Ms.

Conforme o Gráfico 4, pode-se observar que o pH da água se manteve em uma faixa entre 6,9 e 7,5, demonstrando então variação de 0,6 em alguns pontos, porém ainda atendendo à portaria.

Os Gráficos 5 e 6 mostram a obtenção dos valores da concentração de Sólidos das amostras com comparação antes e depois do tratamento no FMC.

GRÁFICO 5

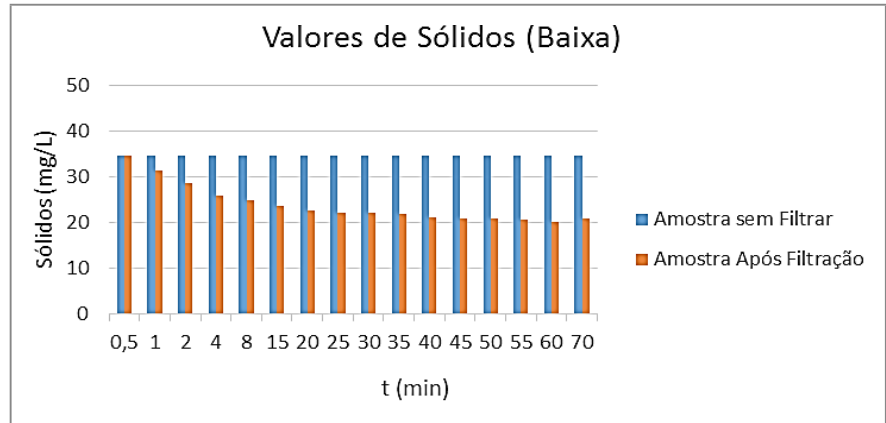
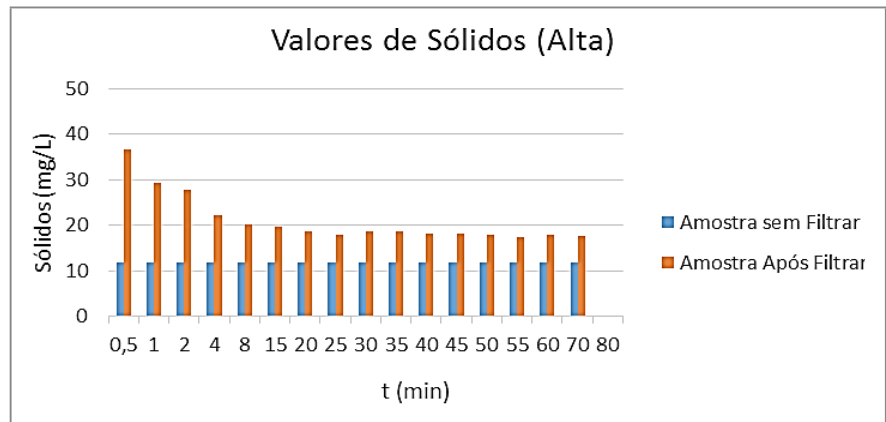
Análise dos valores sólidos

GRÁFICO 6

Análise dos valores sólidos

Conforme o Gráfico 5, o FMC mostra-se eficiente em relação à remoção de sólidos em água com baixa turbidez, demonstrando inicialmente uma queda crescente em sólidos até os 25 minutos, com diminuição de 29 mg/L para 22 mg/L nesse intervalo de tempo, e depois dos 25 minutos os sólidos praticamente se mantêm constantes, na faixa de 20 a 22 mg/L.

Com o Gráfico 6, pode-se observar que há um grande aumento de sólidos após a amostra passar pelo FMC, essa quantidade de sólidos foi diminuindo até os 20 minutos, e variou muito pouco após isso.

Os Gráficos 7 e 8 mostram a obtenção dos valores de Condutividade das amostras com comparação antes e depois do tratamento no FMC.

GRÁFICO 7

Análise dos valores condutividade

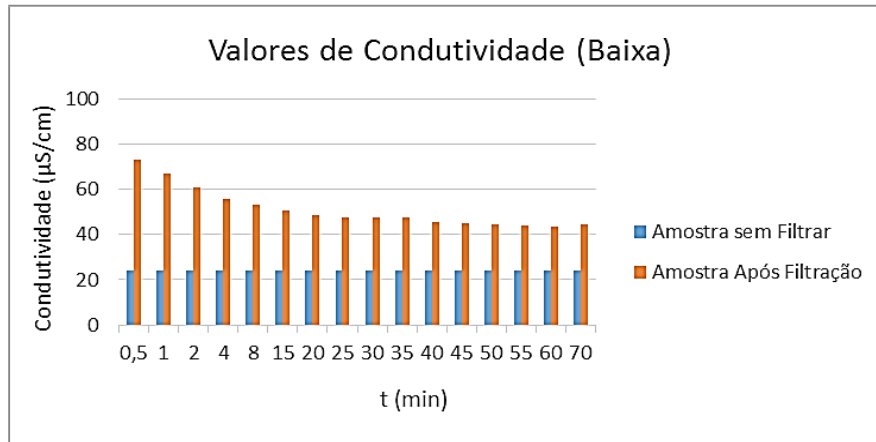
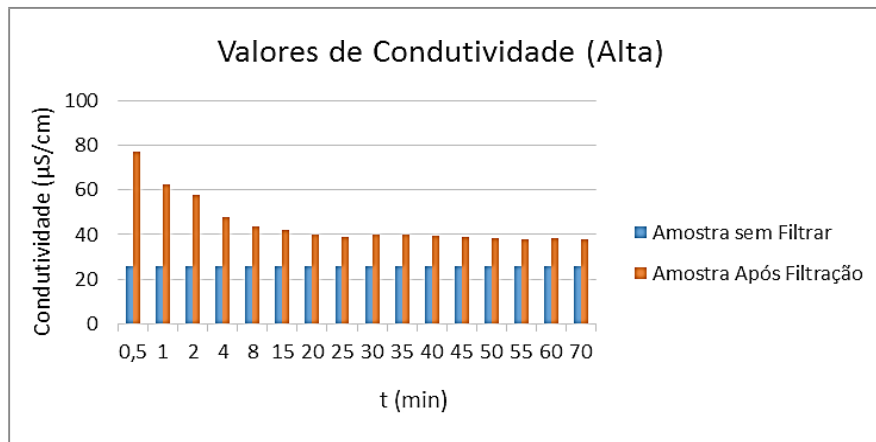


GRÁFICO 8

Análise dos valores condutividade



Conforme o Gráfico 7, pode-se notar que a condutividade da amostra antes de passar no FMC era baixa, e que houve um aumento na condutividade após passar no FMC, sendo que a condutividade se dá em relação à presença de impurezas na água. Visto que quanto mais sólidos presentes na amostra, maior será sua condutividade.

Então como o comportamento do Gráfico 7 de sólidos, o de condutividade apresenta comportamento semelhante, com uma alta condutividade inicial, porém ao longo do tempo diminui, se mantendo com pouca variação depois dos 25 minutos.

Conforme o Gráfico 8, pode-se observar que houve comportamento

semelhante ao apresentado no Gráfico 5 de sólidos, no qual pode-se notar uma grande condutividade inicial após passar pelo FMC, porém a condutividade decai e se estabiliza por volta dos 25 minutos, após esse tempo a condutividade se mantém com pouca variação. Esse comportamento é semelhante ao

de sólidos, pois esses dois parâmetros são proporcionais um ao outro, ou seja, quanto mais impurezas presentes na água maior será a condutividade.

Os Gráficos 9 e 10 mostram a obtenção da eficiência do filtro para alta e baixa turbidez, amostras com comparação antes e depois do tratamento no FMC.

GRÁFICO 9

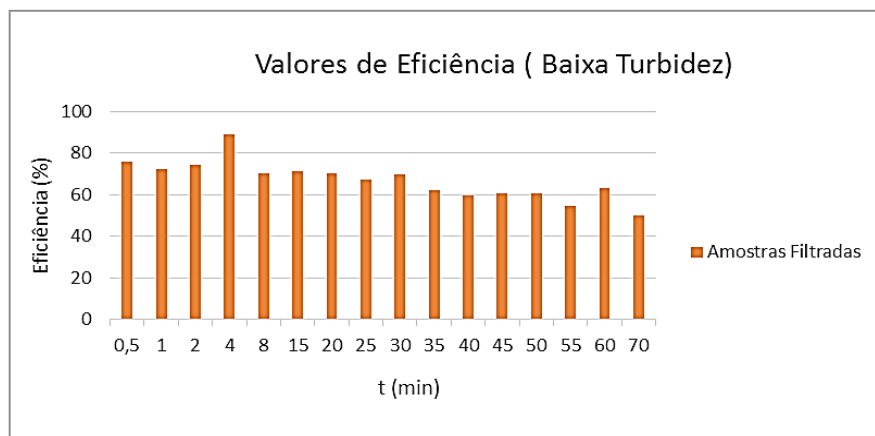
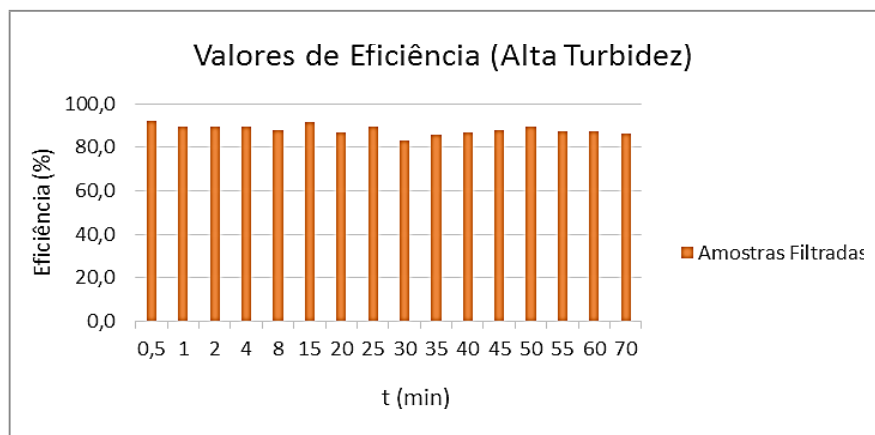
Análise dos valores de eficiência

GRÁFICO 10

Análise dos valores de eficiência

De acordo com o Gráfico 9, temos a eficiência do leito filtrante do FMC, onde conseguimos obter níveis elevados de remoção chegando a ter uma eficiência de 90% aos 4 minutos, e decaindo ao longo do tempo.

De acordo com o Gráfico 10, pode-se observar que a eficiência do filtro de Múltiplas Camadas para alta turbidez foi alta. Sendo a eficiência inicial de 92% na remoção de turbidez, sendo que ao longo do tempo sua eficiência não variou drasticamente, ficando entre 85 e 92%. Apresentando assim uma média de 88,2% de eficiência na remoção de turbidez.

Pode-se notar que inicialmente o FMC demonstrou uma eficiência de 75%, e aos 4 minutos essa eficiência sofreu um pico, conseguindo atingir 89% de remoção de turbidez que estava presente na água. Dos 8 aos 20 minutos continuou praticamente constante em torno de 70%, e após esse tempo o filtro diminuiu sua eficiência, chegando a apresentar eficiência de 50% ao fim da carreira, isso se deu pela colmatação do filtro, no qual foi necessário realizar a retrolavagem para que o filtro apresentasse a mesma eficiência inicial. Com isso, o filtro apresentou para essa carreira uma eficiência média de 66,9% na remoção de turbidez.

Para a análise dos resultados do Filtro de Múltiplas Camadas com 60 L de

baixa turbidez, foi obtido níveis significativos na remoção da turbidez, onde notou-se em alguns momentos níveis de até 90% de eficiência, mas ao fim da carreira o filtro demonstrou uma média de 66,9% de eficiência. Houve acréscimo de sólidos e condutividade em relação à amostra que não passou no FMC, o comportamento de sólidos e condutividade foi equivalente, visto que um é proporcional ao outro, ou seja, quanto mais impurezas presentes na água maior será a condutividade.

E para a análise do FMC com 60 L de alta turbidez, a eficiência se manteve quase que constante, sendo que também demonstrou remoções satisfatórias, com uma média de 88,2% de eficiência na remoção de turbidez. Também houve aumento dos sólidos e condutividade em relação à amostra que não passou no FMC, demonstrando o mesmo comportamento que com a carreira de baixa turbidez.

Ficou evidente que a eficiência do filtro se dá devido à quantidade de turbidez entrando no mesmo, sendo que a eficiência maior foi obtida pela carreira com alta turbidez, ou seja, quanto maior a turbidez que entra maior será sua eficiência, porém isso ocasionou uma rápida colmatação do filtro, necessitando assim realizar a retrolavagem.

Considerações finais

Conforme os parâmetros das amostras utilizadas, o tratamento em questão está satisfatório e com boa remoção nas duas carreiras de filtração. Mostrando-se capaz de realizar a remoção de parâmetros físico-químicos importantes para o uso da água, o uso do filtro mostra-se eficiente, tendo como objetivo a análise separada do FMC como unidade única, se mostrando eficiente e com níveis elevados de remoção.

Ao analisar os parâmetros da água com alta e baixa turbidez e simular uma potencial chuva onde há carregamento

de água com turbidez elevada e sólidos, é visto que o filtro mostra uma promissora remoção podendo atingir níveis satisfatórios. É de conhecimento geral que se a carreira de filtração for maior há um amadurecimento no filtro ao decorrer do tempo, podendo aumentar a sua eficiência na remoção e alcançar padrões elevados e atender a portaria em seu todo.

Logo, o FMC avaliado mostrou-se com potencial para a utilização no tratamento de água, sendo que sua aplicação em maior escala poderá apresentar maiores índices de remoção, atenuando assim sua eficiência.

Referências

- BERGAMINI, N.C.; PATERNIANI, J.E.S. Benefícios do emprego de mantas não tecidas instaladas no topo da camada de areia de filtros lentos no tratamento de água para pequenas comunidades. *Omnia Exatas*, v. 3, n. 2, p. 53–59, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
- DI BERNADO, L.; VERAS, L.R.V. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de Filtração em Múltiplas Etapas (FIME). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 109–116, 2008.
- HELLER, L.; MURTHA, N.A. Avaliação da aplicabilidade e eficiência da filtração lenta ascendente. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 26., 1998, Lima/Peru. *Anais...* Lima/Peru: Aidis, 1998. p. 1–20.
- LIBÂNIO, M. et. al. Tratabilidade de água com baixa turbidez por filtração direta ascendente e descendente. *Especialização em Meio Ambiente e Recursos Hídricos*, v. 1, n. 9, p. 16–30, 2004.
- MARNOTO, M.J.E. *Expansão da areia durante a retrolavagem dos filtros lentos: influência sobre a qualidade da água para abastecimento e a duração das carreiras*. 2008. 75f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- NASCIMENTO, A.P.; PELEGRINI, R.T.; BRITO, N.N. Filtração lenta para o tratamento de águas para pequenas comunidades rurais. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 2, n. 4, p. 54–58, 2012.
- PERALTA, C.C. *Remoção do indicador clostridium perfringens e de oocistos de cryptosporidium parvum por meio da filtração lenta: avaliação em escala piloto*. 2005. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- TEIXEIRA, A.R. *Aplicação da filtração para o tratamento de água eutrofizada*. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

Abstract

Seeking more efficient and economical technologies for water treatment, the objective of this research was to construct the Multiple Layer Filter (FMC). In Brazil and in the world, there is an increasing difficulty in the distribution of water with the qualities provided in norms, this is due to financial conditions or lack of information so that there can be an adequate treatment. Therefore, the objective is the removal of physical-chemical parameters such as turbidity, solids, conductivity and pH. Thus, the results obtained show turbidity removal efficiency, on average 66.9% for FMC with low turbidity and 88.2% efficiency for high turbidity. The results reveal a high efficiency index regarding the turbidity rates used for the tests to which the filter was subjected.

Keywords: Filtration, *Multiple Layer Filter*, *Turbidity Removal*.