



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

Experiência da Técnica de Filtração em Margem no Semiárido de Pernambuco: Estudo de caso em Petrolândia-PE

José Adson Andrade de Carvalho Filho¹; Raquel Ferreira do Nascimento²; Fabrício Eduardo Silva de Lima³; Ana Gabriella dos Santos Batista de Menezes⁴; Otávio Tenório⁵ & Anderson Luiz Ribeiro de Paiva⁶

Palavras-chave: interação rio-aquífero, qualidade de água, abastecimento, soluções baseadas na natureza.

INTRODUÇÃO

A Filtração em Margem (FM) consiste na construção de poços de bombeamento próximo às margens de um manancial superficial onde a ação de bombeamento provoca uma diferença do gradiente hidráulico entre o manancial superficial e o manancial subterrâneo, induzindo, ainda mais, o fluxo da água do manancial superficial pelo meio poroso até o poço de produção. Nessa passagem da água pelos sedimentos do solo, ocorrem diversos processos físicos, químicos e biológicos responsáveis pela atenuação de poluentes. Como os processos que ocorrem durante a passagem da água pelo solo são naturais, há redução no uso de produtos químicos no tratamento e, consequentemente, os custos da FM são menores quando comparados aos métodos tradicionais. Por esses benefícios, essa técnica já vem sendo utilizada para abastecimento público em diversas regiões, inclusive semiáridas, em todo o mundo (Carvalho Filho et al., 2021).

Nesse contexto, este trabalho objetiva apresentar a aplicação de um sistema piloto de FM no semiárido do estado de Pernambuco, analisando o comportamento hidráulico através da caracterização hidráulica e sua eficiência na produção de água de melhor qualidade através da realização de análises qualitativas tanto das águas do manancial superficial como do poço de produção para fins comparativos. Avaliando também se a água advinda do poço de produção se enquadra dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo PC5-Anexo XX, alterado pela portaria GM/MS no 888/21 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021).

METODOLOGIA

O sistema piloto de FM foi instalado, em dezembro de 2024, às margens do rio São Francisco (reservatório de Itaparica), na Estação Elevatória da Companhia Pernambucana de Saneamento (EE - COMPESA), no município de Petrolândia-PE. O local possui infraestrutura e instalação hidráulica necessários, facilitando uma possível distribuição da

¹) Universidade Federal de Pernambuco - Campus Acadêmico do Agreste, (81) 9 95741173, adson.carvalho@ufpe.br.

²) Universidade Federal de Pernambuco, raquel.ferreiran@ufpe.br.

³) Universidade Federal de Pernambuco, fabricio.eduardo@ufpe.br.

⁴) Universidade Federal de Pernambuco, gabriella.batista@ufpe.br.

⁵) Universidade Federal de Pernambuco, otavio.tenorio@ufpe.br.

⁶) Universidade Federal de Pernambuco, anderson.paiva@ufpe.br.

água resultante da FM, além de haver um espaço e segurança de propriedade da companhia no entorno desse ponto que pode ser utilizado para a instalação do poço.

O sistema piloto implantado é composto por três poços: um poço de produção da FM (PB-01) e dois piezômetros (P-01 e P-02), (Tabela 1). Essa configuração permitiu não apenas a operação do sistema, mas também o monitoramento do comportamento hidráulico do aquífero e da qualidade da água ao longo do processo.

Identificação	Tipo de poço	Distância do rio (m)	Profundidade (m)
PB-01	Poço de bombeamento	88	34
P-01	Poço de observação	27	25
P-02	Poço de observação	61	10

Tabela 1 – Características construtivas dos poços de bombeamento e dos piezômetros.

Avaliação do sistema de Filtração em Margem e seu comportamento hidráulico

Foram realizados testes de bombeamento e caracterização hidráulica através de ensaios de aquífero (72 h). Para a determinação dos parâmetros hidrogeológicos, aplicou-se o método de Theis (1935), que analisa o rebaixamento do nível da água ao longo do tempo em resposta ao bombeamento. Adicionalmente, a etapa de análise no poço de bombeamento também foi considerada, a fim de corroborar os parâmetros obtidos a partir do método de Jacob (1940) (transmissividade e condutividade hidráulica) e assegurar a consistência dos dados. Também foram realizados testes de infiltração, seguindo a metodologia descrita por Reynolds e Elrick (2002) e slug/bail-down testes que permitiram determinar condutividade hidráulica localmente. Além de monitoramento do nível freático com sensores automáticos e instalação de estação pluviométrica.

Avaliação da eficiência do sistema piloto de Filtração em Margem na produção de água de melhor qualidade

As análises de qualidade de água foram realizadas em parceria com SGCQ (Sistema de Gestão de Controle de Qualidade), laboratório da COMPESA e também em parceria com a CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco, onde estão sendo avaliados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Também foram instalados sensores de monitoramento qualitativo automáticos nos poços para o monitoramento dos parâmetros de condutividade elétrica e temperatura. As análises seguem metodologias descritas *Standard Methods* (APHA, 2017).

Os resultados foram relacionados com a portaria vigente que atualmente são determinados por padrões expostos no anexo XX portaria GM/MS no 888/21 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021) que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESULTADOS

Avaliação do sistema de Filtração em Margem e seu comportamento hidráulico

Os resultados obtidos no teste de infiltração evidenciaram variação da taxa entre os pontos avaliados, onde os valores mais elevados foram observados no leito do rio ($8,00 \times 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$), associados a sedimentos mais permeáveis e maior conectividade hidráulica superficial, indicando boa interação entre o rio-aquífero no local.

Diante dos resultados obtidos no teste de aquífero, sendo $5,57 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ a condutividade hidráulica no poço de observação, e $1,00 \times 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$ no poço de bombeamento, pode-se concluir que a região apresenta condições hidrogeológicas favoráveis à implementação da FM.

Já os valores de K encontrados no *slug test* (P-01: $1,10 \times 10^{-5}$; P-02 = $4,18 \times 10^{-5}$) são inferiores aos observados no teste de bombeamento, indicando condutividades na ordem de 10^{-3} m/s . Essa divergência pode ser explicada devido ao fato do *slug tests* representar a permeabilidade imediata ao redor do poço (centímetros a poucos metros), enquanto os testes de bombeamento mobilizam um volume muito maior do aquífero, refletindo condições médias regionais da área.

A dinâmica do nível piezométrico durante o bombeamento, especialmente no poço de observação P-01, e a rápida estabilização observada em alguns pontos sugerem a possibilidade de fluxo induzido entre o corpo superficial e o aquífero. No entanto, para a confirmação definitiva dessa interação, vem sendo realizado o monitoramento contínuo dos níveis do poço P-01 e do PB-01, através de sensores de níveis automáticos instalados nos mesmos. Tem-se observado uma dinâmica congruente entre os níveis dinâmicos dos poços observados. Quando houve a necessidade de desligamento do PB-01, principalmente com tempos maiores de desligamento, o P-01 acompanhou a recuperação do nível freático, evidenciando a conexão hidráulica entre eles.

Avaliação da eficiência do sistema piloto de Filtração em Margem na produção de água de melhor qualidade

Observou-se a eficiência do sistema piloto de FM para a produção de água de melhor qualidade, principalmente nas análises bacteriológicas onde houve a presença de *E. Coli* na água do manancial superficial e já para o poço de observação, não foi detectada a presença da bactéria em nenhuma das campanhas, estando de acordo com a portaria vigente para potabilidade de água. Além disso, todos os parâmetros físico-químicos avaliados para o poço de produção também estavam dentro do exigido pela portaria (Tabela 2).

Tabela 2 – Concentração dos parâmetros físico-químicos do poço de produção comparados com os valores máximos permitidos (VMP) pela portaria vigente realizados pela CPRH (mês de setembro)

Parâmetro	Unidade	Rio	PB-01	VMP
Clorofila a	µg/L	0,52	ND	-
pH	-	7,37	5,26	6,0 - 9,5
Turbidez	NTU	0,43	0,11	≤ 5,0
Condutividade Elétrica a 20°C	µS/cm	116,9	771	-
Salinidade	-	0,1	0,4	-
Nitrito	mg/L	<0.05	<0.05	1
Nitrato	mg/L	<0.08	0,841	10
Alcalinidade Total	mg/L	39,66	<9.0	-
Cloretos	mg/L	12,32	207,98	250
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	69,7	597,9	-

Para resultado das análises de condutividade elétrica obtidas a partir do monitoramento por sensores automáticos, foi observado o enriquecimento da água entre o P-01 (poço próximo ao rio) e o poço de produção (PB-01), que apresentou os maiores valores médios encontrados (Tabela 3).

Tabela 3 – Monitoramento da condutividade elétrica e temperatura dos poços (n = 1941).

Dados	PB-01		P-01		P-02	
	C.E. $\mu\text{S/cm}$	T $^{\circ}\text{C}$	C.E. $\mu\text{S/cm}$	T $^{\circ}\text{C}$	C.E. $\mu\text{S/cm}$	T $^{\circ}\text{C}$
Média	924,23	31,53	666,63	Média	924,23	31,53
Máx	993,5	31,84	817,8	Máx	993,5	31,84
Mín	317,3	30,79	239	Mín	317,3	30,79

CONCLUSÕES

A construção da estrutura física do sistema ocorreu de forma bem-sucedida, com a implantação de poços de bombeamento e observação possibilitando avaliar o comportamento hidráulico e estabelecer condições para um monitoramento contínuo. Os testes realizados até o momento obtiveram resultados promissores para a comprovação da conexão rio-aquífero. As análises de qualidade de água também mostram resultados promissores em relação à eficiência da técnica na produção de água de melhor qualidade, sobretudo na eliminação de E. Coli e na manutenção dos demais parâmetros dentro do exigido pela legislação, reforçando o potencial da FM para a segurança hídrica e sanitária.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do projeto de pesquisa e apoio com bolsas de estudo e a COMPESA e CPRH pelo apoio nas análises de qualidade de água.

REFERÊNCIAS

- APHA - Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Washington, DC, USA, n 23, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria no 888, de 04 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 maio de 2021. p. 127, 2021.
- CARVALHO FILHO, J. A. A.; CRUZ, H. M.; FERNANDES, B. S.; MOTTERAN, F.; PAIVA, A. L. R.; CABRAL, J. J. D. S. P. Efficiency of the bank filtration technique for diclofenac removal: A review. *Environmental Pollution*, v. 300, p. 118916, 2022.
- JACOB, C. E. On the flow of water in an elastic artesian aquifer. *Transactions of the American Geophysical Union*, v. 21, n. 2, p. 574–586, 1940.
- REYNOLDS, W.D.; ELRICK, D.E. Infiltration. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C. (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 4 – Physical Methods*. Madison: SSSA, 2002. p. 3–31.

THEIS, C. V. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. American Geophysical Union Transactions, 16th Annual Meeting, 1952.