

Eixo Temático ET-02-009 - Saneamento Ambiental

**AValiação DE PERDAS DE CARGA EM FILTROS RÁPIDOS DE FLUXO
DESCENDENTE E ASCENDENTE**Maria Virgínia da Conceição Albuquerque¹, Amanda da Silva Barbosa Cartaxo¹,
Maria Célia Cavalcanti de Paula e Silva¹, Valderi Duarte Leite², Wilton Silva Lopes²¹Bióloga, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.²Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UEPB.**RESUMO**

O estudo objetivou verificar a influência de escoamentos descendente e ascendente e taxas aplicadas, na variação da perda de carga laminar com a retenção de impurezas representadas pela cor e turbidez, presentes em águas destinadas a abastecimento público. O procedimento de filtração foi realizado por filtros de areia confeccionado em tubos de plástico PVC. O filtro monitorado em fluxo ascendente, apresentou cerca de 1,5m de comprimento e 0,1m de diâmetro interno, com sistema de retrolavagem, e taxa de filtração $138,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$, preenchido com meio filtrante composto por 100 cm de areia disposto em coluna. O filtro rápido de fluxo descendente, apresentou uma taxa de filtração de $143,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$, preenchido com meio filtrante apresentando também 50 de coluna, nos quais 40 cm de areia disposto, com granulométrica também entre 0,42 e 0,6 mm acrescido de 10 cm de pedregulhos, objetivando manter a pressão necessária, para produzir melhores resultados em termos da qualidade da água filtrada. A água utilizada para o procedimento experimental que constituiu a água estudo, foi proveniente do reservatório Saulo Maia, localizado no município de Areia, brejo paraibano. Após a coleta, a mesma era conduzida ao laboratório e realizada a sua caracterização, logo em seguida, iniciava-se o monitoramento de perfis nos filtros rápidos de fluxo ascendente e descendente. A partir dos resultados expostos, foi possível observar que a constituição da camada do meio filtrante interferiu no acréscimo da perda de carga. A mudança das taxas de filtração afetou diretamente a perda de carga, remoção de impurezas e carreira de filtração.

Palavras-chave: Tratamento de água; Filtros de areia; FRD; FRA.**INTRODUÇÃO**

Com o principal objetivo a remoção de partículas que causam cor e turbidez e microrganismos, o processo de filtração é considerado a etapa mais relevante da ETA. Este processo pode ser realizado com baixa carga superficial (filtros lentos), com alta carga superficial (filtros rápidos), em meios porosos (pasta de argila, papel de filtro), em meios granulares (areia, antracito, pedregulho ou combinados), por fluxo ascendente, descendente ou misto, podendo ainda trabalhar à pressão ou por gravidade, segundo a magnitude da carga hidráulica que exista sobre o meio filtrante (DI BERNARDO, 2012).

A filtração rápida é uma técnica de tratamento na qual a água coagulada ou floculada é encaminhada diretamente ao filtro, sem passar pelo decantador. Sua aplicação depende fortemente da qualidade da água bruta, principalmente com relação aos parâmetros cor e turbidez, podendo haver outras características que dificultem o processo de coagulação/floculação, como, por exemplo, a presença de microalgas e cianobactérias (MONDARDO, 2004). Para Dantas e Di Bernardo (2008), a filtração rápida descendente e ascendente requer menor área e tem menor custo de implantação e operação, quando comparada ao ciclo completo. No entanto, apresenta sérias limitações relativas à capacidade de tratamento de água bruta com baixa qualidade hidrobiológica. E como o tempo de detenção em todo o

tratamento é curto, necessita-se de um controle mais rigoroso da dosagem de produtos químicos durante as mudanças da qualidade da água bruta.

A eficiência da filtração está relacionada às características da suspensão (tipo, tamanho, concentração e massa específica das partículas, resistência das partículas retidas pelas forças de cisalhamento, temperatura da água, potencial zeta, pH da água, etc.), do meio filtrante (tipo de material, tamanho efetivo, tamanho do maior e menor grão, coeficiente de desuniformidade, massa específica do material granular e espessura) e hidráulicas (taxa de filtração, carga hidráulica disponível e método de controle da taxa e do nível de água nos filtros). A perda de carga é um valor que define a quantidade de energia dissipada involuntariamente por um escoamento, esta perda procede do fato do escoamento ter de superar obstáculos que agem contrariamente à sua propagação. A equação de Bernoulli contempla este fato adicionando um fator de perda de carga, h_{lt} , em seu equacionamento. Este fator é responsável por acrescentar a informação de desigualdade de energia total contida no fluxo em dois pontos distintos do sistema (DI BERNARDO, 2003).

O estudo sobre o comportamento da perda de carga no processo de filtração é essencial para a operação dos equipamentos utilizados e, também, no seu dimensionamento, pois as características intrínsecas do meio filtrante tornam a compreensão do fenômeno físico especificado mais complexa (MESQUITA et al., 2012). Assim sendo, estudos são feitos para modelar, quantificar e entender tais variedades de parâmetros inerentes ao processo de retenção das partículas no meio granular, entretanto tais modelos não têm alcançado êxito satisfatório na previsão do comportamento da filtração (DI BERNARDO, 2005).

OBJETIVO

Este estudo objetivou verificar a influência de escoamentos descendente e ascendente e taxas aplicadas, na variação da perda de carga laminar com a retenção de impurezas representadas pela cor e turbidez, presentes em águas destinadas ao abastecimento público.

METODOLOGIA

O procedimento de filtração foi realizado por filtros de areia confeccionado em tubos de plástico PVC. O filtro monitorado em fluxo ascendente (Tabela 1), apresentou cerca de 1,5m de comprimento e 0,1m de diâmetro interno, com sistema de retrolavagem, e taxa de filtração $138,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$, preenchido com meio filtrante composto por 50 cm de areia disposto em coluna, com granulométrica de 0,3 mm e 50 cm de areia com granulometria 0,6 mm.

Tabela 1. Características do filtro de areia fluxo ascendente.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Tamanhos dos grãos de areia	0,3-0,6 mm
Taxa de filtração	$138,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$
Altura da câmara filtrante	100 cm

Todavia, o filtro rápido de fluxo descendente, apresentou uma taxa de filtração de $143,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$, preenchido com meio filtrante composto por 40 cm de areia disposto, com granulométrica entre 0,42 e 0,6 mm e 10 cm de pedregulhos em coluna (Tabela 2), objetivando manter a pressão necessária, para produzir melhores resultados em termos da qualidade da água filtrada.

Tabela 2. Características do filtro de areia descendente.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Tamanhos dos grãos de areia	0,42-0,6 mm
Taxa de filtração	143 m ³ .m ² .dia ⁻¹
Altura da câmara filtrante	50 cm

A água utilizada para o procedimento experimental que constituiu a água estudo, foi proveniente do reservatório Saulo Maia, localizado no município de Areia, brejo paraibano. Após a coleta, era conduzida ao laboratório e realizada a sua caracterização para os parâmetros de pH, cor, turbidez, alcalinidade e SST, logo em seguida, iniciava-se o monitoramento de perfis nos filtros rápidos de fluxo ascendente e descendente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3 e 4 a seguir, estão apresentados os perfis de monitoramento dos filtros rápidos de fluxo descendente e ascendentes. O monitoramento dos filtros seguiu três horas, totalizando em doze bateladas, obtendo-se 500 mL de água filtrada a cada batelada. Após os ensaios, os parâmetros de controle: turbidez, cor aparente e verdadeira, foram avaliados conforme métodos preconizados (APHA, 2012).

Tabela 3. Perfil de monitoramento do filtro rápido de areia de fluxo descendente.

Batelada	Vazão (mL.min ⁻¹)	Taxa de Filtração (m ³ .m ² .dia ⁻¹)	Tempo de operação (min)	Tempo de descarga do filtro (min)	Perda de carga (cm)
*	500	143	*	0h	*
1	500	143	8	8	7,5
2	500	143	16	8	7,5
3	500	143	24	8	7,5
4	480	137,2	32	10	9
5	480	137,2	40	10	10,5
6	460	131,5	48	10	11,4
7	450	128,7	58	10	13,8
8	380	108,6	68	12	14,4
9	350	100	80	12	14,4
10	300	85,8	92	14	14,7
11	250	71,5	106	16	15
12	250	71,5	120	16	15

Um dos principais indicadores da qualidade da água bruta é a cor e turbidez, que através de parâmetros controlados pelo Ministério da Saúde, busca garantir água limpa para consumo, segundo Reis (2016), isso porque há uma preocupação com microrganismos que permanecem com a adição de cloro na etapa de desinfecção das estações de tratamento de água, por isso a remoção da cor e turbidez se tornou importante por ser um indicador de impurezas. Na tabela 5 apresentam-se os valores médios e remoções obtidas para turbidez, cor verdadeira e aparente após o monitoramento dos perfis realizados.

Tabela 4. Perfil de monitoramento do filtro rápido de areia de fluxo ascendente.

Batelada	Vazão (mL.min ⁻¹)	Taxa de Filtração (m ³ .m ² .dia ⁻¹)	Tempo de operação (min)	Tempo de descarga do filtro (min)	Perda de carga (cm)
*	500	138,6	*	0h	*
1	500	138,6	8	10	10
2	500	138,6	16	10	10
3	500	138,6	24	10	10
4	480	126,3	32	13	12
5	480	110,1	40	13	13
6	460	100,9	48	13	15
7	450	98,7	58	15	17
8	380	93,6	68	15	20
9	350	90,1	80	20	20
10	300	88,8	92	22	22
11	250	85,5	106	25	25
12	250	82,3	120	30	25

Tabela 5. Parâmetros analisados após o monitoramento do perfil dos filtros.

Parâmetros	AE	AFD	Remoção (%)	AFA	Remoção (%)	VMP
Cor Verdadeira (uH)	25	5	80	3	88	15
Cor Aparente (uH)	50	25	85	20	60	15
Turbidez (uT)	26,9	0,8	97	1	96,2	0,5

AE: água de estudo; AFD: água filtrada filtro descendente; AFA: água filtrada filtro ascendente; VMP: valor máximo permitido de turbidez pós filtração pela Portaria de Consolidação nº 5, anexo XX do Ministério de Saúde Brasileiro (2017) para os padrões de potabilidade de água filtrada em filtros rápidos.

De acordo com Nascimento (2009), a filtração direta ascendente possui como principal vantagem sobre a tecnologia de filtração descendente. Como o sentido do escoamento é na direção da diminuição da granulometria do material filtrante, o desenvolvimento da perda de carga é menor o que resulta em carreira de filtrações maiores. Todavia, Di Bernardo et al., (2003) ressaltam que a filtração direta ascendente exige um controle mais rigoroso da dosagem de produtos químicos, podendo haver possibilidade de contaminação do reservatório de água filtrada. No estudo, pode-se observar que o FD apresentou maior eficiência de turbidez, enquanto o FA promoveu uma redução de 88% de cor verdadeira, sendo assim mais eficiente para este parâmetro avaliado. Os valores de remoção de turbidez para ambos os filtros foram bem próximos, apresentando remoções de 97 e 96,2% para o FD e FA, respectivamente (Tabela 5).

Corroborando os resultados obtidos com a literatura, têm-se a investigação de Alcântara (2010) que propôs a utilização de diferentes materiais para os filtros de fluxo ascendente (pedregulho e eletroduto corrugado), com altura do leito filtrante de 1,8 m, na dupla filtração a fim de averiguar a interferência da porosidade em seus resultados. O filtro ascendente de pedregulho (FAP), porosidade de 38%, se mostrou menos eficiente para taxas de filtração de 120 e 180 m³.m².dia⁻¹, resultando em perdas de carga notoriamente mais elevadas, assim como para valores de turbidez e carreiras de filtração de 13,88 e 7,14 h, respectivamente. Para a taxa de filtração de 240 m³/m².dia sua avaliação tornou-se eficiente no que diz respeito a qualidade do efluente e a carreira de filtração de 6,4 h. A porosidade de 91% é referente ao filtro ascendente de eletroduto corrugado (FAEC), fato que resulta em uma perda de carga irrisória em comparação com o FAP para qualquer taxa de filtração. Suas carreiras de filtração foram,

respectivamente, para as taxas de filtração citadas anteriormente, de 20,14, 12,19 e 4,8 h. Evidencia-se que não houveram descarga de fundo intermediária (DFI).

Cirne (2014) ao analisar a influência da granulometria e taxas de filtração em dupla filtração com água bruta da lagoa de Extremoz com duração de doze horas de ensaio, utilizando quatro filtros de fluxo ascendente e três descendente com granulometrias variadas, percebeu que os filtros de menor granulometria obtiveram maior eficiência na remoção de turbidez e cor para ambos os casos, sendo a oxidação com cloro um fator decisivo na eficiência para este último parâmetro, eles também são responsáveis pelas maiores perdas de carga, sendo seus valores máximos de 25,0 e 100,0 cm (filtro ascendente) e 31,0 e 39,0 cm (filtro descendente) para taxas de filtração de 120 e 160 $\text{m}^3.\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$ e de 180 e 240 $\text{m}^3.\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$, respectivamente, e, por fim, tal incremento nessa constante implica, também, em um efluente de melhor qualidade e maior perda de carga. Vale ressaltar que não houve lavagem dos filtros ou descarga de fundo intermediária (DFI).

Com o objetivo de avaliar a influência das granulometrias das camadas filtrantes nos filtros de escoamentos ascendente e descendente e taxas aplicadas na variação da perda de carga laminar e turbulenta com a retenção de impurezas que se interpreta na turbidez, Araújo (2018) traz um estudo das perdas de carga em ensaios de tratabilidade de dupla filtração realizados em uma instalação piloto de dupla filtração (IPDF). Foram realizados quatro ensaios de 24 h de duração, onde foram testados um filtro de fluxo ascendente de pedregulho (FAP) e, em seguida, três filtros rápidos de fluxo descendente de areia (FDA) com granulometrias variadas entre si, antecedidos de pré-oxidação e coagulação, com variação das taxas de filtração de 230 e 255 $\text{m}^3.\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$ e 310 e 340 $\text{m}^3.\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$, respectivamente. Os resultados das amostras da IPDF apresentaram que o FAP teve grande eficiência na remoção de turbidez com perda de carga influenciada pelo fundo falso, já os FDA evidenciaram que quanto menor a granulometria dos filtros, maiores são a eficiência de remoção de impurezas e perda de carga e menor a carreira de filtração. O FDA 3 foi escolhido devido questões operacionais, visto que as turbidezes remanescentes dos FDA eram próximas. Por fim, o aumento das taxas de filtração aplicadas conferiu crescimento da perda de carga e diminuição da remoção de impurezas e carreira de filtração.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados expostos, foi possível observar que a constituição da camada do meio filtrante interferiu no acréscimo da perda de carga, ou seja, quanto maior a camada do leito filtrante, o incremento da perda de carga foi maior e, conseqüentemente, houve a aumento da carreira de filtração, já o de menor camada filtrante implicou em um menor crescimento da perda de carga e, portanto, a carreira de filtração foi menor.

A mudança das taxas de filtração afetou diretamente a perda de carga, remoção de impurezas e carreira de filtração. Foi constatado que o filtro ascendente de areia, acresceu a perda de carga e diminuiu a eficiência da remoção de partículas analisadas na turbidez. Contudo, foi eficiente na remoção de 88% de cor verdadeira, remoção esta maior que no FLD, que obteve uma remoção de 80%, obedecendo os valores inferiores ao permitido pela Portaria de Consolidação do Ministério de Saúde Brasileiro.

O filtro descendente teve fundamental importância na remoção de partículas, pois o mesmo foi responsável pela maior eficiência da diminuição da turbidez, além disso, foi o filtro com granulometria mais adequada levando-se em conta aspectos operacionais, como a perda de carga e carreira de filtração. Contudo, para a análise de turbidez remanescentes, tanto no filtro ascendente quanto no filtro descendente de areia, revela que a técnica empregada mostrou ineficiente, pois nenhuma amostra obteve turbidez remanescente $<0,5$ uT, como preconiza a Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017), para os padrões de potabilidade.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Y. M. **Perdas de carga em filtros rápidos de fluxo ascendente e descendente**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. 20 f., 2018.
- ALCANTARA, F. J. V. **Estudo comparativo de dois leitos filtrantes com porosidade distintas em sistemas de dupla filtração para tratamento de água**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2010.
- APHA, A. W. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington, DC. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution control Federation, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 2017.
- CIRNE, J. R. R. **Influência da granulometria e taxas de filtração no tratamento de água utilizando dupla filtração**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, L.; DI BERNARDO, A. **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta**. PROSAB 3. Rio de Janeiro: Rima, 2003.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. São Carlos: LDiBe, 2012.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, L.; DI BERNARDO, A. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: Rima, 2005.
- DI BERNARDO, L.; PAZ, L.P.S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. 1. ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2008. v. 1.
- MESQUITA, M.; TESTEZLAF, R.; RAMIREZ, J.C.S.; DE DEUS, F.P.; BIZARI, D.R. Simulação matemática da perda de carga em camadas porosas de filtros de areia. In: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 4., 2012, Fortaleza. Anais.Fortaleza: CENTEC, 2012, p. 2.
- MONDARDO, R. I. **Influência da pré-oxidação na tratabilidade das águas via filtração direta descendente em manancial com elevadas concentrações de microalgas e cianobactérias**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- NASCIMENTO, M. F. **Remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por meio da filtração direta ascendente em areia: avaliação em escala piloto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- PAZ, L. P. S. **Modelo conceitual de seleção de tecnologias de tratamento de água para abastecimento de comunidades de pequeno porte**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- REIS, J. R. B. D. **Estudo de reuso e reciclagem de água de lavagem de filtro rápido de estação de tratamento de água, em sistema de ciclo fechado, independente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.