

## I-011 – IDENTIFICAÇÃO DO PONTO ÓTIMO DE LAVAGEM DE UM SISTEMA DE DUPLA FILTRAÇÃO CONVENCIONAL DE BANCADA ATRAVÉS DE CURVA DE LODO

**Thiago de Norões Albuquerque<sup>(1)</sup>**

Tecnólogo em Saneamento Ambiental – Instituto Federal do Ceará. Mestre em Tecnologia em Gestão Ambiental - Instituto Federal do Ceará (IFCE).

**Francisco Maurício de Sá Barreto<sup>(2)</sup>**

Geólogo – Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil – Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Engenharia Civil – Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do departamento de construção civil do Instituto Federal do Ceará (IFCE).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua 13 de maio, 2081 - Benfica - Fortaleza - CE - CEP: 60040-531 - Brasil - Tel: (85) 999323429 - e-mail: Thiago.noroies12@hotmail.com

### RESUMO

O sistema de abastecimento de água procura atender as demandas previstas, assegurando a todos água em condição de quantidade e qualidade satisfatórias para o desempenho de suas atividades. Nesse contexto, torna-se necessário o estudo de diferentes fatores que possam contribuir para reduzir o gasto de água bruta e tratada nos sistemas de abastecimento. O objetivo do trabalho foi identificar o ponto ótimo de lavagem do sistema de dupla filtração convencional através da curva de saída de lodo, no momento da lavagem do filtro. Os experimentos foram realizados em três carreiras de filtração e a coleta de dados referentes à vazão, turbidez e perda de carga ocorreu a cada hora de funcionamento, ao término das carreiras de filtração foram coletadas amostras de água de lavagem dos filtros para construção da curva de saída de lodo. O filtro ascendente apresentou para em tempos definidos as carreiras de filtração turbidez mínima variando entre 0,41 - 0,51 e turbidez máxima variando entre 0,99 - 1,19. O filtro descendente, nos ensaios realizados, apresentou nas carreiras de filtração turbidez mínima variando entre 0,31 - 0,33 e turbidez máxima variando entre 0,50 - 0,62. No processo de lavagem do filtro ascendente foi observado que o ponto máximo de saída do lodo foi em 120 segundos, após o momento inicial da lavagem, com valor de turbidez de 881 uT. Relacionado a vazão da água de lavagem para o filtro ascendente foi de 0,67 L/s e para o filtro descendente 0,34 L/s. Segundo a NBR 12216/1992 a velocidade de lavagem para filtros ascendente deve ser superior a 80 cm/min e para filtros descendentes superior a 60 cm/min. A partir das vazões de lavagem e da área dos filtros, foi possível determinar a velocidade para lavagem da unidade ascendente de (82 cm/min) e para a unidade descendente (65,8 cm/min), portanto estando de acordo com os valores recomendado pela NBR 12.216/1992.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água, Abastecimento de água, Retrolavagem.

### INTRODUÇÃO

Com o rápido crescimento populacional existente nas grandes cidades uma maior demanda por água dos mananciais vem sendo solicitada pelas populações. Essas águas devem possuir qualidade e quantidade satisfatórias para o desenvolvimento das atividades humanas, compatibilizando sua utilização para diversas finalidades como recreação, agricultura, utilização industrial, entre outros usos.

Em virtude da expansão urbana desordenada maiores são as pressões existentes sobre os mananciais próximos a essas regiões. Os mananciais superficiais passam a sofrer diversos impactos provenientes do aporte de efluentes domésticos, remoção da mata ciliar, deposição de resíduos sólidos, o que provoca redução dos volumes e da qualidade existente nos corpos de água. Fatores esses que em condições de pobreza somada as flutuações climáticas e o mau uso do solo potencializam a degradação da qualidade da água e redução de sua oferta, aumentando o conflito pela utilização dos recursos hídricos (COSTA *et al.*, 2016).

Aliado a tais fatores, informações incoerentes e desatualizadas ou por muitas vezes indisponíveis, dificultam o desenvolvimento de estratégias mais atuantes que priorizem e permitam uma acelerada proteção dos mananciais, sendo assim sobrecarregando as ferramentas restantes para manutenção da qualidade das águas.

Nesse contexto, o sistema de abastecimento trabalha de modo a suprir as demandas de água existentes, assegurando a todos água em condição de quantidade e qualidade satisfatórias para o desempenho de suas atividades (BRASIL, 2017). Com o intuito de maximizar a eficiência dos sistemas de tratamento e minorar os desperdícios de água ao longo do processo, torna-se necessário o estudo de diferentes fatores que possam contribuir para reduzir o gasto de água bruta e tratada nos sistemas de abastecimento.

De acordo com a Funasa (2014), o monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas de abastecimento são indicativos para a escolha da tecnologia tratamento para manutenção da qualidade da água. Através da representatividade dos parâmetros estudados é possível estabelecer critérios de qualidade que podem ser previstas para sua utilização e identificar os ajustes de qualidade necessário para fins mais restritivos.

Um dos pontos de consumo substancial de água tratada é o processo de lavagem de filtros que quando realizado de forma empírica passa a consumir excessivos volumes de água, carrear leito filtrante e minorar a eficiência da lavagem, permitindo ainda o acúmulo de lodo entre os vazios e aumento da perda de carga progressivamente, reduzindo a eficiência dos sistemas de filtração.

Quando a lavagem das unidades ocorrem de forma inadequada, volumes excessivos de água são consumidos no processo sendo baixa a eficiência de remoção dos material retido nos interstícios do meio filtrante. Um leito menos limpo por sua vez reduz a carreira de filtração e apresenta maior perda de carga inicial, incidindo necessariamente na realização de novas lavagens na unidade em período mais curto, reduzindo sua produtividade.

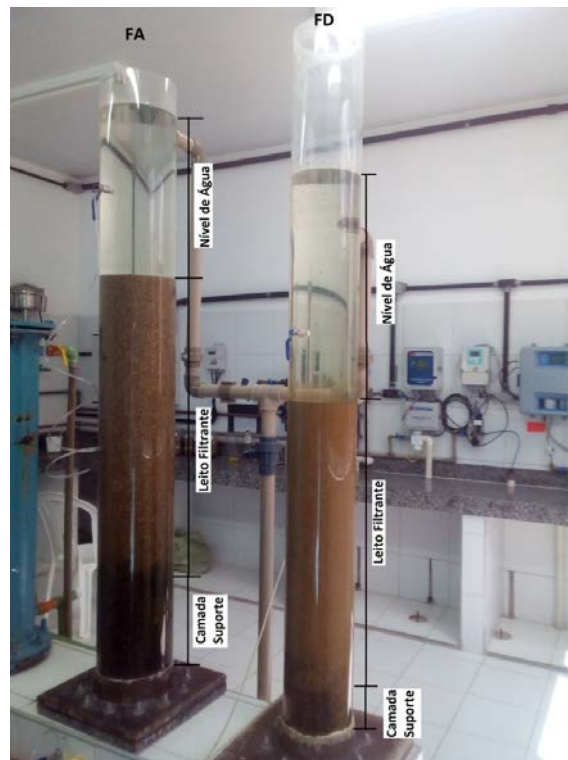
Desse modo, diferentes técnicas operacionais e modelos de simulação vem sendo testados para obtenção do ponto ótimo de lavagem de diferentes sistema com o intuito de reduzir o volume de água consumida na lavagem e obter a máxima remoção de lodo retido nos vazios do filtro. Fatores como velocidade de lavagem, granulometria do material filtrante, sentido do fluxo de filtração e duração das carreiras de filtração são fatores que apresentam relação direta com a eficiência das unidades.

O conhecimento do tamanho e forma dos grãos utilizados nas unidades de filtração também é importante para prever seu comportamento no sistema, uma vez que grãos de diferentes formas podem ser utilizados como meio filtrante a identificação da esfericidade desses facilita a adequação dos processos de lavagem, impondo-se diferentes velocidades ascensionais para maximização do processo de lavagem (RADOICIC *et al.*, 2014).

O ajuste correto do ponto ótimo de lavagem eleva a eficiência do processo operacional da estação, reduz o desgaste operacional e viabiliza investimentos para pesquisas em outras áreas devido a redução do consumo de recursos. O objetivo do trabalho foi identificar o ponto ótimo de lavagem do sistema de dupla filtração convencional de bancada, através da curva de saída de lodo, no momento da lavagem do filtro.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A pesquisa se desenvolveu na unidade da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), denominada de Estação de Tratamento de Água Oeste (ETA Oeste). Inicialmente o sistemas dupla filtração convencional, composto por dois filtros, sendo o primeiro de fluxo ascendente e o segundo de fluxo descendente (Figura 1), foi adaptado para a realização da pesquisa, posteriormente, foram identificadas as dosagens ótimas dos produtos químicos em compatibilidade com a ETA e ajustados a vazão das unidades de filtração.



Fonte: Autor (2018).  
FA- Filtro Ascendente.  
FD- Filtro Descendente.

**Figura 1- Sistema de dupla filtração convencional em escala piloto**

Os experimentos foram realizados em três carreiras de filtração e a coleta de dados referentes à vazão, turbidez e perda de carga ocorreu a cada hora de funcionamento. Ao término das carreiras de filtração foram coletadas amostras de água de lavagem dos filtros em tempo predeterminado para construção da curva de saída de lodo.

Os dois filtros do sistema possuem 2m de altura e foram construídos em acrílico, facilitando a visualização do processo de filtração. Ambos os filtros possuem leito filtrante de camada simples composto de areia e camada suporte composta de pedregulhos de diferentes granulometrias, demais informações técnicas são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1- Características dos filtros da dupla filtração convencional em escala piloto.**

DUPLA FILTRAÇÃO CONVENCIONAL						
Características	Filtro Ascendente			Filtro Descendente		
Altura do filtro	2m			2m		
Material do filtro	Acrílico			Acrílico		
Material do leito filtrante	Areia			Areia		
Leito Filtrante	Material	Diâmetro	Altura da camada	Material	Diâmetro	Altura da camada
Leito filtrante	Areia	3,36 a 1,19mm	1m	Areia	1,41 a 0,3mm	0,85m
Altura da camada suporte	Pedregulho	38 a 25,4mm	0,15m	Pedregulho	19 a 12,7mm	0,075m
		25,4 a 19mm	0,15m		12,7 a 6,4mm	0,075m
		19 a 12,7mm	0,15m		6,4 a 3,36mm	0,075m
		12,7 a 6,4mm	0,15m		-	-
		6,4 a 3,36mm	0,15m		-	-
Diâmetro do tubo	250 mm			200 mm		
Área filtrante	0,049 m <sup>2</sup>			0,031 m <sup>2</sup>		

Fonte: Autor (2018).

Foi realizada a dosagem do cloro, policloreto de alumínio (PAC) e polímero antes das águas passarem pelo processo de filtração. As dosagens foram 16mg/L de PAC, 4mg/L de polímero e 2mg/L de cloro, sendo esse com pureza de 65%. O sistema trabalhou com vazão constante de 0,36m<sup>3</sup>/h, representando uma taxa de filtração para o filtro ascendente de 180m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia e para o filtro descendente de 280m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.

Foi realizada a caracterização da água bruta que adentra o sistema através de ensaios físico-químicos, pois a mesma poderia possuir características específicas que intensificasse o processo de colmatação.

Para construção da curva de saída do lodo ao final da carreira de filtração, no momento da retrolavagem dos filtros, ocorreram coletas sucessivas da água de lavagem a cada 30 segundos do momento inicial para o sistema de filtração. O intervalo entre as amostras foi predeterminado em função da duração do período de lavagem previsto em projeto de 450 segundos para os filtros. Após as amostras serem coletadas foram realizadas as determinações de sua turbidez e verificado o tempo ótimo de lavagem e o momento de maior saída de lodo.

## RESULTADOS

Para as carreiras de filtração do sistema de dupla filtração convencional o tempo de duração foi de nove horas e trinta minutos, encerrando-se depois de constatado a perda de carga máxima estabelecida em projeto para a unidade de filtração descendente (1,03 m). O volume máximo de água filtrado foi de 3420 L. O filtro ascendente apresentou para as carreiras de filtração turbidez mínima variando entre 0,41 - 0,51 e turbidez máxima variando entre 0,99 - 1,19. O filtro descendente, nos ensaios realizados, apresentou nas carreiras de filtração turbidez mínima variando entre 0,31 - 0,33 e turbidez máxima variando entre 0,50 - 0,62.

De acordo com Alcantara (2010), os sistemas de dupla filtração podem ser utilizados para tratar água bruta com valores de turbidez da ordem de 150 uT, cor verdadeira de 100 uH e sólidos em suspensão de 150 mg/L. Segundo Silva *et al.*, (2015), o processo de tratamento por dupla filtração apresenta elevada eficiência na remoção de turbidez, biomassa algal e matéria orgânica sendo por isso frequentemente utilizada nos processos de potabilização de águas para consumo humano.

Estudos realizados por Braga (2005), mostraram que em sistemas de dupla filtração convencional grande parte das impurezas são removidas no filtro ascendente, sendo portanto o filtro descendente responsável por um polimento adicional das águas que adentram a unidade.

A caracterização da água bruta apresentou para o parâmetro Clorofila “a” um valor excedente ao máximo permitido em 15,98 µg/L de acordo com a Resolução Conama 357/2005. Valores elevados de Clorofila “a” são indicativos de presença excessiva de algas e demonstram a suscetibilidade de colmatação precoce da matriz filtrante devido à carga excessiva de cianobactérias imposta às unidades (TAVARES, 2008).

Outro indicativo decorrente de concentrações elevadas de clorofila “a” é a possibilidade de geração de cianotoxinas e subprodutos da desinfecção que irá variar em relação à tecnologia de tratamento utilizada, podendo em casos extremos impossibilitar a disponibilização de água à população (WATSON, RIDAL, BOYER, 2008).

Relacionado a vazão da água de lavagem para o filtro ascendente foi de 0,67 L/s e para o filtro descendente 0,34 L/s. Segundo a NBR 12216/1992 a velocidade de lavagem para filtros ascendente deve ser superior a 80 cm/min e para filtros descendentes superior a 60 cm/min. A partir das vazões de lavagem e da área dos filtros, foi possível determinar a velocidade para lavagem da unidade ascendente de (82 cm/min) e para a unidade descendente (65,8 cm/min), portanto estando de acordo com os valores recomendado pela NBR 12.216/1992 (Tabela 2).

**Tabela 2- Valores de turbidez e características de projeto.**

Tempo (s)	Dupla filtração Convencional	
	Turbidez de Lavagem (uT)	
	Ascendente	Descendente
30	0,61	0,8
60	0,65	18,1
90	56,6	18,5
120	881	13,6
150	632	8,31
180	561	3,79
210	435	2,54
240	445	2,21
270	413	2,11
300	192	1,95
330	54,5	1,80
360	24,5	1,72
390	3,76	1,56
420	1,08	1,44
450	1,05	1,32
Volume de água filtrada (L)	3420	
Vazão de água de lavagem (L/s)	0,67	0,34
Velocidade de água de lavagem (cm/min)	82,0	65,8

Fonte: Autor (2017).

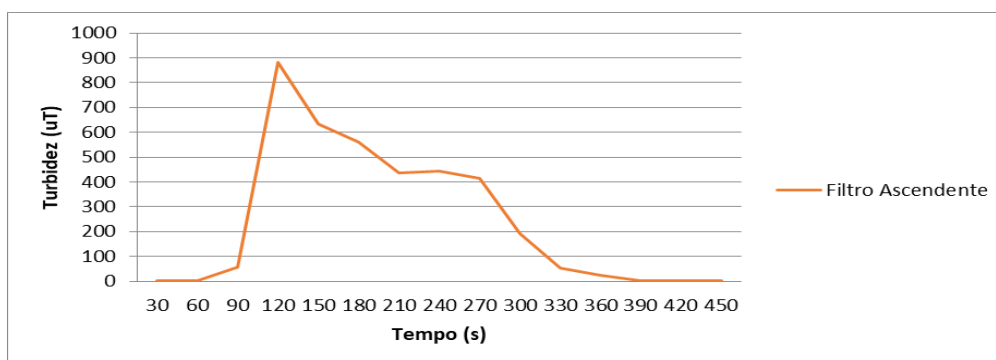
Muitos artifícios como utilização de pré-filtros, melhoria dos processos de coagulação, alteração da granulometria do leito filtrante são utilizados com o intuito de melhorar o desempenho dos filtros rápidos, tanto para a ampliação da carreira de filtração, quanto para a redução dos volumes gastos de água de lavagem, sendo na redução dos volumes da água de lavagem a principal forma de se obter uma maior produção de água filtrada e otimização do processo de filtração (SCHÖNTAG *et al.*, 2015).

No processo de lavagem do filtro ascendente foi observado que o ponto máximo de saída do lodo foi em 120 segundos, após o momento inicial da lavagem, com valor de turbidez de 881 uT. Após 390 segundos do processo de lavagem não foi identificado redução significativa da turbidez, tornando-se mais vantajoso a interrupção do processo de lavagem, que determinava de acordo com o projeto 450 segundos, a continuação do processo tende a produzir um gasto excessivo de água, de dinheiro e de tempo.

Duris *et al.*, (2016), ressalta a importância da realização adequada da retrolavagem existente no sistema de filtro, que muitas vezes podem adquirir uma importância maior que a própria filtração, pois uma lavagem incorreta pode promover uma fluidização inadequada do meio filtrante resultando em processos de mistura e dificuldade de segregação além do gasto excessivo de água tratada.

Para Zipf (2010), o momento ideal de lavagem seria aquele em que a perda de carga é máxima e a turbidez encontrasse no valor limite aproveitando da melhor forma a carreira de filtração.

Considerando-se o tempo de lavagem de 390 segundos o volume de água consumido no processo foi de 261,3 L. Promovendo a interrupção em 390 segundos foi possível economizar um volume de água de 40,20 L que seriam gastos nos 60 segundos adicionais de lavagem (Figura 2).



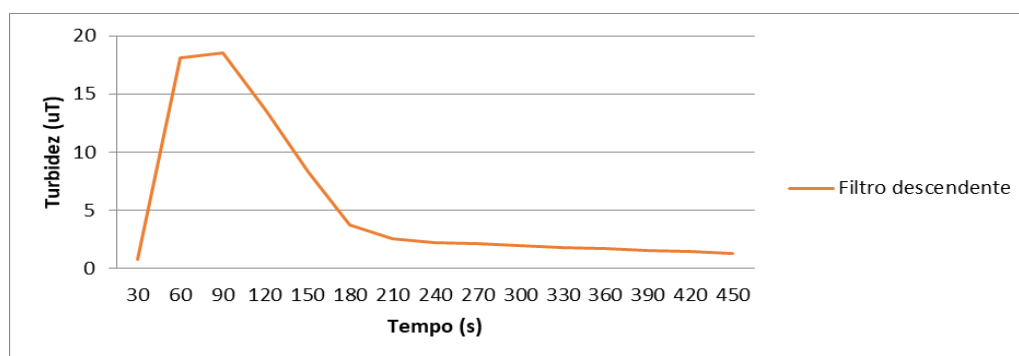
Fonte: Autor (2017).

**Figura 2- Gráfico de turbidez da água de lavagem do filtro ascendente.**

No processo de lavagem do filtro descendente foi observado que o ponto máximo de saída do lodo ocorreu entre 60 a 90 segundos após o momento inicial da lavagem, com turbidez de 18,5 uT. Após 180 segundo de lavagem não foi identificado redução significativa da turbidez, tornando-se mais vantajoso a interrupção do processo de lavagem nessa faixa de tempo.

Com relação ao consumo de água de lavagem, como a matriz filtrante dos filtros descendentes é constituído de grãos de areia de pequeno diâmetro, para sua fluidização, o consumo de água demandado é inferior a filtros que apresentam leito filtrante de maior granulometria, reduzindo o consumo de água no processo de lavagem (PROSAB, 2003).

Assim, considerando-se o tempo de lavagem de 180 segundos o volume de água consumido no processo foi de 61,2 L. Interrompendo a lavagem em 180 segundos foi possível economizar 91,8 L, se comparado ao tempo de lavagem previsto em projeto 450 segundos, reduzindo um volume superior ao utilizado no processo de lavagem (Figura 3).



Fonte: Autor (2017).

**Figura 3- Turbidez da água de lavagem do filtro descendente**

Para Schöntag *et al.*, (2015), a etapa de lavagem do leito filtrante é de elevada importância, pois durante esse processo todas as impurezas retidas na unidade deverão ser removidas do sistema, mas o volume de água utilizado não poderá ser demasiadamente elevado para que não onere o processo de lavagem e as velocidades devem ser limitadas para que o leito filtrante não seja carregado juntamente com as impurezas.

Desse modo, verificou-se que para o sistema de dupla filtração convencional o volume útil de água produzido foi de 3.382,5 L, e o volume total gasto com água de lavagem foi de 322,5 L. Foi possível economizar com o processo um volume de 131,8 L por carreira de filtração, o equivalente a 40% do volume gasto após a redução dos tempos de lavagem.

## CONCLUSÕES

Através do processo de redução do tempo de lavagem foi possível reduzir o consumo de água de lavagem em 131,8 litros por carreira de filtração. A redução do tempo de lavagem não afetou os períodos de carreira de filtração sendo confirmado através de ensaios de perda de carga e de avaliação das carreiras de filtração.

O momento máximo de saída ocorreu após 90 segundos para o filtro ascendente e 60 segundos para o descendente, possivelmente após a fluidização ótima do leito filtrante que após a expansão permite de maneira mais fácil a remoção do lodo.

A utilização da metodologia de curva de lodo mesmo simples atinge o objetivo de viabilizar a identificação do ponto máximo de saída de lodo e ponto mínimo de saída de lodo no qual é possível observar que seria necessário um gasto excessivo de água para reduzir o volume de lodo no interior da unidade de filtração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. NBR-12216. Rio de Janeiro, RJ 2016.
2. ALCANTARA, F. J. V. de. **Estudo comparativo de dois leitos filtrantes com porosidades distintas em sistemas de dupla filtração para tratamento de água**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.
3. BRAGA, F. M. G. **Dupla filtração em filtros ascendentes de pedregulho e filtros descendentes de areia aplicada à remoção de algas: influência da taxa de filtração e granulometria do filtro de areia**. 2005. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
4. BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017. **Dispõe sobre condições das normas sobre ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Brasília.
5. BRASIL. Resolução nº 357, de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília.
6. COSTA, P. S. F. et al. Avaliação da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Capivari no município de Chapada do Norte – MG. **Caderno de Geografia**, [s.i.], v. 26, p.197-213, 2016.
7. DURIS, M. et al. Prediction of bed expansion of polydisperse quartz sand mixtures fluidized with water. **Powder Technology**, Belgrade, n. 289, p. 95-103, 2016.
8. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília: FUNASA, 2014. 112 p.
9. PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Filtração direta aplicada a pequenas comunidades**. São Carlos: PROSAB, 2003. 491 p.
10. RADOICIC, T. K. et al. Particle characterization of polydisperse quartz filtration sand. **Power Technology**, Belgrade, n. 254, p.63-71, 2014.
11. SCHÖNTAG, J. M. et al. Water quality produced by polystyrene granules as a media filter on rapid filters. **Journal of Water Process Engineering**, Florianópolis, n. 5, p.118-126, 2015.
12. SILVA, J. R. L.da et al. Remoção de cianobactérias e outros compostos por meio de uma instalação piloto de dupla filtração. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 21., 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: ABRH, 2015. p. 1 - 8.



13. TAVARES, M. B. **Utilização de colunas verticais de filtração em manta e areia como pré-tratamento de filtro lento.** 2008. 129 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, 2008.
14. WATSON, S. B., RIDAL, J; BOYER. G. L. Taste and odour and cyanobacterial toxins: impairment, prediction, and management in the Great Lakes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** n 65. p. 1779-1796. 2008.
15. ZIPF, M. S. **Caracterização e estudo de reúso da água de lavagem dos filtros de uma estação de tratamento de água (ETA) de uma indústria têxtil de Blumenau-SC.** 2010. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.