

Filtração ascendente aplicada ao tratamento de água: uma análise de estações de Minas Gerais e Espírito Santo

MARCELO LIBÂNIO

Engenheiro civil, docente da Universidade Estadual Paulista-Unesp, Ilha Solteira

O trabalho traça breve histórico sobre o tema, analisa o caráter volumétrico, as vantagens e as limitações da filtração ascendente. Por fim, são arrolados os importantes parâmetros de projeto e de funcionamento concernentes às dezessete estações daqueles Estados e, alicerçados nos mesmos e ainda nos dados mensais de operação do ano de 1989, são elaboradas as recomendações e considerações finais referentes ao emprego dessa técnica.

A aplicação dos filtros rápidos de fluxo ascendente — cujo primeiro modelo é atribuído ao físico italiano Lucas Antonius Portius em 1685 — intensificou-se após a Segunda Guerra nos países do Leste europeu, em especial na URSS.

Os bons resultados auferidos nas estações de tratamento de Moscou, Leningrado, Kiev, entre outras, concorreram para a propagação desses filtros por diversos países com a denominação de *clarificadores de contato* ou *filtros russos*.

No Brasil, coube à Fundação Serviços Especiais de Saúde Pública construir em 1970, em caráter emergencial, o primeiro filtro de fluxo ascendente na cidade capixaba de Colatina. O bom funcionamento do mesmo estimulou o órgão e algumas companhias estaduais de saneamento a construir outras unidades.

Assim, cidades como Ponta Grossa (PR), Joinville (SC), Macabal e Arari (MA) passaram a empregar os filtros ascendentes. Seguiram-se a estas as construções dos filtros de Ituiutaba — também realizada em condições emergenciais —, Viçosa e Itabira, em Minas Gerais, e Linhares, São Mateus, entre outras, no Espírito Santo.

Atualmente, as pesquisas mais recentes no emprego dessa técnica referem-se, além da própria Fundação SESP, à Escola de Engenharia de São Carlos, no intuito de fomentar o emprego da filtração ascendente no tratamento das águas de abastecimento.

CONCEITOS PRINCIPAIS DE FILTRAÇÃO ASCENDENTE

A filtração volumétrica

O caráter volumétrico do processo se testifica no fato do fluxo se efetuar no sentido favorável à gradual diminuição do diâmetro dos grãos que compõem o meio filtrante.

Isso permite a real utilização de toda a espessura do leito — da ordem de 2,00 m — na filtração e não apenas uma tênue camada superficial, a exemplo dos filtros descendentes de camada simples. As conseqüências desta filtração volumétrica são uma evolução mais gradual da perda de carga e carreiras mais longas, com maior produção de água. Já nos filtros descendentes de camada simples sucede-se a formação de uma película gelatinosa no topo da camada de areia, reduzindo as carreiras de filtração e elevando rapidamente as perdas de carga.

Em relação aos filtros de dupla camada, pesquisas utilizando águas de baixas cor e turbidez do rio Tâmisia demonstraram o melhor desempenho dos filtros ascendentes de areia, quando comparados aos filtros descendentes de areia e antracito. Os primeiros apresentaram uma melhor qualidade do filtrado e uma evolução mais gradual da perda de carga (Miller, 1972).

Esta eficiência se maximiza quando o leito filtrante apresenta uma maior amplitude dos diâmetros dos grãos ou, por via de conseqüência, maior coeficiente de desuniformidade — usualmente entre 1,6 a 2,5 —, possibilitando melhores combinações de qualidade do filtrado e evolução da perda de carga. Tais fatos explicam-se pela distribuição mais uniforme do floco no interior do leito.

Aspectos positivos do emprego da filtração ascendente

As vantagens da filtração ascendente são inerentes à economia auferida na implantação e na operação, principalmente em estações de filtração direta. A opção pelos filtros ascendentes neste tipo de estação conduz, segundo dados conservadores, ao terço da área necessária a uma estação convencional, fator relevante em localidades onde o custo do terreno é elevado (Minz, 1960).

No que se refere à operação, realizou-se no Canadá um estudo cotejando uma estação de filtração direta com filtros descendentes de dupla camada — sabidamente de produção de água inferior aos filtros ascendentes — e uma estação convencional. Esta pesquisa concluiu que na purificação de um mesmo manancial de baixa cor e

turbidez a primeira obteve uma economia anual na operação da ordem de 50.000 dólares, para uma produção equânime de 1,6 m³/s (Westhoff, 1980).

Em Minas Gerais, outra pesquisa realizada durante o desenvolvimento do projeto de uma estação de filtração ascendente para a cidade de Itajubá demonstrou que o emprego dessa técnica apresenta uma economia de 20 a 60% por metro cúbico de água tratada, em relação a diferentes projetos de estações convencionais construídas em diversos outros municípios mineiros (Ennes, 1977).

Tais constatações materializam-se pela redução da dosagem de coagulantes na filtração direta, freqüentemente atingindo 70% da necessária para purificar a mesma água através do tratamento convencional. A explicação está no fato de na filtração direta ascendente desejar-se apenas desestabilização parcial dos colóides — em sua maioria carregados negativamente — para posterior floculação. Esta reação ocorre em tempo inferior a 1s, suficiente para evitar o crescimento por hidratação. Assim, nas estações de filtração direta deve-se efetuar a mistura rápida com elevado gradiente de velocidade e imediato encaminhamento do afluente aos filtros (Amirtharaj & Mills, 1982; Di Bernardo, 1986).

As dosagens comumente empregadas conduzem a uma redução de até 70% do lodo gerado na estação de tratamento (Kawamura, 1985) e a carreiras de filtração mais longas. Obviamente, tais carreiras dependerão também das características físicas da água bruta — que regulará o tipo e as dosagens de coagulantes —, das taxas de filtração aplicadas, da granulometria de leito filtrante e da eventual execução de descargas de fundo intermediárias.

Limitações à aplicação da filtração ascendente

Alguns obstáculos relacionados à aplicação inicial dos filtros ascendentes, a saber, calhas comuns para água filtrada e de lavagem, fluidização do leito filtrante, já foram superados por pesquisas posteriores e pela própria evolução do processo, presente em nosso território somente a partir de 1970. Contudo, algumas limitações ainda persistem, essencialmente no que tange à aplicação dos filtros ascendentes em estações de filtração direta.

Vários técnicos reportam-se a um limite de turbidez de 100 UT ou 150 mg/l, já considerada a adição de produtos químicos e de cor de 80 UC (Minz, 1960; Valencia, 1977). A experiência da FSESP indica que os filtros ascendentes são capazes de tratar águas passíveis de apresentar picos de turbidez superiores a este valor, desde que já se encontrem em funcionamento durante certo período. Desaconselha, entretanto, seu emprego para águas que apresentem ampla variação de suas características físicas ao longo do ano.

Com o objetivo de condicionar o afluente dos filtros ascendentes em estações de filtração direta, a FSESP testou um pré-filtro ascendente de pedregulho, que se demonstrou uma boa alternativa para adequar as características físicas da água bruta (Roedel, 1979).

Evidentemente, em estações convencionais de filtros ascendentes estas limitações deixam de ter significado devido à presença de floculadores e decantadores. Várias das estações examinadas testificam esta afirmação (Anexo 1).

Atualmente sabe-se da intrínseca relação entre a turbidez e o índice de coliformes na água filtrada. Conhece-se também o risco de se distribuir à comunidade água tratada com turbidez a 1,0 UT. Tais afirmações adquirem maior relevância pelo fato do efluente dos filtros ascendentes, especialmente das primeiras unidades construídas no Brasil, estar em contato com o ambiente, tornando-o indubitavelmente suscetível às contaminações. Para reduzir estas possibilidades, nos projetos mais recentes os filtros são vedados com tampões de acrílico ou aço, sendo esse o material o mais indicado. A remoção dos tampões

somente se verifica para eventuais inspeções, quer na execução de descargas de fundo, quer ao término das lavagens.

A fim de se elevar a segurança sanitária, os técnicos da FSESP recomendam o descarte da água produzida logo após a lavagem, devendo tal procedimento também se estender após as descargas de fundo intermediárias.

A EXPERIÊNCIA DA FSESP NO EMPREGO DOS FILTROS ASCENDENTES

A característica comum à maioria dos filtros ascendentes construídos pela FSESP é que os mesmos se destinavam, inicialmente, a efetuar a filtração direta, com os processos de microfloculação e microdecantação ocorrendo nos interstícios da camada suporte e do leito de areia.

Contudo, mesmo com a escolha correta dos mananciais, sucedeu-se uma gradativa deterioração da qualidade de alguns destes. Assim, os técnicos da FSESP viram-se obrigados a construir unidades distintas de floculação e decantação a montante dos filtros ascendentes.

A análise das estações, arroladas no anexo 1, balizou-se nos dados mensais de operação concernentes a 1989, conforme o modelo exposto no anexo 2. Deve-se também salientar que a operação é realizada por funcionários dos Serviços Autônomos de cada distrito ou município com a supervisão dos técnicos da FSESP.

RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A grande maioria das estações examinadas apresenta ótimo aspecto visual, com os registros pintados nas cores padronizadas pela FSESP, piezômetros para aferição da perda de carga e um padrão operacional bastante uniforme no que se refere à execução de descargas de fundo intermediárias. Isto é particularmente notável nas estações dos pequenos distritos do Espírito Santo. Estas estações de filtração direta destacam-se também pela mais absoluta simplicidade e, via de consequência, custo reduzido, fatores relevantes em um país pobre como o Brasil.
- Em algumas dessas pequenas estações há necessidade de se realizar um controle mais sistemático da turbidez efluente. Várias pesquisas já demonstraram a relação entre turbidez, a presença de vírus e coliformes e a eficiência da cloração. As estações onde já se efetuam análises diárias de turbidez devem ser adequadas ao limite de 1,0 UT para a água tratada, a fim de assegurar a eficiência de desinfecção (Matsumoto, 1987).
- As curtas carreiras de filtração verificadas na estação de Jaguaré são fruto da ineficácia da mistura rápida. A mesma se efetua na câmara de chegada da água bruta com um baixo gradiente de velocidade, inviabilizando a necessária desestabilização dos colóides. Na estação de Bebedouro, o mesmo se verifica por uma razão mais singela. Não ocorre a dispersão de coagulante na água bruta e, após uma sedimentação discreta, o afluente é encaminhado aos filtros. Nestes dois casos, recomendar-se-ia a dispersão do coagulante na própria tubulação de acesso aos filtros, através de uma pequena bomba dosadora. Tal providência prolongará as carreiras de filtração elevando a produção de água tratada. As elevadas dosagens de sulfato de alumínio empregadas nas estações de Itaoca, Guriri e Barra do Sahy — ainda que não afetem substancialmente as carreiras de filtração — podem ser reduzidas com o mesmo procedimento, possibilitando a minimização do custo do metro cúbico de água tratada.
- Na estação de Fervedouro, as curtas carreiras são decorrência da não execução de descargas de fundo intermediárias, procedimento

verificado na grande maioria das estações examinadas. A execução de até três descargas por carreira evita a excessiva compactação do leito de areia e, como já foi salientado, eleva a produção de água filtrada. Quanto à estação de Marilândia, as razões das curtas carreiras — cotejadas com as taxas de filtração aplicadas — parecem estar na baixa eficiência do processo de floculação. Assim, os flocos não adquirem peso suficiente para posterior sedimentação, acomodando-se nos interstícios do leito filtrante.

■ Nas estações de Linhares, Colatina e São Mateus foi possível cotejar o desempenho dos filtros ascendentes e descendentes de camada simples, operando com água decantada, no que tange à extensão das carreiras. Verificou-se, nos primeiros, uma maior produção de água por unidade de área, decorrente da elevada capacidade de retenção de flocos do leito filtrante. Tais constatações coadunam-se com pesquisas em unidades-piloto realizadas na Escola de Engenharia de São Carlos (Matsumoto, 1987). Um estudo posterior, centrado na remoção de coliformes, indicará a real eficiência de cada unidade, pois as análises bacteriológicas, ora realizadas, abrangem o efluente das estações sem discernir sua procedência.

■ Uma análise das taxas de filtração aplicadas em várias estações indica que o processo de fluidização do leito filtrante consubstancia-se muito mais na excessiva majoração da perda de carga do que na velocidade de aproximação propriamente dita. Evidentemente que a opção por taxas muito elevadas reduzem as carreiras de filtração, tornando o processo antieconômico.

■ Em relação às estações convencionais de filtros ascendentes poder-se-ia estudar o emprego de água decantada para a lavagem dos filtros. Esta recomendação alicerça-se no desempenho do filtro ascendente do distrito de Fervedouro e nas pesquisas do engenheiro Grimplastch (1970). A lógica da proposta reside no fato do sistema de drenagem desses filtros estar em contato permanente com água suja e a coleta do filtrado realizar-se acima do leito de areia. O emprego da água decantada para a lavagem tornaria prescindível a construção dos tradicionais reservatórios de água de lavagem.

■ Como forma de garantir a qualidade do filtrado, deve-se, sempre que possível, determinar a perda de carga limite de cada unidade antes da mesma entrar efetivamente em operação. Para isso submeter-se-ia o filtro ascendente às variações — passíveis de ocorrer — das características físicas da água bruta, utilizando soluções de argila ou caulinita. Assim, obter-se-ia uma relação verdadeira entre a perda de carga máxima, sem transpasse de flocos, e a turbidez afluente. Esta aferição, factível em estações de filtração direta ou não, evitaria o transpasse de flocos durante as carreiras mais longas e permitiria aos operadores iniciar a lavagem antes da queda de qualidade de água filtrada.

■ A última — e talvez a mais importante — conclusão que um trabalho desta natureza suscita refere-se à viabilidade da aplicação desta técnica ao tratamento de água. A FSESP, que detém a primazia do emprego dos filtros ascendentes no Brasil, construiu diversas unidades, em Minas e, principalmente, no Espírito Santo. Atualmente, estas estações potabilizam, em conjunto, um volume diário da ordem de 100.000 m³, atendendo a mais de 10% da população daquele Estado.

Assim, a possibilidade do emprego da filtração ascendente — por vezes como única etapa do tratamento — deve ser analisada com critério, mesmo para estações de maior porte. Neste contexto insere-se, essencialmente, a purificação de águas de baixos teores de cor e turbidez, provenientes de lagos ou represas. O tratamento

sempre começa na captação, daí a importância acertada da escolha do manancial, e é imprescindível a adequação, ao longo de todo ano, entre a água a ser tratada e a unidade potabilizadora concebida para tal fim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — Amitharajah, A. & Mills, K.M. — Rapid-mix design for mechanisms of coagulation. *Journal American Water Work Association*, vol. 74(4), p. 210-16, abril 1982.
- 2 — Di Bernardo, L. & Mendes, C.G.N. — Coagulação e filtração direta ascendente. *Revista DAE*, ano XLII, número 131, 1986.
- 3 — Ennes, Y.M. — A Instalação de Itajubá. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da UFMG, 1977.
- 4 — Grimplastch, B.S. — Nova técnica de filtração em uso no Brasil. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Salvador, 1971.
- 5 — Kawamura, S. — Two-Stage Filtration. *Journal American Water Work Association*, p. 42:47, december 1985.
- 6 — Matsumoto, T. — Comparação entre a filtração ascendente e descendente de água decantada utilizando areia como meio filtrante. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos (USP), São Carlos, 1987.
- 7 — Miller, D.G. — Experiencias con Filtros de Flujo Ascendente. CEPIS, vol. 14, Asunción, 1972.
- 8 — Minz, D. — Some Results of Research into Drinking-Water Purification and Desinfection, 17th European Seminar for Sanitary Engineers, October 1960.
- 9 — Roedel, O.O. — Abastecimento de águas de pequenas comunidades — Quatro trabalhos realizados nas áreas de captação e tratamento. *Revista SESP*, Rio de Janeiro, 24(1): 14-25, 1979.
- 10 — Valencia, J.A. — Filtros de Flujo Ascendente: Aspectos de Projeto, IX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, vol. 3, tema 8, p. 108-17, Belo Horizonte, 1977.
- 11 — Westerhoff, G.P. *et alli* — Plant-Scale Comparison of direct filtration versus conventional treatment of lake Erie water. *Journal American Water Work Association*, p. 148-54, march 1980.

O autor agradece aos técnicos das Diretorias Regionais de Minas e do Espírito Santo da FUNDAÇÃO SESP, pela cessão dos dados operacionais e acesso aos projetos das estações, ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq —, pelo auxílio financeiro à pesquisa, e aos amigos Ysnard Machado Ennes e Milton Dall'Aglio Sobrinho.

ANEXO 1
Relação das estações de filtração ascendente examinadas

Localidade/Município	U.F.	Número de Unidades	Área de cada unidade (m ²)	Vazão unitária média (l/s)	Taxa de filtração aplicada (m ³ .m ² . dia)	Gasto médio c água de lavagem (%)	Dosagens médias de sulfato (mg/l)	Linha de Tratamento
Itabira	MG	4	16,00	35,0	189,0	1,7	30,0	Convencional
Fervedouro/Carangola	MG	1	2,00	4,5	194,0	7,7	7,0	Convencional
Ituiutaba	MG	2	25,00	50,0	172,0	5,8	18,0 - 30,0	Convencional
Viçosa	MG	4	16,00	25,0	135,0	3,1	5,0 - 9,0	Convencional
Linhares	ES	4	20,25	30,0	128,0	2,3	15,0 - 24,0	Convencional
Bebedouro/Linhares	ES	2	1,80	3,5	168,0	7,9	- - -	Filtração Direta
Barra do Sahy/Aracruz	ES	2	5,70	7,0	106,0	3,6	25,0 - 50,0	Filtração Direta
Barra do Riacho/Aracruz	ES	2***	10,00	12,0	104,0	3,7	14,0	Filtração Direta
Jacupemba/Aracruz	ES	1*	5,70	10,0	152,0	3,8	7,0	Filtração Direta
Vila do Riacho/Aracruz	ES	2	6,50	8,0	106,0	3,4	15,0	Filtração Direta
São Mateus	ES	2	19,80	30,0	131,0	3,5	20,0 - 40,0	Convencional
Guriri/São Mateus	ES	4**	5,7/10	7,5/15,0	114/130,0	3,9/3,9	35,0 - 90,0	Filtração Direta
Jaguaré	ES	2***	5,70	10,0	152,0	7,3	10,0 - 40,0	Filtração Direta
Ibiraçu	ES	2	5,70	12,0	182,0	1,9	5,0	Filtração Direta
Itaoca	ES	2	5,70	12,0	182,0	3,2	10,0 - 64,0	Filtração Direta
Mariândia	ES	2	5,00	5,5	95,0	7,2	15,0 - 30,0	Convencional
Colatina	ES	7	20,25	30,0	126,0	2,6	15,0	Convencional

- * Encontra-se em construção mais um filtro ascendente
 ** A estação apresenta dois pares de filtros contíguos de dimensões distintas
 *** As estações apresentam também um filtro polidor descendente

Anexo 2 — Linhares — 1989

Análises físicas, químicas e biológicas

MÊS	Turbidez (UT)		Cor (UC)		pH		NMP Coliformes	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Janeiro	11,7	0,56	19,7	0,2	6,0	7,9	106	zero
Fevereiro	155,1	0,60	52,9	0,3	6,9	7,9	45	zero
Março	23,5	2,50	218,4	2,9	6,8	7,9	1167	zero
Abril	18,0	0,42	28,5	0,0	7,0	8,0	490	zero
Maiο	29,9	0,60	32,0	0,0	7,1	8,0	425	zero
Junho	21,1	0,43	37,3	0,4	6,7	8,0	3121	zero
Julho	14,6	0,44	22,4	0,0	6,8	8,1	1088	zero
Agosto	9,5	0,42	13,3	0,0	6,8	8,0	1100	zero
Setembro	12,5	0,68	19,2	0,2	6,8	8,0	1814	zero
Outubro	83,4	0,77	141,0	1,0	6,6	8,0	4100	zero
Novembro	53,6	0,60	93,9	0,5	6,8	8,1	615	zero
Dezembro	91,1	0,70	155,6	1,0	6,6	7,9	1362	zero

Observação:
 I — Água bruta.
 II — Água tratada.