

Filtros de baixo custo para a remoção de turbidez: uma aplicação em amostra sintética e do manancial Ribeirão Descoberto

Low cost filters for turbidity removal: applications on a synthetic and on the “Ribeirão Descoberto” river samples

¹Leonardo Ramos da Silveira, ²Renato Welmer Veloso, ³Sofia Medeiros da Silva, ⁴Rita de Cássia Souza da Silva, ⁵Victória Lorrana Sales Carvalho

¹Doutor em Geotecnia (UnB) – Instituto Federal de Goiás, Campus Águas Lindas (leonardo.silveira@ifg.edu.br)

²Doutor em Solos e Nutrição de Plantas (UFV) – Instituto Federal de Goiás, Campus Águas Lindas (renatowv@gmail.com)

³Técnica em Meio Ambiente (IFG) (sofideda118@gmail.com)

⁴Técnica em Meio Ambiente (IFG) (rosangeladf@hotmail.com)

⁵ Discente do Curso Licenciatura em Ciências Biológicas (IFG) (vivika1233@gmail.com)

RESUMO: A filtração é um processo barato e eficiente para tratamento de água, no qual os filtros construídos em escala piloto podem servir de base para o aperfeiçoamento da eficiência requerida para sistema de tratamento em escala real. Destaca-se que a aplicação os procedimentos de tratamento, na escala piloto, são relevantes uma vez que podem estabelecer o detalhadamente tecnológico e operacional, visando agregar os conhecimentos obtidos dentre os processos e tecnologias disponíveis, podendo estas serem ou não convencionais. Assim, este trabalho objetivou a fabricar e montar, em escala piloto, um filtro lento de múltiplas camadas para tratamento de água bruta visando atender ao padrão de potabilidade exigidos normativamente. O experimento foi conduzido no laboratório de Química do Instituto Federal de Goiás (IFG). Os parâmetros analisados foram: turbidez, condutividade elétrica, pH e sólidos dissolvidos, referentes ao tratamento de amostras de água com variações de turbidez. A amostra sintética foi produzida em laboratório enquanto aquela para validação do filtro foi retirada manancial Ribeirão Descoberto. Após os ensaios, a filtração em múltiplas camadas mostrou-se eficiente para a remoção de turbidez tanto na amostra sintética quanto na obtida no manancial, indicando conformidade quanto aos parâmetros avaliados. Houve eficiência de 99% na redução da turbidez da água analisada, atendendo ainda aos demais parâmetros indicados Portaria de consolidação n. 5/2017.

Palavras Chave: Tratamento de água, Filtração lenta, Filtração em múltiplas etapas, Alterações da Turbidez.

ABSTRACT:

Filtration is an inexpensive and efficient process for water treatment in which filters built on a pilot scale can serve as a basis for the improvement of the efficiency required for the full scale treatment system. It should be noted that the application of the treatment procedures in the pilot scale is relevant since it can establish the detailed technological and operational, aiming to aggregate the knowledge obtained from the available processes and technologies, which may or may not be conventional. Thus, this work aimed to manufacture and mount, on a pilot scale, a slow multiple layer filter for raw water treatment in order to meet the portability normative requirement. The experiment was conducted in the Chemistry laboratory of the Federal Institute of Goiás (IFG). The analyzed parameters were: turbidity, electrical conductivity, pH and dissolved solids, referring to the treatment of water samples with turbidity variations. The synthetic sample was produced in the laboratory while the one for filter validation was removed from “Ribeirão Descoberto” river. After the tests, the filtration in multiple layers proved to be efficient for the removal of turbidity in both the synthetic and the river samples, indicating compliance with the evaluated parameters. There was a 99% efficiency in the turbidity reduction of the analyzed water, taking into account the other parameters indicated. 5/2017.

Keywords: Water treatment, Slow filtration, Multi-stage filtration, Turbidity changes.

1. INTRODUÇÃO

O processo de filtração lenta em areia é uma alternativa tecnológica de tratamento de água com potencial de uso em países em desenvolvimento, devido a uma série de fatores, com o baixo custo de instalação e manutenção, menor complexidade operacional e à dispensa da utilização de produtos químicos. Paradoxalmente, esta tecnologia encontra-se mais

disseminada em países de regiões desenvolvidas como Europa e América do Norte (MARNOTO, 2008).

O aumento da demanda de água com quantidade e qualidade para o consumo humano é um fator importante para fomentar as pesquisas relacionadas ao tratamento de água. Um exemplo de pesquisa é a filtração rápida descendente precedida da filtração direta ascendente, que originaram a técnica denominada de dupla filtração. Esta técnica apresenta vantagens como o menor custo de implantação comparado ao custo do tratamento em ciclo completo da água. A dupla filtração permite o tratamento de água com menos qualidade, possibilita o uso de taxas de filtração mais elevadas no filtro ascendente e isso oferece maior segurança do ponto de vista operacional em relação às variações bruscas de qualidade da água bruta captada para o tratamento. Além disso, esta técnica apresenta maior eficiência na remoção de microrganismos, que promove o aumento da segurança em relação o processo posterior de desinfecção final, além de outras vantagens com relação à filtração direta ascendente (DI BERNARDO, 2003).

A dupla filtração caracteriza-se pela aplicação da filtração direta ascendente como uma forma de pré-tratamento para a filtração descendente. Dessa forma, após o processo de coagulação, a água passa pelo filtro ascendente, com material granular tendo granulometria apropriada para que seja produzida água filtrada com turbidez inferior a cinco unidades nefelométricas de turbidez (UNT) (DI BERNARDO, 2008). Por outro lado, a filtração lenta é reconhecida como uma tecnologia recomendada para o tratamento de água de pequenas comunidades, pois se caracteriza por ser de simples construção, operação e manutenção. Esses fatores representam uma redução nos custos gerais e, conseqüentemente, maior acesso ao produtor rural (NASCIMENTO; PELEGRINI; BRITO, 2012).

A filtração lenta apresenta vantagens que viabilizam sua utilização em pequenas comunidades, das quais se destacam: a simplicidade de construção, de manutenção e de operação, comparada aos outros sistemas de filtração, menor produção de lodo e dispensa o uso de produtos químicos de equipamentos sofisticados e requer mão de obra especializada, (PATERNIANI, 2004).

Silveira, Coutinho e Araújo (2015) mostraram o desempenho e eficiência do Filtro de Múltiplas Camadas (FMC) e sua aplicação em locais que não possuem uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Além disso, os autores demonstraram a facilidade de construção de um FMC com materiais de fácil acesso e baixo custo e ainda uma baixa manutenção. A eficiência de remoção de turbidez foi da ordem de 95%, ausência de sólidos totais dissolvidos e valores de pH e condutividade elétrica (CE) estavam de acordo com os parâmetros da Portaria de consolidação nº 05/2017 para água de abastecimento.

Silveira, Souza e Alves (2015) testaram a remoção de turbidez e cor via filtração lenta em escala piloto com dupla camada, sob uma taxa de filtração de 40L com baixa turbidez, e os resultados indicaram uma elevada taxa de remoção de turbidez, com até 94 % de remoção e da cor. Enquanto isso, para a taxa de 40L com alta turbidez, os resultados de eficiência de remoção foram similares aos da baixa turbidez, mas com aumento dos valores de pH e CE.

Em visto do apresentado, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos para o tratamento de água, que sejam de baixo custo. Estes métodos devem atender os aspectos físico-químicos definidos pela Portaria de consolidação nº 5 de 2017 e com potencial de implantação em pequenas populações, ou comunidades carentes e zonas rurais onde o tratamento de água ainda é escasso. Dessa forma, isso promoveria a melhoria da qualidade de vida dessas comunidades, por permitir o consumo de água de qualidade. É neste sentido que o presente trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade de filtro de múltiplas camadas na

remoção de parâmetros físico-químicos (turbidez, sólidos totais dissolvidos, pH e CE) por meio da utilização da filtração direta e lenta em múltiplas camadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O filtro de múltiplas camadas foi montado em um tubo de PVC de 150 mm, com altura de 1,76 m. Para a construção do leito filtrante, foram utilizados os seguintes materiais: seixo rolado, areia, brita, carvão ativado e manta geotêxtil. A primeira camada foi compostapelos meio suporte, constituído de seixos rolados de granulometria variada, tendo 10 cm no meio filtrante. A segunda camada foi de areia lavada, essa camada teve 40 cm de altura, que foi dividida em 3 subcamadas. A primeira subcamada foi 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 os 40 cm da camada de areia. Sob a camada de areia foi disposta a camada de brita, no qual foi utilizada a camada de brita 1, com 10 cm. Depois da camada de brita, foi disposta a camada de carvão ativado, com espessura de 4 cm. A camada final foi constituída por uma manta sintética (Geotêxtil) localizada acima da camada de brita. Concluído essas camadas, então se repetiu a mesma disposição de camadas para formar a dupla camada de cada material no leito filtrante, formando assim o filtro de Múltiplas Camadas, o que recebeu a denominação de “Filtro 1”.

O filtro lento foi construído em tubo de PVC medindo 0,15 m de diâmetro, 1,50 m de altura. As conexões do PVC foram vedadas com cola de vedação (veda calha) e foram acoplados ao filtro: uma torneira esférica, luvas de tubo de 150mm, caps de esgoto, flange de caixa d'água, joelho 90° LR de 3/4 e anel de borracha para vedação. Foram usados quatro tipos de peneiramento para o experimento, sendo estes: 150, 250, 400 e 600 mm/ μ m. O meio suporte foi disposto na base do filtro. A camada suporte foi construída de forma que obtivesse 10 cm de espessura, constituída de seixos rolados. Na camada suporte do filtro foi utilizada uma manta não tecida de polipropileno, para evitar a perda do material quando fosse submetida à filtração. A manta utilizada possuía as seguintes especificações: 95%, superfície específica 2530 m³/m², espessura 3 mm, gramatura 300 g/m², recebendo o nome de “Filtro 2”.

Para o experimento de remoção da turbidez, utilizou-se a mistura de água com solo fino argiloso. A amostra foi homogeneizada, na qual foi definido para a baixa turbidez a utilização de 0,85g de solo para cada litro de água, e para alta turbidez utilizou-se 3,5g por litro. Utilizou-se o misturador de eixo (dispersador de solo) para fazer com que se aproximasse ao máximo da realidade e permitisse que a amostra fosse totalmente misturada. Foi submetida à filtração 30litros (alta e baixa turbidez) e a filtração de amostra de 33litros do Manancial de abastecimento de Brasília, o Ribeirão Descoberto. Com a amostra do Ribeirão Descoberto o processo consistiu da passagem dos 33litros no primeiro filtro, que depois de filtrado foi passado no segundo filtro, obtendo uma dupla filtração em dupla camada. Este procedimento foi realizado tanto para a amostra de baixa turbidez como para alta. Alíquotas do filtrado foram coletadas nos seguintes tempos de filtração: 30s, 1min, 2min, 4min, 8min, 15min, em seguida procedeu-se a coleta em intervalos de 5 minutos, até completar 1 hora e, em seguida, procedeu-se em intervalos de 10 minutos até o fim da filtração. O tempo das filtrações variou de 1 hora e 10 minutos até 3 horas. A Figura 1 apresenta o esquema do filtro montado em escala piloto. Todas as análises foram realizadas de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005), sendo determinados os parâmetros: turbidez, sólidos totais, pH e condutividade elétrica. As coletas e procedimentos adotados estavam de

acordo com a NBR 9898/1987. Todas as análises em nível de bancada foram realizadas no laboratório de Química do Campus Águas Lindas do IFG (Instituto Federal de Educação de Goiás). A turbidez foi medida com turbidímetro digital – TU430. O pH foi medido com pHmetro portátil AK90. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos foram medidos em condutivímetro portátil modelo COM-80.

Figura 1 – Esquema do filtro em Múltiplas camadas



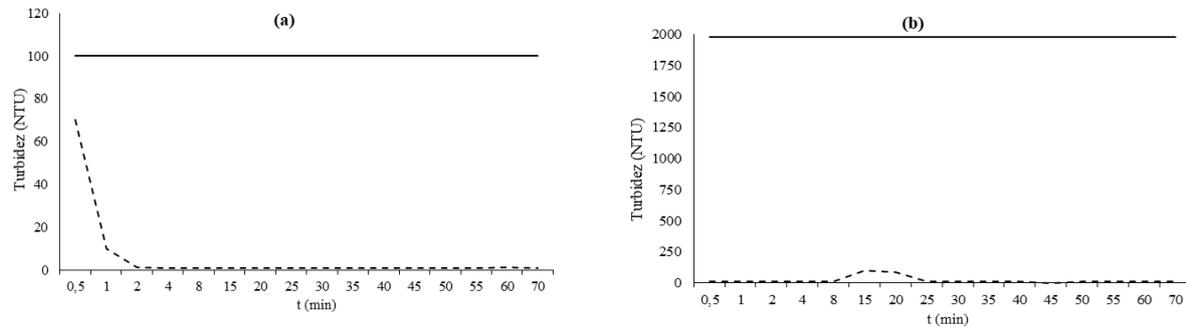
3. RESULTADOS/DISCUSSÕES

As Figuras 2(a) e 2(b) apresentam os resultados para remoção da baixa turbidez (BT) e alta turbidez (AT), respectivamente, assim como nas Figuras 3(a) e 3(b) representam o pH, nas Figuras 4(a) e 4(b) os valores de sólidos totais dissolvidos, nas Figuras 5(a) e 5(b) a condutividade elétrica e nas Figuras 6(a) e 6(b) a eficiência de remoção em cada filtração de baixa e alta turbidez.

Os valores de turbidez da água bruta aplicada foram proporcionais a massa de solo misturada para baixa (100 NTU) e alta (1976 NTU) turbidez. A baixa turbidez diminuiu ao longo do tempo, e após dois minutos de filtração, alcançou valores inferiores a 1,2 NTU (99,9 % de eficiência) (Figura 2a). Na alta turbidez, os valores se mantiveram em 10 NTU (99,5 % de eficiência), com pico de 100 NTU aos 15 min de filtração (Figura 2b). Estes resultados reforçam a elevada eficiência de remoção da turbidez para faixas distintas de turbidez inicial. Silveira e Coutinho (2016), ao analisar a eficiência de remoção de turbidez, por filtração direta, observaram diminuição na ordem de 99,9% para baixa turbidez. Além disso, houve a

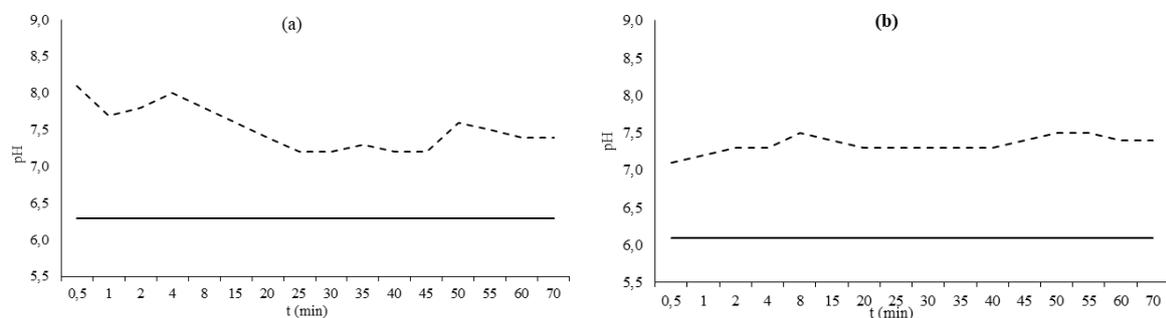
colmatação do leito filtrante após a aplicação da solução com alta turbidez, o que reduziu a carreira de filtração do filtro em comparação a baixa turbidez.

Figuras 2 – Valores de turbidez da água bruta (linhas contínuas) e da água filtrada da baixa turbidez (a) e alta turbidez (b) (linhas tracejadas), ao longo da carreira de filtração



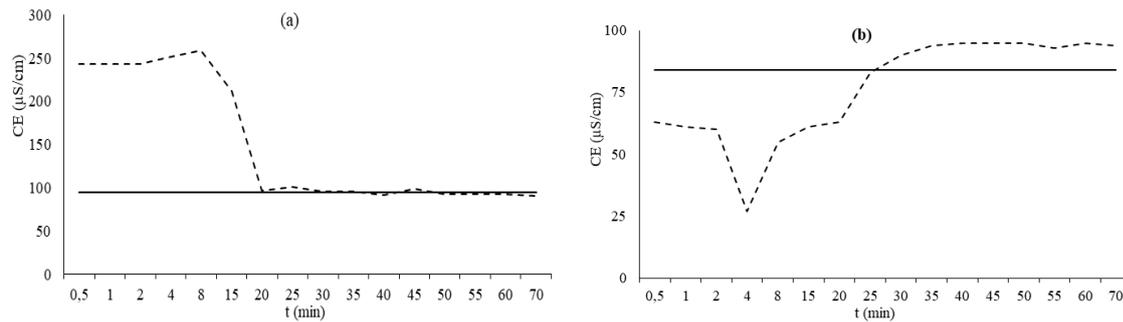
Os valores de pH encontram-se dentro da faixa para água de abastecimento, 6 a 9,5, corroborando com os resultados encontrados por Silveira, Coutinho e Araújo (2015). Para baixa e alta turbidez (Figura 3), os valores de pH aumentaram em relação a água bruta aplicada. O aumento do pH na baixa turbidez pode influenciar a maior superfície de ionização das partículas, que promove a hidrólise das bases presentes no complexo de troca de partículas de solo (PURI e ASGHAR, 1938), concomitante, a diluição dos íons Hidrogênio (H^+), que diminui a atividade desse íon no meio (Almeida e Ernani, 1996).

Figuras 3 – Valores de pH da água bruta (linhas contínuas) e da água filtrada da baixa turbidez (a) e alta turbidez (b) (linhas tracejadas), ao longo da carreira de filtração

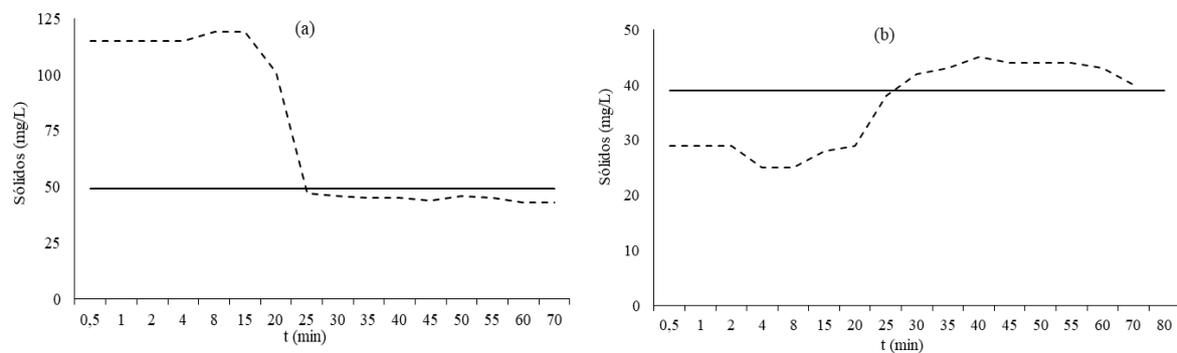


Os valores de CE (Figuras 4) e de sólidos totais (ST) (Figuras 5) apresentaram comportamentos semelhantes ao longo do tempo. Na baixa turbidez, estes valores se mantiveram constantes após 20 e 25 min para CE e STD, respectivamente, corroborando assim com os resultados de Silveira e Coutinho (2016), Silveira, Coutinho e Veloso (2018), demonstrando que após a filtração os parâmetros mantêm-se dentro dos níveis permitidos para água de consumo humano.

Figuras 4 – Valores de CE da água bruta (linhas contínuas) e da água filtrada da baixa turbidez (a) e alta turbidez (b) (linhas tracejadas), ao longo da carreira de filtração

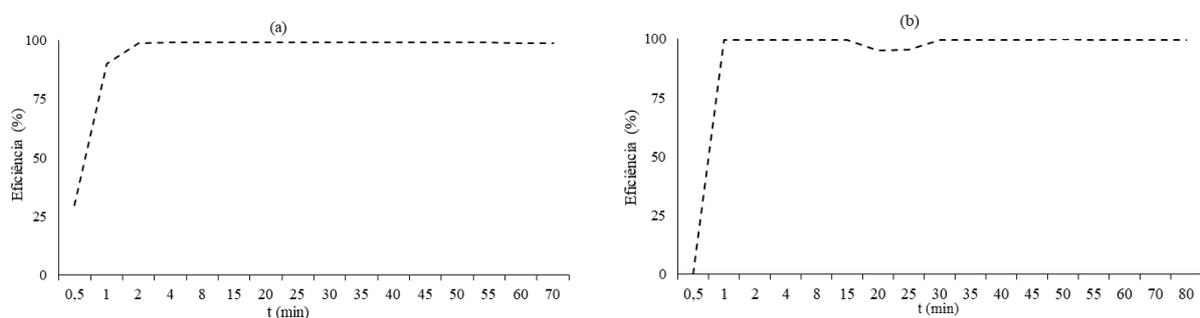


Figuras 5 – Teor de ST da água bruta (linhas contínuas) da água filtrada da baixa turbidez (a) e alta turbidez (b) e teor de ST nos filtrados (linhas tracejadas), ao longo da carreira de filtração



A partir dos observados nas Figuras 6, nota-se uma eficiência de remoção margeando a remoção total, demonstrando assim, que a filtração direta reduziu e atenuou os picos de turbidez, resultados estes que corroboram aos de Silveira, Coutinho e Veloso 2018, e os de Veloso *et al.* 2018, demonstrando assim que a unidade de filtração mesmo não sendo realizada a coagulação e floculação consegue remover satisfatoriamente os valores de turbidez.

Figuras 6 – Eficácia de remoção da turbidez da água filtrada da baixa turbidez (a) e alta turbidez (b) (linhas tracejadas), ao longo da carreira de filtração

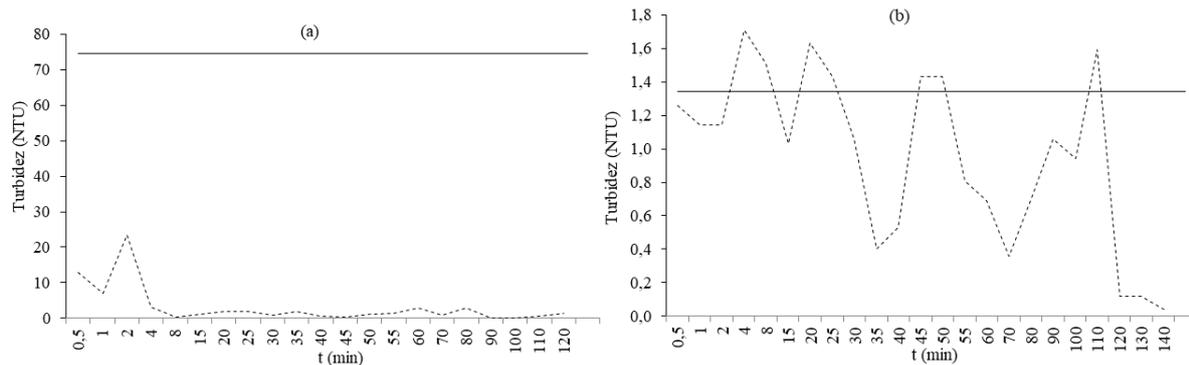


As Figuras 7(a) e (b) apresentam os resultados para remoção da turbidez da água do Ribeirão Descoberto filtro 1 e filtro 2, respectivamente, assim como nas Figuras 8(a) e 8(b) representam os valores de pH, nas Figuras 9(a) e 9(b) encontram-se os valores de sólidos

totais dissolvidos, nas Figuras 10(a) e 10(b) os valores de condutividade elétrica e nas Figuras 11(a) e 11(b) a eficiência de remoção da turbidez ao longo do tempo em cada filtração.

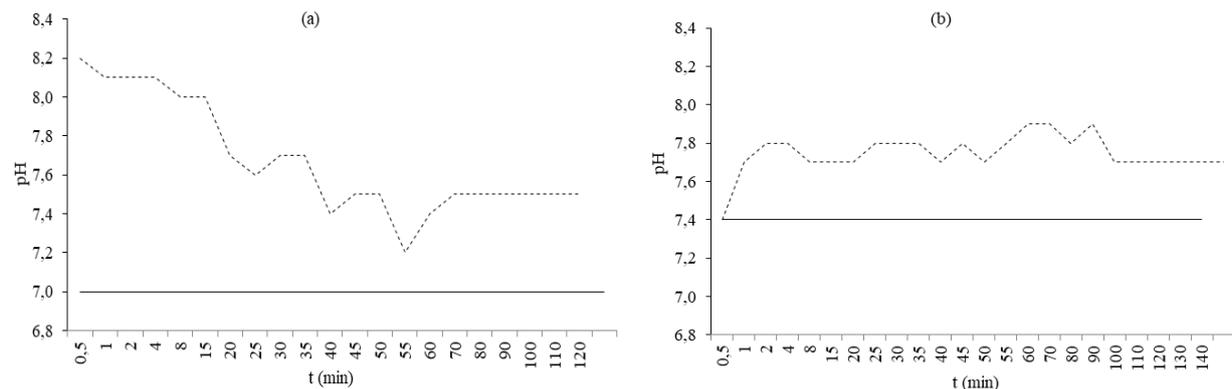
O valor inicial da turbidez (Figura 7a) foi de 74 UNT e diminuiu para 1,34 UNT após a passagem pelo filtro 1, obtendo uma eficiência da ordem de 98%. Após a passagem pelo filtro 2, o valor de turbidez é de 0,04 UNT. Isso demonstra a alta eficiência para a remoção de sólidos em suspensão quando esta foi submetida à aplicação da vazão em dupla filtração.

Figuras 7 – Valores de turbidez da água do Manancial Ribeirão do Descoberto, após a passagem pelos filtros 1(a) e 2 (b), água aplicada em cada filtro (linhas contínuas) e os respectivos filtrados (linhas tracejadas)



A partir da análise da Figura 8, nota-se que os valores de pH, oscilaram ao passar pelo leito filtrante, destaca-se que essa alteração se deu em função da interação entre a amostra filtrada e o próprio leito filtrante. Apesar do fato observado os valores finais, ficaram dentro dos observados para água potável. Os valores de pH se comportaram de maneira similar ao observados para a filtração de alta e baixa turbidez. Assim, o aumento dos valores de pH está provavelmente relacionado aos mecanismos de aumento de superfície das partículas.

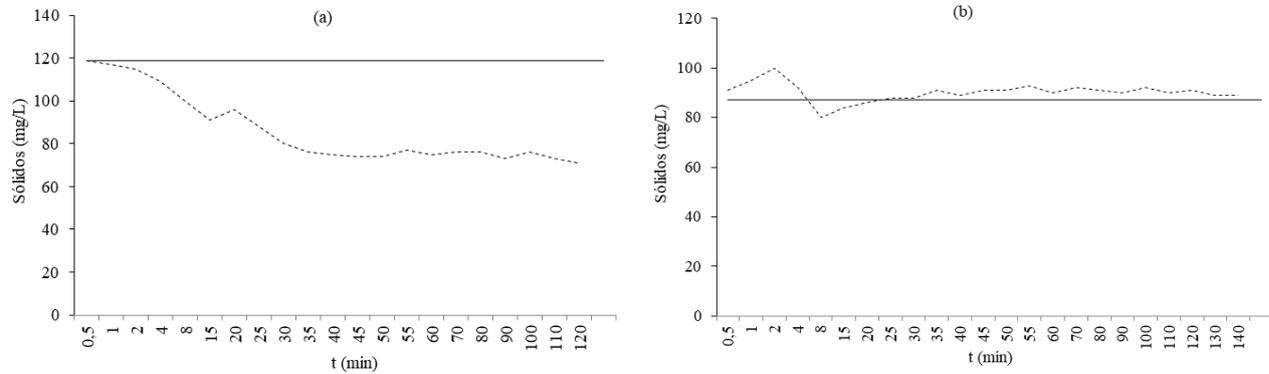
Figuras 8 – Valores de pH da água do Manancial Ribeirão do Descoberto, após a passagem pelos filtros 1 (a) e 2 (b), água aplicada em cada filtro (linhas contínuas) e os respectivos filtrados (linhas tracejadas)



Os valores de sólidos totais dissolvidos acompanharam os valores de remoção de turbidez, ou seja, quanto maior a turbidez, maior os valores de sólidos na amostra (Figura 9). Isso demonstra a eficiência atingida pelo leito filtrante em reduzir este parâmetro, e conseqüentemente, remover turbidez, uma vez que a mesma é influenciada pela quantidade de sólidos presentes na água. Este resultado se assemelha ao observado por Silveira, Souza e Alves (2015). Enquanto isso, os valores de CE tendeu a manter os valores CE da água bruta

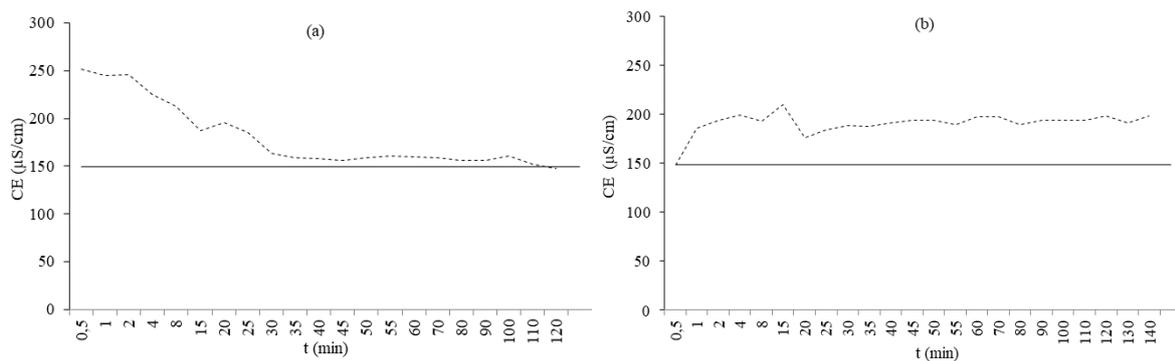
após a passagem pelo filtro 1. Já os valores de CE aumentaram quando aplicados no filtro 2 conforme pode ser observado Figuras 10a e 10b.

Figuras 9 – Teor de ST da água do Manancial Ribeirão do Descoberto, após a passagem pelos filtros 1(a) e 2 (b), água aplicada em cada filtro (linhas contínuas) e os respectivos filtrados (linhas tracejadas)



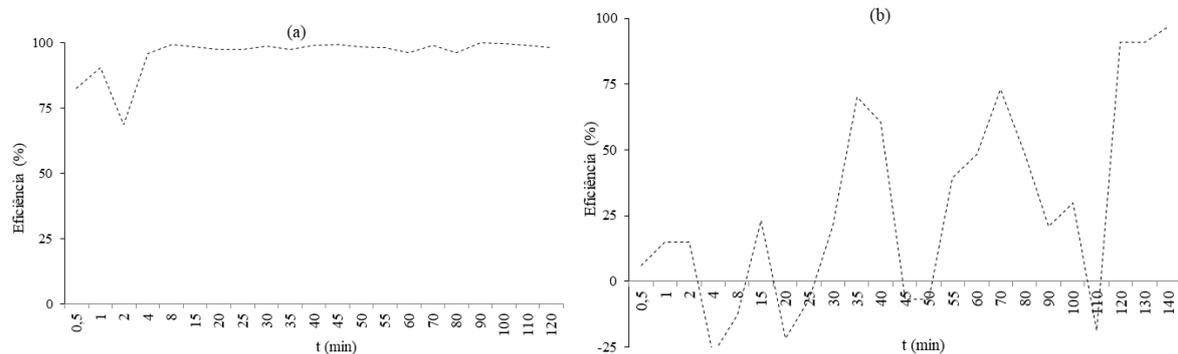
De forma geral, ao se analisar os parâmetros condutividade, pH, e sólidos totais dissolvidos em conjunto, é possível observar que os valores decrescem em função da passagem da vazão pelo leito filtrante (Figuras 7, 8 e 9).

Figuras 10 – Valores de CE da água do Manancial Ribeirão do Descoberto, após a passagem pelos filtros 1(a) e 2 (b), água aplicada em cada filtro (linhas contínuas) e os respectivos filtrados (linhas tracejadas)



A eficiência da remoção de turbidez após passagem no Filtro 1, ficou da ordem de 98%, chegando com valores muito baixo para o Filtro 2 (Figura 11). Após passagem em ambos filtros, nota-se que o valor final ficou bem abaixo do que preconiza a portaria para potabilidade, demonstrando assim que a dupla filtração por dupla camada pode ser considerada de alta eficiência para a remoção de parâmetros físico-químicos. Ressalta-se que a amostra coletada no Manancial Ribeirão Descoberto apresentou parâmetros físico-químicos dentro da faixa de potabilidade indicada pela Portaria consolidação n.5 de 2017, após a aplicação da dupla filtração.

Figuras 11 – Eficiência de remoção da turbidez da água filtrada do Manancial do Ribeirão Descoberto, após a passagem pelos filtros 1(a) e 2 (b)



4. CONCLUSÃO

A filtração em dupla camada de 30 litros (alta e baixa turbidez) apresentou elevada eficiência na remoção turbidez principalmente para alta turbidez com 99,5% de remoção, sendo que a baixa ficou com 98,5%. A eficiência foi considerada satisfatória para o parâmetro analisado. Já os valores de pH, CE e sólidos totais dissolvidos se obtiveram dentro dos limites normatizados de potabilidade de água.

A dupla filtração em dupla camada (Filtro 1+ Filtro 2) apresentou elevada eficiência na remoção de turbidez, especialmente porque a água aplicada (33 litros) passou pelos dois processos de filtração distintos. Por meio da utilização de uma amostra de água coletada no manancial do Ribeirão do Descoberto pode-se obter uma amostra com melhor representatividade da real condição de uso do filtro pesquisado, sendo o mesmo capaz de reduzir a turbidez de entrada de 74 UNT (após passagem pelo segundo filtro) para 0,04 UNT. Nas “carreiras de filtração” com amostra do manancial, os valores de pH, CE e sólidos totais dissolvidos também apresentaram as mesmas características similares aos indicados para a turbidez, obtendo valores dentro dos limites especificados pela portaria de potabilidade.

Assim, constata-se que o filtro projetado com meio filtrante de dupla camada (composta por areia em diferentes granulometrias) tem potencial para aplicação em pequenas Estações de Tratamento de Água. A sua utilização em maior escala poderá trazer resultados ainda mais satisfatórios, uma vez que poderá aumentar a taxa de filtração, em decorrência de um leito filtrante de maior espessura.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A.; ERNANI, P. R. **Influência do solvente, da relação solo/solvente, e da incubação das amostras úmidas na variação do pH de solos catarinenses.** *Ciência Rural*, v. 26, n. 1, p.81–85, 1996. Doi: 10.1590/S0103-84781996000100015.

BERNARDO, L. D. **Filtração Direta Aplicada a Pequenas Comunidades.** 1º ed. São Carlos: Projeto Prosab, 2003. 498p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.5/2017.** Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2017.

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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000100014>.

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. Monografia (Bacharelado), 75f. Graduação em Engenharia Sanitária E 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, REEC**, v.2, n.4, p.54-58, 2012. <https://doi.org/10.5216/reec.v4i2.19705>

PATERNIANI, J. E.S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades. **Revista de Engenharia Ambiental Pesquisa e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p.17-24, 2004.

PURI, A. N.; ASGHAR, A. G. Influence of salt sand soil-water ratio on pH value of soils. **Soil Science**, v.46, p.249-258, 1938.

SILVEIRA, L. R.; COUTINHO M. M.; ARAÚJO, R. N. Utilização da filtração lenta para tratamento de água com variações da turbidez. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 8, n. 1, p.114-123, 2015.

SILVEIRA, L. R.; COUTINHO, M.M. utilização de filtro de múltiplas camadas para remoção de turbidez. **Revista Tecnia – IFG**, v. 1, n 2, p. 66-78, 2016.

SILVEIRA, L.R.; COUTINHO, M.M.; VELOSO, R. W. Tratamento de água por filtros de baixo custo com dupla filtração. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2018, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES-RS, 2018. Disponível em:<https://www.abes-rs.org.br/novo/?p=evento_anais&ref=89>. Acesso em março de 2019.

VELOSO, R. W.; SILVEIRA, L.R.; SOUZA, K. P.O.; ALVES, R. M. Efeito da turbidez no tratamento de água por filtração direta em escala piloto. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2018, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES-RS, 2018. Disponível em:<https://www.abes-rs.org.br/novo/?p=evento_anais&ref=89>. Acesso em março de 2019.

SILVEIRA, L. R.; SOUZA, K. P.O.; ALVEZ, R. M. Remoção de parâmetros físico-químicos por meio de filtração lenta. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 8, n. 1, p.138-148, 2015.