

I-161 - AVALIAÇÃO DA FILTRAÇÃO LENTA EM NÃOTECIDO SINTÉTICO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Flavia Ferreira de Souza dos Santos⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Centro Superior de Educação Tecnológica (CESET/UNICAMP). Mestre em Tecnologia pela Faculdade de Tecnologia (FT/UNICAMP). Doutoranda em Engenharia Agrícola na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP).

Marco Roberto Pires⁽²⁾

Professor Doutor, Faculdade de America (FAM). Pesquisador colaborador, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP).

José Euclides Stipp Paterniani⁽³⁾

Professor Doutor e Pesquisador, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP).

Endereço⁽¹⁾: Av. Cândido Rondon, 501 – Barão Geraldo – Campinas – SP – CEP: 13083-875 - Brasil - Tel: +55 (19) 3521-1029 - e-mail: flaviasantos85@yahoo.com.br

RESUMO

A filtração lenta em areia é uma tecnologia simples e eficiente de tratamento de água apropriada a comunidades rurais e regiões em desenvolvimento. Essa tecnologia foi recentemente aprimorada com o uso de nãotecido sintético instalado no topo e base do leito de areia, facilitando a operação, aumentando a duração da carreira de filtração e reduzindo dimensões de projeto e custos relacionados, produzindo água com a qualidade que é intrínseca à tecnologia de filtração lenta. O uso exclusivo de nãotecido sintético como meio filtrante é uma alternativa inovadora de tratamento de água por filtração lenta não explorada pelos pesquisadores. Nesse contexto, o presente trabalho avalia o funcionamento de um filtro lento constituído por apenas nãotecido sintético em comparação ao filtro lento de areia convencional. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos: cor aparente, turbidez e coliforme totais, do afluente e efluente às unidades de filtração, bem como da água percolada ao longo da espessura do meio filtrante de nãotecido, com o intuito de obter dados sobre a eficiência de remoção de impurezas e o grau de penetração das mesmas no interior do meio filtrante. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade do emprego do meio filtrante composto exclusivamente por nãotecido sintético como uma alternativa para a tecnologia de filtração lenta, visto que, com poucos dias de operação do filtro, as eficiências de remoção de cor, turbidez e coliformes totais alcançaram valores médios de 60,3%, 64,4% e 86,7%, respectivamente. Esses valores foram compatíveis com as eficiências obtidas com o uso do filtro lento de areia no mesmo período de avaliação.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração Lenta, Nãotecido Sintético, Penetração de Impurezas.

INTRODUÇÃO

A filtração lenta é uma tecnologia simples de tratamento de água com eficiência reconhecida que visa o abastecimento de pequenas comunidades. Convencionalmente, utiliza areia como meio filtrante, entretanto possui como limitações a qualidade da água bruta exigida para eficiência do tratamento e a complexidade do processo de lavagem dos filtros.

No processo de filtração lenta, a remoção de partículas ocorre pela ação conjunta e simultânea de fatores físicos, químicos e biológicos. Pesquisadores notaram predominância dos mecanismos físicos de remoção aos 15 cm de profundidade do meio filtrante, onde a remoção de parâmetros como turbidez e cor são mais intensas, e predominância de mecanismos biológicos aos 30 cm de profundidade (BAUER et al.; 2011, BRITO et al.; 2005, MURTHA E HELLER, 2003 e ELLIS E AYDIN, 1995).

A *schmutzdecke* é a camada biológica formada no topo do meio filtrante composta por grande variedade de espécies microbianas, cuja atividade é a mais importante da filtração lenta, pois responde pela maior parte da eficiência do processo de tratamento. Para que atue de maneira efetiva, a *schmutzdecke* deve estar bem desenvolvida sobre o leito filtrante. No início do funcionamento do filtro, quando o meio filtrante ainda

encontra-se limpo, a eficiência de remoção de impurezas é baixa, sendo, portanto, necessário um período de operação para a formação da *schmutzdecke*, esse período caracteriza o período de amadurecimento do filtro.

A limpeza dos filtros é um processo que desfavorece a simplicidade do sistema, pois consiste na raspagem da camada superficial de areia que contem a *schmutzdecke*, e, para a formação de nova camada biológica, é necessário que decorra o período de amadurecimento do filtro que pode levar dias ou semanas para se realizar. Além disso, esse procedimento requer a instalação de uma unidade própria de lavagem e consome volume de água considerável, embora não se compare ao volume de água consumido na lavagem de filtros rápidos.

Com interesse em renovar a filtração lenta, no âmbito da variação da qualidade de água, e ampliar o seu uso, pesquisadores vêm desenvolvendo estudos a fim de aprimorar sua instalação, operação e composição do meio filtrante. Uma importante consideração feita por Logsdon *et al.* (2002) quanto às inovações na filtração lenta é a necessidade de que sejam mantidas as características intrínsecas desse processo, como a elevada eficiência de tratamento e a simplicidade de construção e operação, para que esta continue sendo uma tecnologia de aplicação viável às comunidades pequenas e rurais.

Diversos pesquisadores buscaram aprimorar a filtração lenta com a utilização de camadas de nãotecidos sintéticos no topo e na base dos leitos de areia (PATERNIANI, 1991; FERRAZ e PATERNIANI, 2002; VERAS e DI BERNARDO, 2008). Os nãotecidos sintéticos são uma estrutura plana, flexível e porosa constituída de fibras ou filamentos de poliéster e materiais semelhantes, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo de fricção, adesão, térmico e combinações destes (ABINT, 2011).

Rollin *et al.* (1982), foram os pioneiros a destacar a importância das atributos hidráulicos e mecânicos dos nãotecidos nos processos de clarificação da água. Eles observaram que os mecanismos de retenção de partículas pelos nãotecidos ocorrem por ações semelhantes à da filtração em areia: atração elétrica pela fibra, penetração e deposição nos filamentos da fibra e aglomeração.

O uso de nãotecidos refletiu em melhorias na qualidade da água filtrada, na facilidade de operação e nos custos relativos à manutenção. Quando empregado no topo do leito filtrante, simplifica o processo de limpeza dos filtros e reduz os custos relacionados a este procedimento, o qual responde pelo principal gasto com manutenção na filtração com areia. Os nãotecidos são facilmente retirados, lavados e recolocados após a secagem.

Neste contexto, surge uma contestação quanto à finalidade da areia em filtros lentos providos de nãotecidos, uma vez que o material nãotecido é capaz de conter a *schmutzdecke*, principal responsável pela remoção de impurezas da água. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do tratamento de água de um filtro lento constituído, exclusivamente, por material nãotecido sintético em comparação ao desempenho de um filtro lento de areia em termos de eficiência de remoção de cor, turbidez, retenção de microrganismos (coliformes totais) e grau de penetração das impurezas ao longo da espessura do meio filtrante de nãotecido sintético.

METODOLOGIA

A condução do experimento foi efetuada pela instalação de um sistema de filtração em escala piloto contendo uma unidade de pré-filtração e duas unidades de filtração lenta operando em paralelo, em que uma unidade havia meio filtrante constituído por areia e em outra unidade havia meio filtrante constituído por apenas nãotecido sintético.

A instalação de um sistema de tratamento de água pela tecnologia da filtração lenta requer o conhecimento prévio da qualidade da água bruta que abastecerá o sistema. Uma vez que a utilização dessa tecnologia limita-se ao tratamento de águas com baixos valores de cor e turbidez e deve ser empregada nos casos em que a água bruta seja constantemente caracterizada por boa qualidade. Nesse contexto, salienta-se a importância da caracterização prévia da qualidade da água que abasteceu o sistema de filtração.

Após implantação do sistema de filtração, iniciou-se a operação do mesmo e, simultaneamente, o monitoramento de sua eficiência. Foram monitoradas as perdas de carga e duração da carreira de filtração para

avaliação do desempenho da operação dos filtros e foram monitorados parâmetros de qualidade de água para consumo humano, que envolvem cor, turbidez e índices de coliformes totais.

O experimento foi separado em duas etapas, sendo a 1ª etapa destinada à caracterização da água bruta e instalação do sistema piloto de filtração e a 2ª etapa destinada à operação do sistema de filtração, bem como seu monitoramento diário contínuo.

PRIMEIRA ETAPA: CONCEPÇÃO DO SISTEMA PILOTO DE FILTRAÇÃO LENTA

Para o abastecimento do sistema de filtração lenta, captou-se água de um reservatório de 432 m² e aproximadamente 2,5 m de profundidade, abastecido com água proveniente de um pequeno lago natural. A primeira etapa deste trabalho envolveu a realização de coletas de água bruta em diferentes períodos para análise dos parâmetros cor aparente, turbidez, coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas de acordo com as metodologias propostas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, a fim de estabelecer a variação da qualidade da água ao longo do ano e verificar a viabilidade de utilização desse reservatório como fonte de abastecimento do sistema de filtração lenta.

Com a caracterização da água bruta, verificou-se a possibilidade de uso de um reservatório de água para o abastecimento do sistema, determinando que o sistema de filtração deveria ser constituído de uma unidade de pré-filtração para conter os eventuais picos de cor e turbidez. O sistema de tratamento foi construído com duas unidades de filtração lenta operando em paralelo, em uma unidade utilizou-se o meio filtrante de areia e em outra unidade utilizou-se meio filtrante constituído por apenas não tecido sintético.

O pré-filtro de fluxo ascendente foi constituído de meio granular composto de pedregulhos com tamanhos variados distribuídos em camadas. O filtro lento de areia foi constituído de meio filtrante areia e camada suporte de pedregulho. A Tabela 1 apresenta as especificações dimensionais do filtro lento de areia, tais especificações seguiram o recomendado por Di Bernardo *et al.* (1999).

Tabela 1: Especificações dimensionais do filtro lento de areia (adaptado de Di Bernardo *et al.*, 1999).

Meio filtrante de areia		
Parâmetro	Valor recomendado	Valor utilizado
Tamanho dos grãos (mm)	0,08 a 1,0	0,08 a 1,0
Tamanho efetivo (D10) (mm)	0,15 a 0,25	0,16
Coefficiente de desuniformidade	2 a 5	3,54
Espessura inicial da camada (m)	0,8 a 1,0	0,80
Camada suporte de pedregulho		
Parâmetro	Valor recomendado	Valor utilizado
Subcamada 1: espessura (cm) e tamanho (mm)	10 a 15 e 19,0 a 31,0	10 e 19,0 a 31,0
Subcamada 2: espessura (cm) e tamanho (mm)	5 a 10 e 12,7 a 19,0	5 e 12,7 a 19,0
Subcamada 3: espessura (cm) e tamanho (mm)	5 a 10 e 6,4 a 12,7	5 e 6,4 a 12,7
Subcamada 4: espessura (cm) e tamanho (mm)	5 a 10 e 3,2 a 6,4	5 e 3,2 a 6,4

O diâmetro do filtro foi de 250 mm e a altura total de 1,80 m, sendo 0,30 m destinados à camada de pedregulho, 0,750 m destinados à camada de areia, 0,70 m destinados à carga hidráulica e 0,05 m de borda livre. Para o meio filtrante foi utilizado areia grossa de construção civil passada em peneira de 1,00 mm de abertura, conforme Ferraz e Paterniani (2002), esse procedimento permite obter areia com características semelhantes ao recomendado para uso na filtração lenta. Ensaios granulométricos realizados com a areia permitiram garantir o atendimento às recomendações de Di Bernardo *et al.* (1999) quanto ao tamanho dos grãos, tamanho efetivo e coeficiente de desuniformidade.

O filtro de não tecido também foi construído com 250 mm de diâmetro. A altura total do filtro foi de 1,15 m, sendo 0,40 m destinados ao meio filtrante, 0,70 m destinados à carga hidráulica e 0,05 m de borda livre. O meio filtrante é constituído exclusivamente por discos de não tecido sintético (Figura 1) sobrepostos em camadas no interior do filtro e contém as seguintes especificações presentes na Tabela 2.



Figura 1: Nãotecido sintético.

Tabela 2: Especificações do nãotecido sintético.

Fabricante	<i>Ober S/A Indústria e Comércio</i>
Material	100 % poliéster
Processo de confecção	Agulhado
Gramatura	500 g/m ² .
Cor	Cinza
Massa específica média	0,196 g/cm ³ .
Espessura	4 mm

A água bruta captada era bombeada para o pré-filtro de fluxo ascendente e seguia para a caixa de distribuição, de onde a água pré-filtrada era distribuída com vazão controlada e fluxo descendente para as duas unidades de filtração lenta.

SEGUNDA ETAPA: OPERAÇÃO DO SISTEMA PILOTO DE FILTRAÇÃO LENTA

Na operação do sistema de filtração lenta, o pré-filtro trabalhou com taxa de aplicação de 30 m³.m².d⁻¹ e os filtros lentos com taxa de filtração de 3 m³.m².d⁻¹. Durante o período de funcionamento do sistema de filtração, foram monitorados diariamente a evolução da perda de carga nos filtros lentos e os parâmetros físico-químicos de qualidade de água: cor e turbidez. Com uma periodicidade de 4 dias foram monitorados os parâmetros bacteriológicos.

Os pontos de amostragem do filtro lento de areia foram entrada e saída da unidade de filtração. Já no filtro de nãotecido, havia ao longo do meio filtrante pontos de amostragem distribuídos com espaçamentos entre eles de 1 cm entre os 5 primeiros pontos e com espaçamento de 5 cm entre os demais pontos, de forma a monitorar toda a espessura do meio nãotecido. Paralelamente aos pontos de amostragem dos filtros, havia tomadas de pressão para monitoramento da perda de carga.

A Figura 2 apresenta o sistema piloto de filtração lenta, os pontos de amostragens no meio filtrante de nãotecido e os pontos de leitura piezométrica.

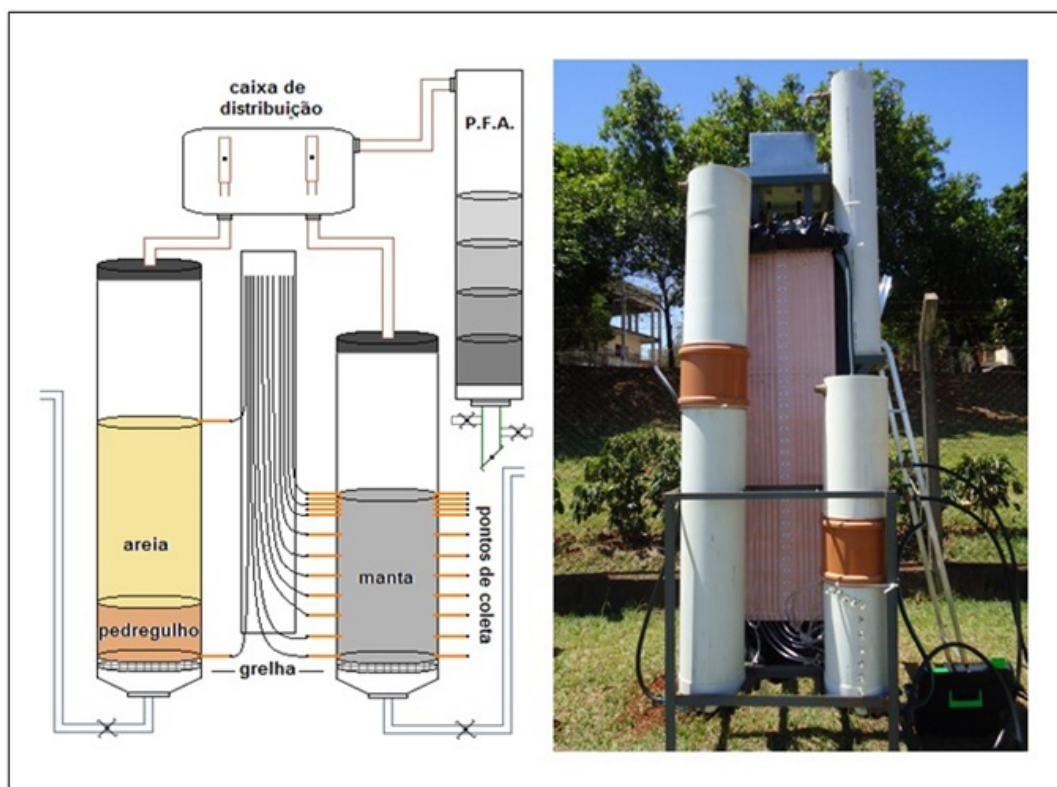


Figura 2: Sistema piloto de filtração lenta.

RESULTADOS

As amostras de água bruta foram coletadas em diferentes períodos para verificar a variação de suas características ao longo do ano. A Tabela 3 apresenta os valores médios dos parâmetros de qualidade da água bruta coletada entre os anos de 2011 e 2012.

Tabela 3. Valores médios de cor, turbidez e bactérias heterotróficas, coliformes totais e *E. coli* da água bruta coletada entre 2011 e 2012.

Período	Cor (uC)	Turbidez (NTU)	Coliformes totais (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Bactérias heterotróficas (UFC/ml)
3º trimestre – 2011	94	8,7	-	-	-
1º trimestre – 2012	-	26,4	-	-	-
2º trimestre – 2012	364	58,4	2987	20	-
3º trimestre – 2012	260	26,8	-	-	620

(-) : análises não realizadas no período.

Observa-se que houve considerada variação entre os valores de turbidez, de 8,7 a 58,4 NTU. Conforme Di Bernardo (1993), valores de turbidez da água bruta, acima 10 NTU exigem que o filtro lento seja precedido por uma unidade de pré-filtração. Embora os valores de *E. coli* sejam baixos, os valores de cor e de coliforme totais também exigem o emprego de uma unidade de pré-filtração.

A duração média da carreira de filtração, tanto para o filtro de não tecido como para o filtro de areia, foi de 9 dias consecutivos. Considerando a baixa taxa de filtração com que os filtros operaram ($3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$), esperava-se alcançar maior tempo de funcionamento do filtro, fato que não ocorreu devido provavelmente à presença de algas na água de abastecimento do sistema. A presença de algas em excesso é um fator que traz prejuízos ao funcionamento de filtros lentos, visto que acelera o processo de obstrução dos mesmos (DI BERNARDO, 1993). Além disso, o curto período de funcionamento do filtro inviabiliza a formação da *schmutzdecke*, principal responsável pela eficiência de filtros lentos, cujo período de amadurecimento varia entre 10 e 15 dias.

Bauer *et al.* (2011) avaliaram a remoção de impurezas da água por filtração lenta em areia em diferentes períodos da carreira de filtração, eles observaram que a atuação dos filtros foi estabilizada somente após os 10 primeiros dias de filtração.

Em termos de perda de carga, a areia, por apresentar menor porosidade que os materiais não tecidos (PATERNIANI, 1991), foi o meio filtrante que apresentou maior perda de carga. O gráfico da Figura 3 permite visualizar a evolução da perda de carga nos dois meios filtrantes no decorrer da carreira de filtração.

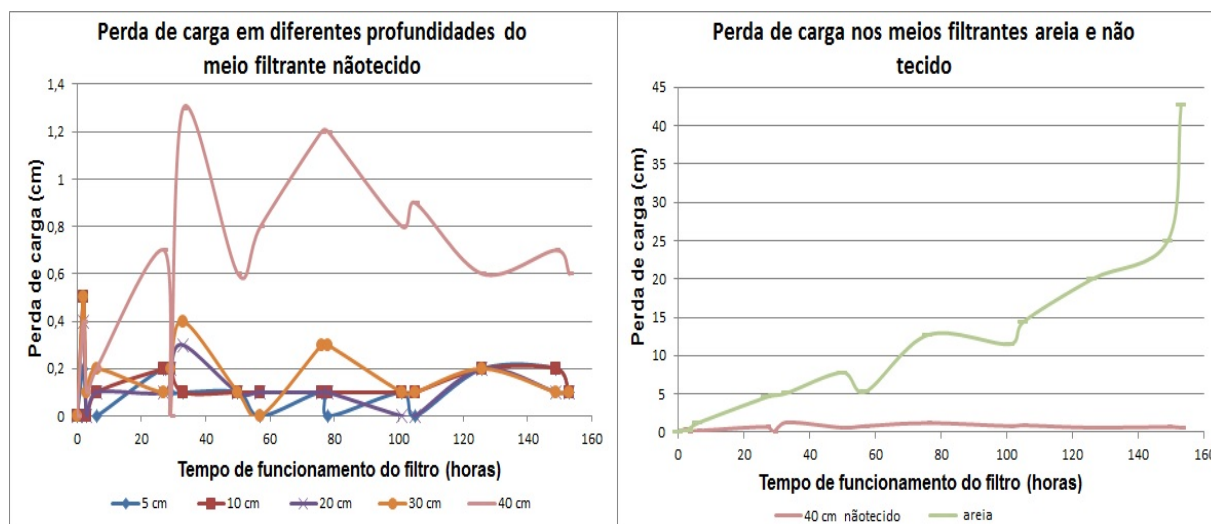


Figura 3: Evolução da perda de carga no filtro de areia e em diferentes profundidades do filtro de não tecido.

Observa-se que não houve variações consideráveis das perdas de carga nas diferentes espessuras do filtro de não tecido, sendo que a perda de carga máxima alcançada foi de 1,3 cm com 33 horas de funcionamento, na maior espessura do meio filtrante (40 cm). Já no filtro de areia, a perda de carga variou atingindo seu máximo de 43 cm ao final da carreira de filtração.

Quanto aos parâmetros de cor aparente e turbidez, foi observada uma eficiência significativa de remoção dos mesmos, principalmente considerando-se a curta duração da carreira de filtração em que os filtros operaram. A Figura 4 apresenta a avaliação comparativa das eficiências de remoção de cor e turbidez ao longo da carreira de filtração para os filtros de areia e de não tecido.

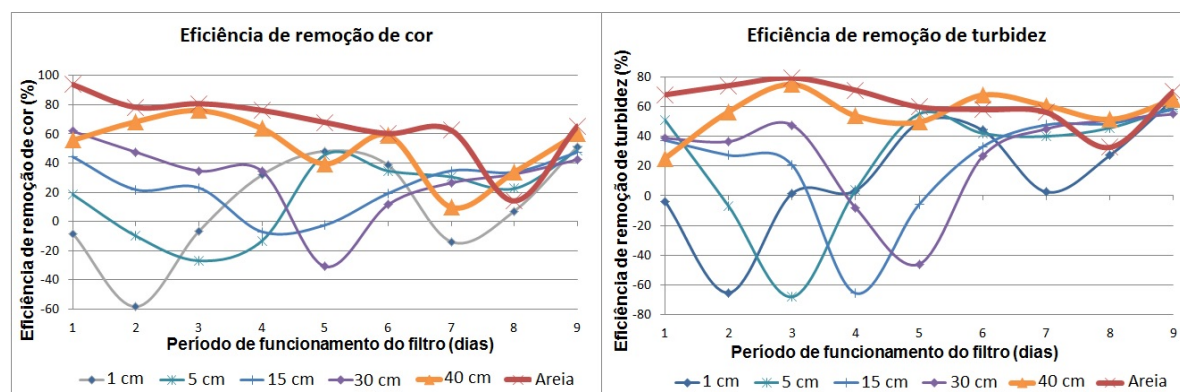


Figura 4: Eficiência de remoção de cor e turbidez pelos filtros de areia e de não tecido ao longo da carreira de filtração.

A fim de facilitar a visualização dos gráficos da Figura 4, os resultados das seguintes espessuras do meio não tecido: 2, 3, 4, 10, 20, 25, e 35 cm foram omitidos. Os resultados referentes a essas espessuras estão sendo representados pelas espessuras de 5, 15, e 30 cm, uma vez que os valores obtidos são bastante aproximados, sem diferença significativa que justifique a sua apresentação.

A análise dos gráficos da Figura 4 permite observar que a eficiência de remoção de impurezas causadoras de cor e turbidez do filtro lento de não tecido foi, em geral, compatível com a eficiência do filtro lento de areia no período avaliado, mesmo com a instabilidade do funcionamento dos filtros, característica de início de operação.

Ao final da carreira de filtração, as eficiências de remoção de cor e turbidez do filtro de areia e da espessura de 40 cm do filtro de não tecido praticamente se igualaram. Para a remoção de cor, as eficiências dos filtros de areia e não tecido foram 65,4 % e 60,3 %, respectivamente, e para a remoção de turbidez, as eficiências foram 70,2 % e 64,4 %, respectivamente.

Ressalta-se que a partir do 6º dia de operação do filtro, as eficiências de remoção ao longo das espessuras intermediárias (de 1 a 35 cm) do meio filtrante não tecido apresentaram um aumento contínuo, até que se equiparassem com a eficiência de remoção da espessura máxima (40 cm) do filtro de não tecido e com a eficiência de remoção do filtro de areia.

A Figura 5 apresenta gráfico e tabela contendo a evolução média da eficiência de remoção de cor e turbidez ao longo da espessura do não tecido, a fim de verificar o grau de penetração de impurezas nesse meio filtrante.

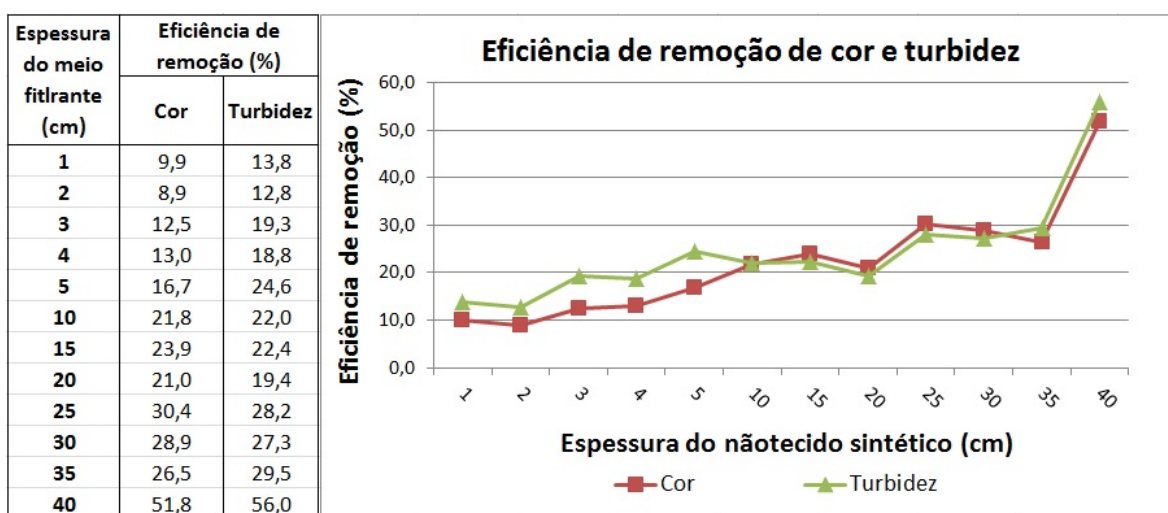


Figura 5: Evolução da eficiência de remoção de cor e turbidez nas diferentes espessuras de não tecido.

Os resultados apresentados na Figura 5 permitem observar que houve um aumento da eficiência de remoção de cor e turbidez ao longo da espessura do meio filtrante, esse aumento foi mais expressivo entre as espessuras de 35 e 40 cm. Ou seja, a retenção de impurezas ocorre mais notadamente na espessura mais profunda do meio filtrante.

Porém, esses resultados referem-se à avaliação de uma média diária de todo o período de operação do filtro. Considerando a instabilidade de funcionamento do filtro durante os 9 dias de operação, fez-se uma análise mais precisa dos dados, considerando a penetração de impurezas nos diferentes dias de funcionamento do filtro.

No início do funcionamento do filtro, até o 2º dia de operação, a penetração de impurezas foi mais evidente até os primeiros 10 cm do meio filtrante, pois a porcentagem de remoção de cor e turbidez nessa espessura alcançou valores de até 41,2% e 44,1%, respectivamente.

Do 3º ao 7º dia de funcionamento os resultados foram pouco conclusivos, visto que a eficiência de remoção variou de forma desordenada entre as diferentes espessuras. A partir do 8º dia de funcionamento, a ordem lógica de variação de eficiência ao longo das espessuras foi restabelecida. O grau de penetração de impurezas foi mais intenso até a espessura de 2 cm, com eficiência de remoção de cor e turbidez que representaram respectivamente 58,8 e 82,4 % do total da eficiência de remoção no filtro de não tecido.

A eficiência de remoção atribuída ao leito com 10 cm de espessura a partir do 8º dia de operação foi de 91,2 e 96,1 % para cor e turbidez, respectivamente. Nas espessuras seguintes do meio filtrante notou-se menor oscilação entre as eficiências de remoção de impurezas. Para cor, as espessuras de 3 a 35 cm foram

responsáveis por 16 a 30% do total da eficiência de remoção e para turbidez, essas espessura responderam por 5 a 20% do total da eficiência.

O filtro de areia monitorado por Ellys e Aydin (1995) teve um comportamento similar com relação à penetração de impurezas, verificando-se maior acúmulo de impurezas por volta de 15 cm de espessura; resultados parecidos foram obtidos por Murtha e Heller (2003), que observaram decaimento rápido de cor aparente e turbidez entre 10 e 15 cm do meio filtrante areia.

A pequena quantidade de bactérias *E. coli* encontradas na água de abastecimento do sistema de filtração (quantidades inferiores à 10 NMP/100 mL) dificultaram a quantificação desses microrganismos e inviabilizaram o uso desse parâmetro bacteriológico para avaliar a qualidade da água filtrada. Sendo assim, a remoção de microrganismos no sistema de filtração foi quantificada pelas análises de coliformes totais.

A eficiência máxima de retenção de coliformes no filtro lento de areia foi de 96,7%. No meio filtrante de não tecido, os resultados obtidos demonstraram que houve redução da quantidade de coliformes totais ao longo da espessura, sendo que a eficiência média alcançada ao longo da carreira de filtração foi de 86,7 %, valor compatível com a eficiência atribuída ao filtro lento de areia. A Figura 6 apresenta estes resultados em forma de quadro e gráfico.

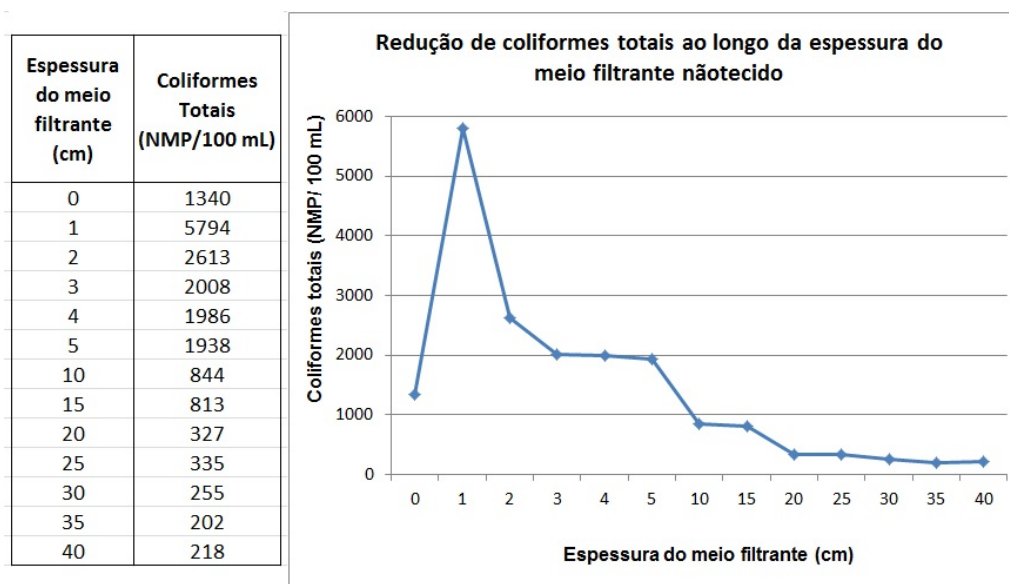


Figura 6: Redução de coliformes totais o longo da espessura do meio filtrante de não tecido sintético.

O gráfico permite visualizar o decaimento da quantidade de bactérias ao longo da espessura do meio filtrante não tecido ao fim da carreira de filtração (8º dia de operação). Na primeira camada superficial de não tecido (1 cm de espessura) observa-se um acréscimo do índice de coliformes totais proveniente do acúmulo destas bactérias na superfície do meio filtrante, fato que indica o início da formação da *schmutzdecke*.

De 1 a 2 cm de espessura, a remoção de coliformes foi elevada, o que se observa pela inclinação da reta nesse intervalo. O elevado índice de retenção nas camadas superficiais do meio filtrante também indica que está havendo o aumento da população microbiana nessa região e, conseqüentemente a formação da *schmutzdecke*.

De acordo a inclinação da linha gráfica que representa a redução de coliformes, o grau de penetração de microrganismo é menos intenso a partir do décimo centímetro de espessura. Já, nos estudos realizados por Murtha e Heller (2003), utilizando filtração lenta em areia, o rápido decaimento dos valores de coliformes totais ocorre em até 30 cm de profundidade do meio filtrante.

CONCLUSÕES

A partir da operação e monitoramento do sistema de filtração lenta contendo unidade de filtração em areia e unidade de filtração em não tecido sintético foi possível concluir que, para uma curta carreira de filtração, o não tecido sintético é um material de eficiência compatível com a eficiência da areia para remoção de cor e turbidez, visto que, ao final da carreira de filtração, alcançou eficiência de 60,3% e 64,4%, de remoção de cor e turbidez, respectivamente, enquanto que as eficiências do filtro lento de areia foram de 65,4% e 70,2% para os mesmos parâmetros.

Quanto à retenção de coliformes totais, o filtro de não tecido demonstrou eficiência de 86,7% com 40 cm de espessura ao final da carreira de filtração, apenas 10 % a menos que a eficiência de retenção de coliformes totais pelo filtro lento de areia.

Os mecanismos de remoção de impurezas apresentaram-se com maior intensidade nos dez primeiros centímetros de profundidade, nos quais o índice de retenção de microrganismos foi veemente notada. Porém, a espessura de 40 cm foi essencial para complementar o índice de remoção de impurezas relacionadas à cor e turbidez.

Os resultados obtidos dão evidências de que o não tecido sintético poderá substituir a areia nos sistemas de filtração lenta sem prejuízo à qualidade da água filtrada. Contudo, é importante avaliar uma carreira de filtração de maior duração para obtenção de resultados mais conclusivos a cerca de qualidade de água produzida para o consumo humano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP), por ceder a estrutura, o espaço dos laboratórios e apoio financeiro, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsa de doutorado, e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão de bolsa de doutorado sob processo nº 2011/09968-2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE NÃO TECIDOS E TECIDOS TÉCNICOS - ABINT. Disponível em: www.abint.org.br. Acessado em: janeiro/2012.
2. BAUER, R.; DIZER, H.; GRAEBER, I.; ROSENWILKEL, K. -H.; LÓPEZ-PILA, J. M. Removal of bacterial fecal indicators, coliphages and enteric adenoviruses from waters with high fecal pollution by slow sand filtration. *Water Research*. No. 45, p. 439-452, 2011.
3. BRITO, L. L. A.; CARDOSO, A. B.; SALVADOR, D. P.; HELLER, L. Amadurecimento de filtros lentos de areia e remoção de microrganismos indicadores de qualidade da água ao longo da profundidade do leito: uma avaliação em instalação piloto. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol. 10, N. 4, p. 307-317, out/dez 2005.
4. DI BERNARDO, L. (autor); BRANDÃO, C. C. S.(coaut.); HELLER, L. (coaut.). Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 114p.
5. DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. Rio de Janeiro: ABES, 1993. Vol. 1.
6. ELLIS, K. V.; AYDIN, M. E. Penetration of solids and biological activity into slow sand filters. *Water Research*. Vol. 29, No. 5, p. 1333-1341, 1995.
7. FERRAZ, C. F.; PATERNIANI, J. E. S. Redução da espessura da camada suporte através da substituição por mantas não-tecidas na filtração lenta de águas de abastecimento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol. 7, No. 1 e 2, p. 8-15, 2002.
8. LOGSDON, G. S.; KOHNE, R.; ABEL, S.; LaBONDE, S.; Slow sand filtration for small water systems. *Journal of Eng. Science*. No. 1, p 339-348, 2002.
9. MURTHA, N. A.; HELLER, L. Avaliação da influência de parâmetros de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol. 8, No. 4, p. 257-267, out/dez 2003.
10. PATERNIANI, J. E. S.; Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento. 1991. 245p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos-SP.

11. ROLLIN, A. L.; DENIS, R.; ESTAQUE, L.; MASOUNAVE, J. Hydraulic behavior o synthetic non-woven filter fabrics. The Canadian Journal of Chemical Engineering. Vol. 60, p 226-234, abr/1982.
12. VERAS, L. R. V.; DI BERNARDO, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas – FIME. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 13, No. 1, p. 109-116, jan/mar 2008.