

**I-058 - REQUERIMENTOS DE ÁREA E DE MATERIAIS FILTRANTES NA
TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS****Isabela Zulini⁽¹⁾**

Graduanda em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP).

Lyda Patricia Sabogal Paz

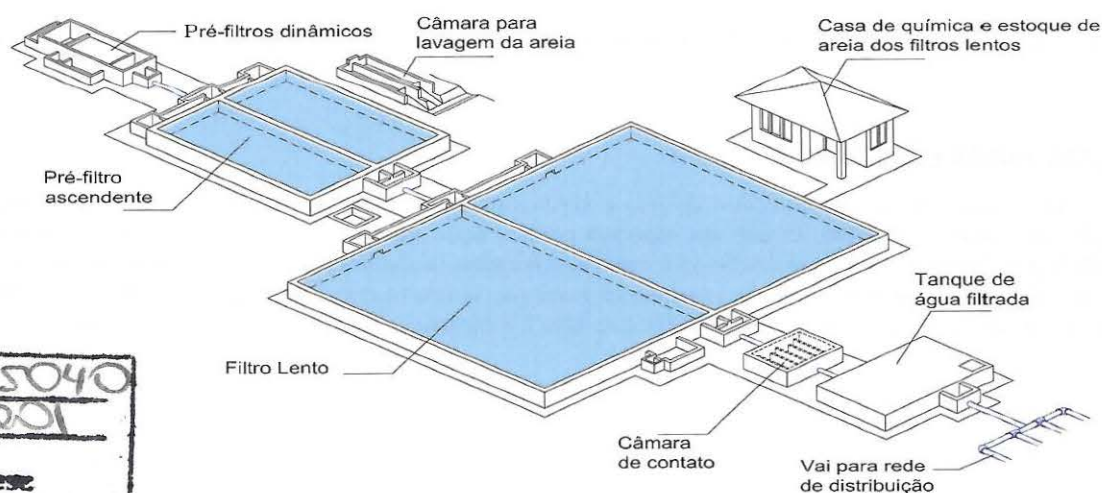
Professora do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP).

Endereço⁽¹⁾: Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Parque Arnold Schmidt - São Carlos/SP - CEP: 13566-590 - Brasil - Tel: +55 (16) 33739548 - e-mail: isabela.zulini@usp.br**RESUMO**

O artigo aborda os requerimentos de área da tecnologia de filtração em múltiplas etapas (FiME) considerando a futura implantação de diversos tipos de estações de tratamento dos resíduos. Igualmente, o documento avalia os requerimentos de meios filtrantes na FiME para cada um de seus componentes (pré-filtros dinâmicos, pré-filtros ascendentes e filtros lentos), considerando sistemas com vazões de projeto entre 10 e 40L/s. Os resultados indicaram que as necessidades de área e meios filtrantes devem ser avaliadas no momento de selecionar a FiME em função de seus elevados valores que, dependendo do contexto, podem inviabilizar totalmente o uso da tecnologia em determinada região.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração, materiais filtrantes, requerimentos de área, resíduos, tratamento de água.**INTRODUÇÃO**

Na tecnologia de filtração em múltiplas etapas (FiME) a água passa por diferentes filtros, ocorrendo progressiva remoção das impurezas presentes no manancial. O princípio básico da FiME é que cada unidade condicione seu efluente para ser submetido ao tratamento posterior, sem sobrecarregá-lo. O sistema é composto por pré-filtros e filtros lentos (Figura 1). O tratamento tem início, normalmente, com o uso de pré-filtros dinâmicos; posteriormente, a água é encaminhada aos pré-filtros ascendentes (em camadas ou em série) e finalmente aos filtros lentos.

**Figura 1: Tecnologia de Filtração em Múltiplas Etapas (Sabogal Paz, 2000).**

Segundo Galvis *et al* (1999) e Reali *et al* (2012), a FiME surgiu da necessidade de viabilizar o uso dos filtros lentos (FLs), reduzindo suas limitações. Os FLs são simples, confiáveis e eficientes no tratamento de águas de abastecimento; porém, seu desempenho na produção de água potável cai quando ocorrem valores elevados de parâmetros de qualidade da água afluentes às unidades. Assim, para minimizar essas restrições, foram adicionados pré-filtros aos FLs criando, portanto, a FiME.

A FiME, quando comparada com outras estações de tratamento de água (ETAs), para uma mesma vazão, sempre ocupará maior área em planta e terá elevado investimento inicial pelas baixas taxas de filtração adotadas nos pré-filtros e filtros lentos; no entanto, sua operação e manutenção são simplificadas. Em países latino-americanos, a tecnologia é recomendada para vazões de projeto de até 40 L/s, em função dos custos envolvidos (Sabogal Paz, 2007; Di Bernardo e Sabogal Paz, 2008).

A tecnologia tem sido utilizada em comunidades de pequeno porte de países latino-americanos em função de sua simplicidade nas atividades de operação e manutenção. No entanto, este tipo de tratamento precisa de grandes áreas e de elevada quantidade de materiais filtrantes (pedregulho e areia). Neste contexto, o presente artigo avalia esses requerimentos para orientar a seleção da FiME auxiliando, consequentemente, o trabalho dos engenheiros projetistas brasileiros.

OBJETIVO

Avaliar os requerimentos de área e materiais filtrantes da tecnologia de filtração em múltiplas etapas quando diversos tipos de estação de tratamento dos resíduos são considerados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Tabela 1 apresenta as características dos sistemas avaliados considerando o tratamento dos resíduos. A partir dos projetos em AutoCad®, extraídos de Sabogal Paz (2010), foi possível medir a área e a espessura das camadas filtrantes requeridas pelos pré-filtros dinâmicos (PFDs), pré-filtros ascendentes (PFAs) e filtros lentos (FLs). As áreas ocupadas pela FiME e pelas ETRs foram analisadas separadamente.

A massa requerida de materiais filtrantes, em kg, foi calculada multiplicando-se a área dos filtros pela espessura da camada e pela massa específica aparente (ρ_{ap}) que foi obtida pela Equação 1, conforme Di Bernardo e Sabogal Paz (2008).

$$\rho_{ap} = \rho_s (1 - \epsilon)$$

Equação (1)

Em que, ρ_s : massa específica do pedregulho ou areia (fixada em 2650 kg/m³); e ϵ : porosidade (estabelecida em 0,4).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os requerimentos de área e verifica-se que a FiME com ETR2 ocupou a maior área, independentemente da vazão. O fato era esperado porque, nesse tipo de tratamento, os resíduos ficam na unidade por longos períodos (em função do tempo entre limpezas sucessivas das lagoas), sendo necessária uma grande área para armazenar o volume anual desses resíduos. O fato contrário aconteceu na FiME com ETR3 que possui um tanque que simplesmente recebe o resíduo e o encaminha à estação de tratamento de esgoto.

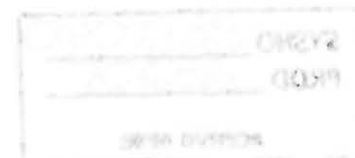


Tabela 1: Tecnologias avaliadas.

Estações de tratamento de água (ETAs)	Processos e operações envolvidos	Vazões de projeto (L/s)
Filtração em múltiplas etapas (FiME)	PFD [2 a 6] + PFVAC [2 a 6] + FLAC [2 a 6] + DES [1] + FLU [1]	10, 20 e 40
Variações da Tecnologia	Processos e operações envolvidos	
Estações de Tratamento dos Resíduos (ETRs)	ETR1	TCA [2] + DLD [8]
	ETR2	DLL [2]
	ETR3	TER [1]
	ETR4	TCA [1] + ADH [1] + CEN [1]
	ETR5	TCA [1] + GEOT [1 a 2]
Número total de projetos	1 tipo de FiME x 3 vazões x 5 ETRs = 15 projetos	

ADH: adensador dinâmico helicoidal.

CEN: centrífuga.

DES: desinfecção com hipoclorito de sódio.

DLD: desaguamento por leito de drenagem.

DLL: desaguamento por lagoa de lodo.

FLAC: filtro lento em areia a taxa constante.

FLU: fluoração com ácido fluossilícico

GEOT: filtração em geotêxtil.

PFD: pré-filtro dinâmico a taxa constante.

PFVAC: pré-filtro vertical ascendente em camadas a taxa constante.

TCA: tanque de clarificação e adensamento por gravidade.

TER: tanque de recepção e regularização de vazão com encaminhamento posterior do resíduo à estação de tratamento de esgoto.

[]: número de unidades que depende da vazão de projeto.

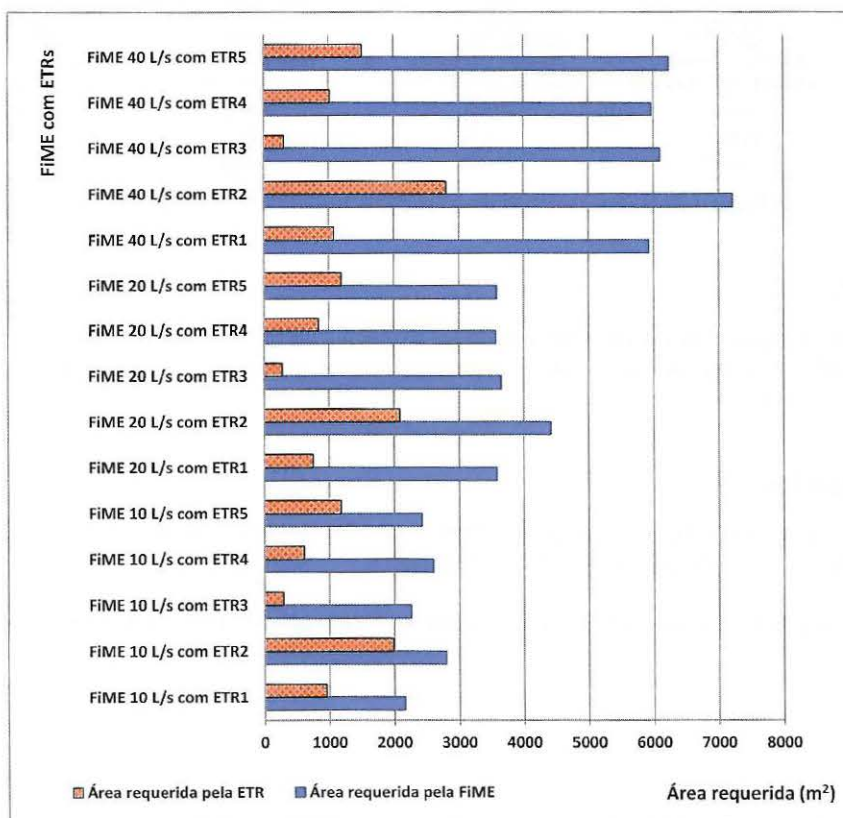


Figura 2: Área requerida pela FiME com ETRs.

A FiME ocupou maior área (entre 2256 e 7221 m²) quando comparada às ETRs (entre 279 e 2815 m²). Além disso, constatou-se que para uma mesma vazão pode haver diferenças nas áreas requeridas pela FiME porque a disposição de seus componentes pode variar de acordo com o tipo de tratamento dos resíduos.

A Figura 3 mostra a quantidade de matérias filtrantes necessários para os pré-filtros e filtros lentos em função da vazão. Os valores oscilaram entre 51516 e 154548 kg nos PFDs e entre 91584 e 274752 kg nos PFAs. Os maiores requerimentos foram detectados na areia dos filtros lentos (412128 a 1648512 kg) e na camada suporte (206064 a 824256 kg). Esses valores elevados podem ser explicados pela baixa taxa de filtração utilizada no projeto (3,0 m³/m²d), necessária para que os filtros lentos trabalhassem com ação superficial visando retenção significativa de impurezas no topo do meio filtrante.

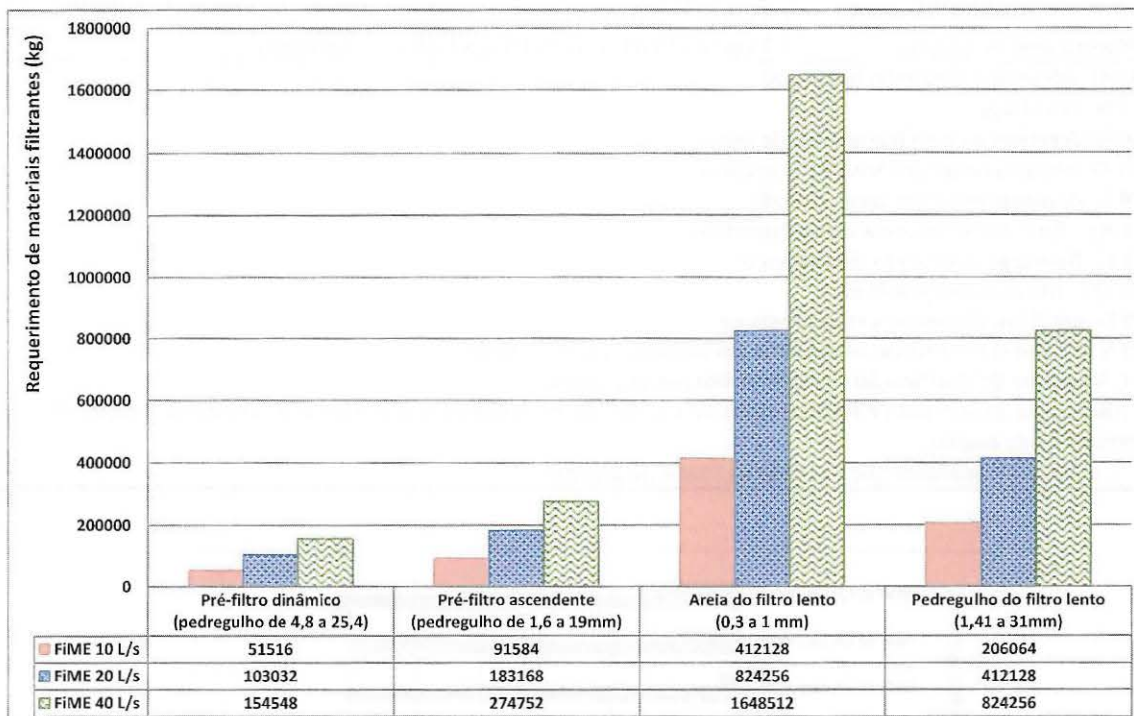


Figura 3: Requerimento de Materiais Filtrantes da FiME.

CONCLUSÃO

Os requerimentos de área e meios filtrantes devem ser avaliados no momento de selecionar a tecnologia de filtração em múltiplas etapas porque os quantitativos envolvidos podem inviabilizar a execução das obras dependendo do contexto.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela bolsa de iniciação científica concedida (processo nº 2013/26108-2).

Uma parte dos resultados foi apresentada no 22º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP (22 SIICUSP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DI BERNARDO, L; SABOGAL PAZ, L. P (2008). Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. Editora LDiBe. v 1 e v.2. p.1560.
2. GALVIS, G.; LATORRE, M.J.; VISSCHER, J.T (1999). Filtración en Múltiples Etapas. Tecnología Innovadora para el Tratamiento de Agua. Serie de Documentos Técnicos. Universidad del Valle. CINARA– IRC. Cali, Colômbia. Disponível em: <http://es.ircwash.org/sites/default/files/255.9-99FI-17025.pdf> (acessado em 17/04/2015).
3. REALI, M. A. P; SABOGAL PAZ, L.P.; DANIEL, L.A (2012). Tratamento de Água para Consumo Humano. In: Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. 1 Ed. São Paulo: Elsevier, v.1, p. 405-453.
4. SABOGAL PAZ, L. P (2000). El Riesgo Sanitario y la Eficiencia de los Sistemas de Tratamiento en la Selección de Tecnologías para la Potabilización del Agua. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidad del Valle. Cali, Colômbia.
5. SABOGAL PAZ, L P (2007). Modelo Conceitual de Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos/SP.
6. SABOGAL PAZ, L P (2010). Pesquisa de Pós-Doutorado: Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno e Médio Porte. Relatório Final. FAPESP. São Paulo/SP.