

22º SIICUSP
Simpósio Internacional de Iniciação Científica
de 11 de agosto a 7 de novembro de 2014



Apresentação

Comitês Organizacionais

Título do Trabalho (Português):

Seleção do Meio Filtrante de Biofiltros em Areia e Avaliação do Modo de Operação

Trabalhos/Resumos

Título do Trabalho (Inglês):

Selection of the Media Filter of Biosand Filters and Evaluation of the Operation Mode

Área/Autor

Autor/Colaborador:

Kalyl Gomes Calixto ,André Bogni

Área/Título

Bolsista Agência:

CNPq/PIBIC

Unidade/Autor

Instituição (Sigla):

Universidade de São Paulo / USP

Unidade/Título

Autor:

Escola de Engenharia de São Carlos

Orientador

Unidade:

Hidráulica e Saneamento / SHS

Título

Departamento:

Lyda Patricia Sabogal Paz

Laboratório/Setor:
Orientador:
Agência Financiadora:

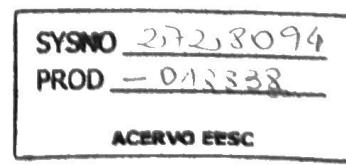
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Área de Pesquisa:

ENGENHARIA / Engenharia Sanitária

[Visualizar resumo do trabalho](#)

**Universidade de São Paulo
Simpósio Internacional de Iniciação Científica
e-mail.:SIICUSP@usp.br**



SELEÇÃO DO MEIO FILTRANTE DE BIOFILTROS EM AREIA E AVALIAÇÃO DO MODO DE OPERAÇÃO

Kalyl Gomes Calixto, André Bogni, Lyda Patricia Sabogal Paz

Universidade de São Paulo/Escola de Engenharia de São Carlos

kalyl.calixto@usp.br

Resumo

Esse trabalho tem como objetivos apoiar o processo de seleção do meio filtrante de biofiltros em areia, avaliando a viabilidade de construção destes biofiltros em comunidades isoladas e ponderar aspectos operacionais levando em consideração seus possíveis usuários. A questão de abastecimento de água potável em comunidades isoladas é um problema grave que ainda afeta milhões de pessoas no Brasil. O tratamento doméstico tem se mostrado uma alternativa segura, viável e sustentável, destacando-se os biofiltros em areia (BFA), que são filtros adaptados para uso doméstico. As características do meio filtrante são consideradas umas das mais importantes de um BFA para garantir a eficiência do tratamento. Tendo isso em vista, alguns diferentes tipos de areias comerciais foram adquiridos e caracterizados. Verificou-se que materiais de alta acessibilidade, como a areia fina de construção civil, podem apresentar características adequadas para uso em BFA. Outro aspecto avaliado foi o consumo de água na lavagem dos materiais, que se mostrou relativamente alto e que pode inviabilizar o preparo do material em locais sem grande disponibilidade de água. Visando avaliar aspectos operacionais, foram montados três BFA a partir de tubos e conexões de PVC usadas em instalações hidráulicas prediais. Foram comparadas as operações contínua e intermitente. Notou-se que a contínua apresentou maior praticidade e segurança, evitando a ocorrência de alguns inconvenientes comuns na operação intermitente que colocam em risco a eficiência dos BFA, como o sifonamento e elevadas taxas de filtração.

Palavras Chaves: biofiltro em areia, meio filtrante, tratamento doméstico.

Abstract

This paper addresses the process of selecting the media filter in biosand filters (BSF) and evaluates the viability of building such filters in remote communities and the operational aspects regarding their potential users. The issue of drinking water supply in remote communities is still a serious problem that has affected millions of people in Brazil. The household water treatment has proven a safe, viable and sustainable alternative, in which BSFs, which are filters designed for household use can be highlighted. The characteristics of the media filter are one of the most important for an efficient BSF treatment. Therefore, some different types of commercial sands were acquired and characterized in this study and it was found that high-accessibility materials, such as fine sand for civil construction may have characteristics suitable for use in BSFs. Another aspect considered was the water consumption for the washing of materials (media filter), which was relatively high and may derail the preparation of the materials in places of low availability of water. Three BSFs were constructed from PVC pipes and connections used in building plumbing for the evaluation of operational aspects. Continuous and intermittent operations were compared and the continuous one showed more convenient and safe as it avoided the occurrence of some common inconveniences in intermittent operation, as the siphon and application of high filtration rates, which might compromise the efficiency of BSF.

Key words: biosand filter, filter media, household drinking water treatment

Introdução

Cerca de 20 milhões de pessoas que vivem em áreas rurais no Brasil captam água de chafarizes e poços ou diretamente de cursos de água sem nenhum tratamento e geralmente inadequadas para consumo humano, contribuindo para o surgimento de doenças. A busca por alternativas descentralizadas que contemplem as populações de baixa renda, as pequenas cidades e as zonas rurais, de forma universal e sustentável, é fundamental para a redução das desigualdades espaciais e sociais no atendimento sanitário. A descentralização a nível familiar, por exemplo, está entre as mais promissoras abordagens para acelerar os ganhos de saúde e qualidade de vida associados ao consumo de água potável (WHO, 2009).

Nas últimas duas décadas, o tratamento doméstico de água ganhou grande reconhecimento, principalmente em zonas rurais. Diferentes tipos de tratamento foram desenvolvidos, incluindo soluções alternativas de desinfecção, coagulação e filtração (KIKKAWA, 2007). Entre essas soluções alternativas, encontram-se os biofiltros em areia (BFA). Este tipo de filtro foi desenvolvido na década de 1990 quando se pensou que um filtro lento, em pequena escala, poderia operar em fluxo contínuo ou em fluxo intermitente sempre que a camada biológica (*schmutzdecke*) fosse formada e esta ficasse inalterada ao longo da carreira de filtração. Essa camada biológica é formada por diversas espécies como bactérias, algas e protozoários, que estão sujeitas a complexas interações biológicas responsáveis pelo processo de purificação da água. A eficiência na remoção de patógenos em BFA foi comprovada em diversos trabalhos (ELLIOT et al., 2008; JENKINS et al., 2011).

Os parâmetros de projeto que apresentam maior influência na qualidade do efluente gerado pelos BFA estão associados às características do meio filtrante e às taxas de filtração utilizadas na operação (JENKINS et al., 2011). A seleção do meio filtrante é, geralmente, baseada na curva de distribuição granulométrica do material, usando dois parâmetros de caracterização: o tamanho efetivo e o coeficiente de uniformidade (chamado, também, de coeficiente de “desuniformidade” na literatura brasileira). Levando em consideração as divergências encontradas na literatura, são recomendados tamanhos efetivos (D_{10}) entre 0,10 mm e 0,30 mm e coeficientes de uniformidade (CU) entre 1,5 e 3,0 (KIKKAWA, 2007; CAWST, 2010).

Objetivos

Caracterizar a granulometria de areias de fácil acesso visando apoiar o processo de seleção do meio filtrante de biofiltros em areia e avaliar aspectos de operação desses biofiltros.

Materiais e Métodos

Quatro tipos de areias, de diferentes origens e características granulométricas, foram adquiridos: areia fina de construção civil; areia fina para filtro de piscina e dois tipos de areias específicas para filtros lentos de estações de tratamento de água (ETAs) adquiridas em loja especializada. Esses materiais foram previamente lavados e peneirados. A lavagem dos materiais foi feita com uso de uma água de baixa turbidez extraída de um poço localizado na área 1 do Campus da USP de São Carlos. Nesse procedimento foram medidos os parâmetros de turbidez das amostras de água do poço e das águas de lavagens dos materiais (primeira lavagem e água visualmente limpida – lavagem final). O consumo de água por quilo de material lavado foi mensurado. Por fim, os materiais lavados e secos foram peneirados em uma peneira de abertura 1,0 mm, comercialmente conhecida como peneira de fubá.

As curvas de distribuição granulométrica das areias foram determinadas por meio de ensaios seguindo as recomendações da NBR 11799:1990 (ABNT, 1990), no Laboratório de Pilotos do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP. As peneiras utilizadas foram da série americana ASTM entre os números 16 e 70, com aberturas correspondentes entre 1,18 mm e 0,212 mm, respectivamente.

No Laboratório de Pilotos do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP foram construídos três biofiltros, seguindo a proposta inovadora de Magalhães e Sabogal Paz (2013) que utiliza tubulações e conexões de PVC de instalações hidráulicas prediais. Os meios filtrantes utilizados nesses filtros foram os anteriormente preparados, sendo que um deles resultou da mistura (em partes iguais) entre as areias do filtro lento específicas para ETAs. A espessura adotada de meio filtrante foi de 55 cm. O tempo de construção das unidades também foi mensurado. Após a construção, os filtros foram operados e avaliados durante seis meses, buscando identificar cuidados necessários e recomendações de operação.

Resultados

A primeira parte consistiu na preparação e caracterização das areias utilizadas. A Tabela 1 apresenta os consumos de água por quilo de material lavado. Em cada BFA foram necessários cerca de 40 kg de areia seca para atingir a espessura de 55 cm de material filtrante e, portanto, foram gastos cerca de 2000L de água para preparar cada filtro. Esse alto consumo pode ser um limitante na adoção dos BFA em comunidades desprovidas de água em abundância.

Tabela 1: Consumo de água para lavagem dos meios filtrantes utilizados

Materiais	Consumo de água (L/kg)	Turbidez média (NTU)		
		Água do poço	Água primeira lavagem	Água última lavagem
Areia fina de construção civil	50	0,43	471	7
Areia fina de filtro de piscina	40	0,63	151	14
Areia de filtro lento para ETA tipo 1	40	0,18	153	19
Areia de filtro lento para ETA tipo 2	60	0,32	492	4

Os resultados dos ensaios granulométricos são apresentados na Figura 1 e Tabela 2. As areias de construção civil e de filtro lento para ETA misturada obtiveram bons resultados, tendo o tamanho efetivo e o coeficiente de uniformidade dentro dos intervalos recomendados.

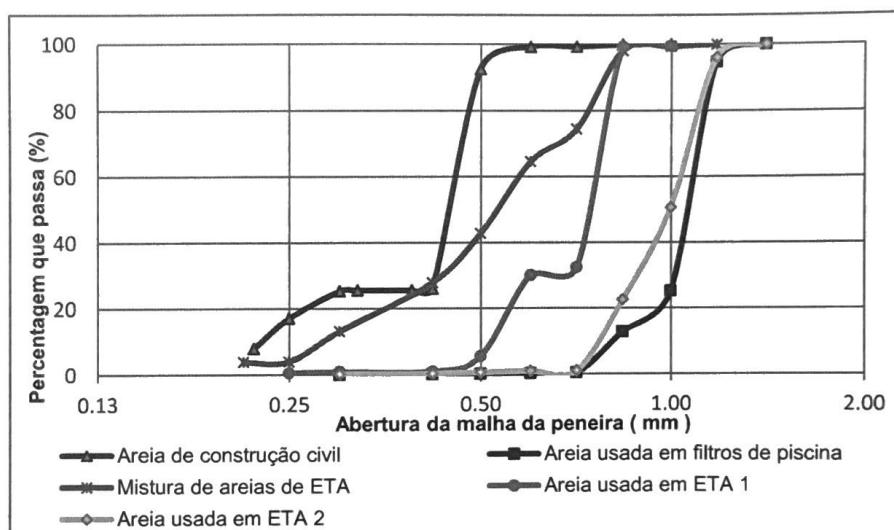


Figura 1: Curvas granulométricas dos meios filtrantes

Tabela 2: Tamanhos efetivos e coeficientes de uniformidade dos meios filtrantes

Meio Filtrante	D_{10} (mm)	D_{60} (mm)	$CU = D_{60}/D_{10}$
Areia fina de construção civil	0,22	0,46	2,04
Areia fina de filtro de piscina	0,82	1,10	1,34
Areia de filtro lento para ETA tipo 1	0,52	0,77	1,48
Areia de filtro lento para ETA tipo 2	0,78	1,05	1,35
Areia de filtro lento para ETA (misturada)	0,28	0,58	2,04

A areia de piscina e as areias de filtro lento para ETA tipo 1 e 2 apresentaram características não recomendáveis para uso como meio filtrante, em função, principalmente, do elevado tamanho efetivo. Notou-se, entretanto, que é possível obter uma areia satisfatória para uso como meio filtrante, misturando-se areias não adequadas (tipo 1 e tipo 2). Esses resultados mostram que materiais de alta acessibilidade, como a areia fina de construção civil, podem apresentar características apropriadas para uso em BFA, o que pode fazer, destes filtros, alternativas viáveis em pequenas comunidades.

A segunda parte do trabalho consistiu na construção e operação dos BFA. A montagem dos filtros foi considerada rápida e fácil, levando cerca de 2 horas com duas pessoas trabalhando, tendo os materiais

granulares (do meio filtrante e da camada suporte) previamente preparados e os tubos de PVC cortados nas dimensões corretas.

Inicialmente, os BFA foram operados de modo intermitente com volumes de recarga de, aproximadamente, 15 L. Nas unidades com areia de piscina (elevado D_{10}) e com areia de filtro lento de ETA (misturada) foram verificadas baixas perdas de carga iniciais, o que se traduz em elevadas taxas de filtração iniciais, que podem comprometer a eficiência do tratamento. Nas mesmas unidades, problemas de sifonamento foram identificados, levando ao rebaixamento do nível mínimo de água e até mesmo à secagem do sobrenadante, colocando em risco o desenvolvimento da camada biológica no topo do meio filtrante e, consequentemente, a eficiência do BFA.

Visando evitar esses problemas, a operação em modo contínuo foi testada, sendo viabilizada pela instalação de um reservatório de água próximo aos BFAs. Esse tipo de operação demonstrou maior praticidade e segurança para o usuário, uma vez que a recarga é feita diretamente no reservatório, sendo possível fazer um controle da taxa média de filtração por meio do uso de registros e manter o sobrenadante em condições satisfatórias de oxigênio dissolvido e nutrientes. Além dessa constatação favorável à operação contínua, trabalhos recentes comparando o tipo de operação indicam maior eficiência na remoção de patógenos quando o BFA é operado continuamente (YOUNG-ROJANSCHI e MADRAMOOTOO, 2014).

Para a operação contínua foi tomado o cuidado de se instalar telas de proteção contra insetos para evitar a entrada deles no espaço deixado entre a tampa e a mangueira que transfere a água do reservatório para o BFA. Nenhum outro problema foi identificado ao longo da operação dos biofiltros, comprovando a eficiência dos procedimentos adotados nas etapas de sua montagem.

Conclusões

Foi possível identificar em areias de fácil acesso, em especial na areia fina de construção civil, características adequadas para uso como meio filtrante em biofiltros em areia, o que pode viabilizar a construção dessas unidades em pequenas e isoladas comunidades. Não obstante, a elevada quantidade de água necessária para lavagem das areias pode ser um problema dependendo da disponibilidade do recurso no local. Quanto à operação do filtro notou-se que o modo contínuo pode ser mais seguro e prático para o usuário em função do material filtrante utilizado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica concedidas.

Referências Bibliográficas

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 11799 - **Material Filtrante: Areia, Antracito e Pedregulho – Especificação**. Rio de Janeiro.1990. 8p.
- CAWST (CENTRE FOR AFFORDABLE WATER AND SANITATION TECHNOLOGY). **Biosand Filter Manual: Design, Construction, Installation, Operation and Maintenance**. CAWST Training Manual. Canada. 2010.
- ELLIOT, M.A. et al. Reductions of *E. coli*, echovirus type 12 and bacteriophages in an intermittently operated household-scale slow sand filter. **Water Research**, v.42, p. 2662-2670, 2008.
- JENKINS, M.W; TIWARI, S.K; DARBY, J. Bacterial, viral and turbidity removal by intermittent slow sand filtration for household use in developing countries: Experimental investigation and modeling. **Water Research**, v.45, p. 6227 – 6239, 2011.
- KIKKAWA, I. **Modification of a biosand filter in the northern region of Ghana**. 2007. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - MIT (Cambridge/EUA).
- MAGALHAES, E. V.; SABOGAL PAZ, L. P. Filtração Lenta Domiciliar como Alternativa de Tratamento de Água para Comunidades Isoladas do Brasil - Desafios na Construção. In: 21º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP. São Carlos/SP. 2013.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). Scaling Up Household Water Treatment Among Low - Income Populations. Geneva, 2009.
- YOUNG-ROJANSCHI, C; MADRAMOOTOO, C. Intermittent versus continuous operation of biosand filters. **Water Research**, v.49, p. 1 -10, 2014.