

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

APLICABILIDADE DA FILTRAÇÃO EM MARGEM EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM PETROLÂNDIA–PE

Raquel Ferreira do Nascimento¹; Fabricio Eduardo Silva de Lima¹; Ana Gabriella dos Santos Batista de Menezes¹; José Adson Andrade de Carvalho Filho¹; Leidjane Maria Maciel de Oliveira¹; Sylvana Melo dos Santos¹; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva¹ & Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral^{1,2}

Abstract: Bank Filtration (BF) is a water treatment technique that uses the natural flow of surface water through soil sediments toward an abstraction well, promoting the removal of impurities through physical, chemical, and biological processes. This study evaluated the potential application of BF in the municipality of Petrolândia, Pernambuco, located in the Brazilian semi-arid region, by analyzing water quality at two strategic points: one associated with surface water intake and the other with groundwater. Monthly sampling was conducted throughout 2023, assessing four physicochemical parameters: dissolved oxygen, temperature, pH, and electrical conductivity. The results showed high levels of dissolved oxygen, favorable to BF, and consistently elevated temperatures, which may enhance beneficial biological processes for the technique. However, groundwater exhibited significantly higher electrical conductivity than surface water, indicating a possible accumulation of salts in the aquifer, which may affect the quality of the filtered water. The pH varied between the points, with lower values in groundwater, suggesting the influence of sediment composition. Therefore, despite challenges related to salinity and acidity, the conditions observed in Petrolândia suggest that the implementation of BF is viable, provided that monitoring and control measures are adopted to ensure the quality of the treated water.

Resumo: A Filtração em Margem (FM) é uma técnica de tratamento de água que utiliza o escoamento natural da água superficial por sedimentos do solo até um poço de captação, promovendo a remoção de impurezas por processos físicos, químicos e biológicos. Este trabalho avaliou o potencial de aplicação da FM no município de Petrolândia–PE, localizado no semiárido pernambucano, por meio da análise da qualidade da água em dois pontos estratégicos: um relacionado à captação de água superficial e outro à água subterrânea. As coletas foram realizadas mensalmente ao longo de 2023, avaliando-se quatro parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade elétrica. Os resultados mostraram que o oxigênio dissolvido apresentou valores elevados, favoráveis à FM, e as temperaturas se mantiveram altas, o que pode intensificar processos biológicos benéficos para a técnica. No entanto, observou-se que a condutividade elétrica da água subterrânea é superior à da água superficial, indicando possível acúmulo de sais no aquífero, o que pode comprometer a qualidade da água filtrada. O pH apresentou variação entre os pontos, com valores mais baixos na água subterrânea, sugerindo influência da composição dos sedimentos. Assim, conclui-se que, apesar dos desafios relacionados à salinidade e à acidez, as condições observadas em

1) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE, CEP 50670-901. E-mail: anderson.paiva@ufpe.br

2) Universidade de Pernambuco (UPE), Rua Arnóbio Marques, 310 – Santo Amaro, Recife – PE, CEP 50100-130. E-mail: jaime.cabral@ufpe.br

Petrolândia indicam viabilidade para a implantação da FM, desde que sejam adotadas medidas de controle e monitoramento para garantir a qualidade da água produzida.

Palavras-Chave – Águas subterrâneas; Sustentabilidade hídrica; Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

A Filtração em Margem (FM) é uma técnica de tratamento de água que consiste na instalação de poços próximos a corpos hídricos superficiais, de modo a induzir o escoamento da água através dos sedimentos do solo até o poço de captação (Hiscock e Grischek, 2002). Durante esse percurso subterrâneo, ocorrem processos naturais como sorção, troca iônica e biodegradação, que contribuem para a remoção de sólidos em suspensão, matéria orgânica e microrganismos patogênicos (Noh *et al.*, 2022). Por utilizar os próprios materiais do meio físico para promover a filtração, a FM é considerada uma alternativa de baixo custo e elevada eficiência para o abastecimento de água potável.

Apesar de ser uma técnica promissora, a eficiência da FM depende fortemente das características hidrogeológicas do local de implantação. A composição dos sedimentos, a condutividade hidráulica do solo, a qualidade da água de origem e a posição do poço em relação ao corpo d'água são fatores decisivos para o desempenho do sistema (Hoang *et al.*, 2022; Kondor *et al.*, 2024). Além disso, parâmetros como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica influenciam diretamente os processos físicos, químicos e biológicos envolvidos na atenuação dos contaminantes.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água superficial e subterrânea no município de Petrolândia-PE, com vistas à aplicação da FM como alternativa complementar de abastecimento. A partir da análise de parâmetros físico-químicos, buscou-se identificar potenciais limitações e vantagens da técnica na realidade do semiárido pernambucano, contribuindo para futuras estratégias de uso sustentável dos recursos hídricos na região.

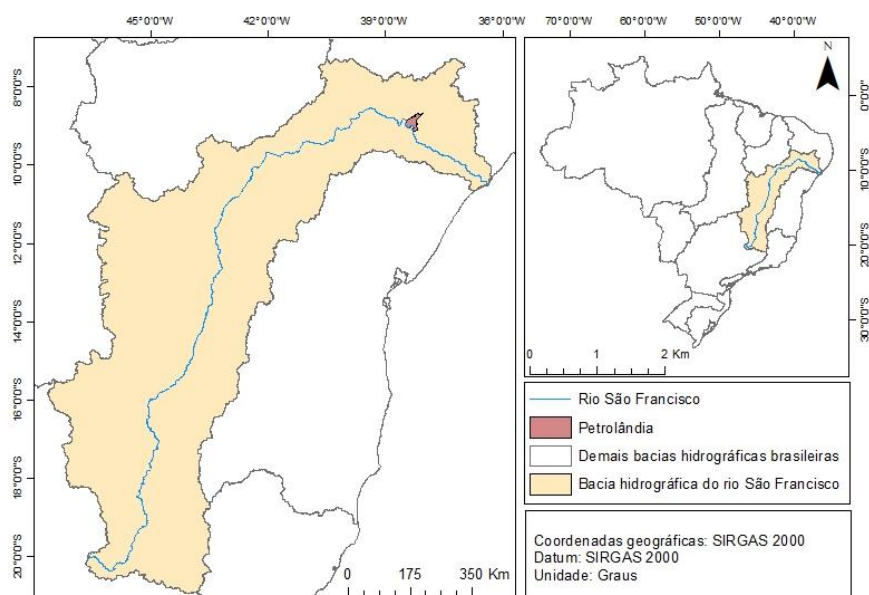
METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Petrolândia, localizado no estado de Pernambuco, na região geográfica intermediária e imediata de Serra Talhada (IBGE, 2017). Segundo dados do IBGE (2022), o município possui uma área de 1.056,589 km² e população de 34.161 habitantes, com densidade demográfica de 32,33 hab/km². O clima predominante é do tipo BSh, típico de regiões semiáridas, com chuvas concentradas entre janeiro e março, precipitação média anual inferior a 760 mm e temperaturas médias superiores a 22 °C.

A cidade foi selecionada como área potencial para a implantação da FM pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em parceria com a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), em função de sua inserção na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e da demanda por alternativas complementares de abastecimento. A Figura 1 apresenta a localização do município dentro da bacia.

Figura 1 – Localização de Petrolândia - PE na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.



Avaliação da qualidade de água

Em 2023, avaliou-se a qualidade das águas superficial e subterrânea em dois pontos estratégicos de Petrolândia-PE (Tabela 1). O primeiro ponto (P1), situado na área de captação da água superficial da COMPESA, no reservatório de Itaparica, sendo este o ponto preferencial para a instalação do poço da FM, devido à disponibilidade de espaço na estação elevatória e à possibilidade de aproveitar a infraestrutura hidráulica existente. Segundo a FADURPE (2020), o reservatório de Itaparica é classificado como Classe 2, conforme os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. De acordo com essa classificação, as águas do reservatório podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, desde que submetidas a tratamento convencional; à proteção da vida aquática; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas consumidas cruas; bem como à dessedentação de animais e à pesca amadora e profissional (BRASIL, 2005). O segundo ponto (P2), um poço situado no matadouro público do município, foi escolhido para analisar a qualidade da água subterrânea e identificar possíveis parâmetros críticos no uso da FM.

Tabela 1 – Características dos pontos de coleta de água em Petrolândia - PE.

Ponto	Tipo de fonte	Localização	Coordenadas geográficas	
			Latitude	Longitude
P1	Água superficial	ETA*	8°59'6.77"S	38°13'51.46"O
P2	Água subterrânea	Matadouro	°58'49.36"S	38°13'42.75"O

*Estação de tratamento de água.

Entre janeiro e dezembro de 2023, exceto em agosto, foram realizadas coletas mensais para análise físico-química da água. Durante as visitas de campo, utilizaram-se sondas multiparamétricas ASKO AK88 para medir quatro parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica (CE) e pH.

RESULTADOS

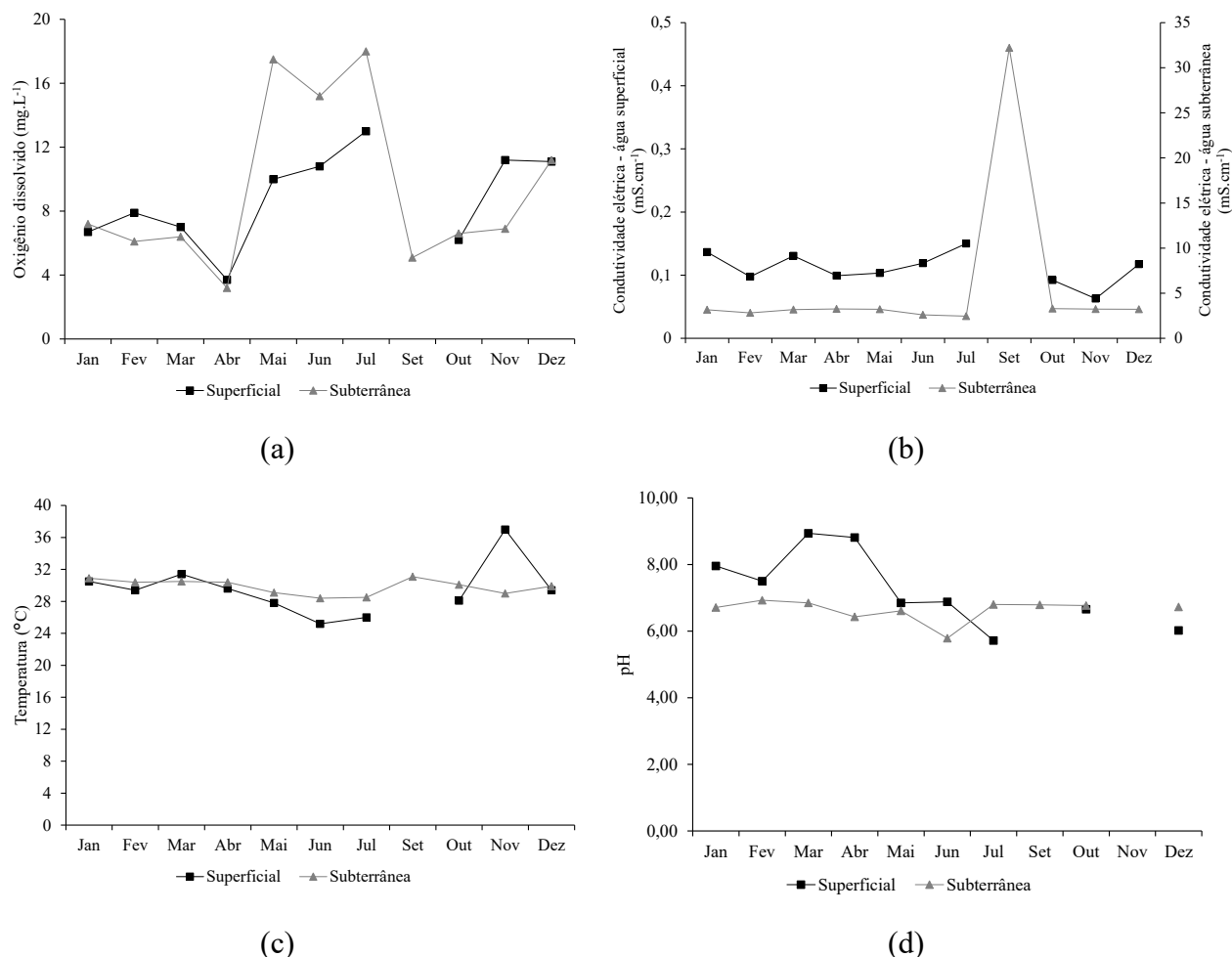
O OD foi analisado nos dois pontos amostrados em Petrolândia, apresentando, de forma geral, concentrações superiores a 6 mg.L^{-1} (Figura 1a). Esse parâmetro é essencial para o sucesso da FM, pois baixos níveis de OD favorecem condições redutoras, que elevam as concentrações de metais como manganês, ferro, amônio e arsênio no aquífero (Hoang *et al.*, 2022). Em simulações laboratoriais da FM, observou-se uma redução de 50% a 66% no OD inicial, em torno de 6 mg.L^{-1} , causada pela atividade bacteriana (Zhao *et al.*, 2025). Nesse sentido, os valores elevados registrados nos pontos de Petrolândia indicam boas condições para minimizar esses efeitos e favorecem a aplicação da FM. As concentrações de OD observadas na água superficial estava dentro dos padrões exigidos ($\geq 5 \text{ mg.L}^{-1}$) pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2 (BRASIL, 2005).

Para a CE, a água superficial apresentou valores inferiores a $0,5 \text{ mS.cm}^{-1}$, enquanto a água subterrânea registrou condutividades superiores a 31 mS.cm^{-1} (Figura 1b). Esse contraste é comum em regiões semiáridas, onde a baixa disponibilidade hídrica e a ausência de drenagem natural favorecem o acúmulo de sais no solo e nos aquíferos, intensificando o risco de salinização (Silva e Lima, 2023). Além disso, durante a FM, a água pode incorporar compostos dissolvidos ao atravessar os sedimentos, elevando parâmetros como alcalinidade e CE (Thakur *et al.*, 2012). Dessa forma, a elevada CE observada na água subterrânea sinaliza um possível obstáculo à FM em Petrolândia, exigindo medidas preventivas para evitar a intensificação da salinização e assegurar o desempenho do sistema.

Já as temperaturas da água em Petrolândia permaneceram, em geral, acima de 28°C , o que é compatível com as condições climáticas semiáridas da região (Figura 1c). Esse parâmetro influencia diretamente a FM, já que o calor reduz a solubilidade do oxigênio e favorece reações biológicas que intensificam processos redutores, promovendo a liberação de ferro e manganês (Gross-Wittke *et al.*, 2010). Por outro lado, temperaturas elevadas aumentam a atividade microbiana, favorecendo a remoção de compostos hidrofílicos, farmacêuticos e microorganismos, como a *E. coli* (Abdelrady *et al.*, 2019; Ren *et al.*, 2019; Nosek e Zhao, 2024).

Além desses parâmetros, o pH interfere em diversos processos que ocorrem durante a FM, como troca iônica, sorção e biodegradação, ao influenciar a solubilidade dos compostos e a atividade microbiana (Carvalho Filho *et al.*, 2022). Em Petrolândia, observou-se que a água subterrânea apresentou valores de pH mais baixos em comparação à superficial (Figura 1d), o que pode estar associado à dissolução de sais presentes no solo, como NaCl e CaSO_4 , elevando a concentração de íons e reduzindo o pH (Abbasi-Moghadam *et al.*, 2021). Durante a FM, o pH pode diminuir levemente devido à degradação da matéria orgânica nos sedimentos (Abbasi-Moghadam *et al.*, 2021; Rajendiran e Parimalarenganayaki, 2023), embora em alguns casos ele se mantenha estável (Rao *et al.*, 2020). A concentração do mês de maio para a água superficial estava abaixo da faixa limite (pH: 6,0 a 9,0) permitido pela Resolução CONAMA para rios classe 2 (BRASIL, 2005). Assim, caso a água advinda da FM também fique abaixo de 6,0, é recomendada a correção da alcalinidade para atender aos padrões de potabilidade da água (Brasil, 2021).

Figura 2 – Qualidade das águas superficiais e subterrâneas em Petrolândia. (a) Oxigênio dissolvido; (b) Condutividade elétrica; (c) Temperatura; (d) pH.



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que Petrolândia apresenta condições favoráveis para a aplicação da Filtração em Margem, especialmente devido aos altos níveis de oxigênio dissolvido e às temperaturas elevadas, que favorecem a atividade microbiana e a remoção de contaminantes. No entanto, a elevada condutividade elétrica e a acidez da água subterrânea exigem atenção, pois podem comprometer a qualidade final da água. Assim, com relação à qualidade da água, o uso da FM no município é promissor, desde que haja monitoramento contínuo e adoção de medidas complementares para mitigar os efeitos da salinização e do pH mais baixo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento e concessão de bolsas, e à Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) pelo apoio prestado durante a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

- ABBASI-MOGHADAM, H.R.; MAHMOODLU, M.G.; JANDAGHI, N.; HESHMATPOUR, A.; SEYED, M. (2021). “River bank filtration for sustainable water supply on Gorganroud River, Iran”. *Environmental Earth Sciences*, 80(1), p. 21.
- ABDELRAHY, A.; SHARMA, S.; SEFELNASR, A.; ABOGBAL, A.; KENNEDY, M. (2019). “Investigating the impact of temperature and organic matter on the removal of selected organic micropollutants during bank filtration: a batch study”. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1), p. 102904.
- BRASIL. (2021). Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Ministério da Saúde.
- BRASIL. (2005). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 053, p. 58-63, 18 mar. 2005
- CARVALHO FILHO, J.A.A.; CRUZ, H.M.; FERNANDES, B.S.; MOTTERAN, F.; PAIVA, A.L.R.; CABRAL, J.J.S.P. (2022). “Efficiency of the bank filtration technique for diclofenac removal: a review”. *Environmental Pollution*, 300, p. 118916.
- FADURPE – Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional. Relatório Mensal de Monitoramento da Qualidade da Água – Janeiro de 2020. Recife: FADURPE, jan. 2020. Fórum: Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco (CHESF), Programa de Monitoramento do Rio São Francisco, subprograma Qualidade da Água – Módulo A, 6.º relatório mensal.
- GROSS-WITTKE, A.; GUNKEL, G.; HOFFMANN, A. (2010). “Temperature effects on bank filtration: redox conditions and physical-chemical parameters of pore water at Lake Tegel, Berlin, Germany”. *Journal of Water and Climate Change*, 1(1), pp. 55–66.
- HISCOCK, K.M.; GRISCHEK, T. (2002). “Attenuation of groundwater pollution by bank filtration”. *Journal of Hydrology*, 3(4), pp. 139–144.
- HOANG, N.A.T.; COVATTI, G.; GRISCHEK, T. (2022). “Methodology for evaluation of potential sites for large-scale riverbank filtration”. *Hydrogeology Journal*, 30(6), pp. 1701–1716.
- IBGE. (2017). Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias. Rio de Janeiro.
- IBGE. (2022). Censo demográfico brasileiro de 2022. Rio de Janeiro.
- KONDOR, A.C.; VANCSEK, A.V.; BAUER, L.; SZABÓ, L.; SZALAI, Z.; JAKAB, G.; MAÁSZ, G.; PEDROSA, M.; SAMPAIO, M.J.; RIBEIRO, A.R.L. (2024). “Efficiency of the bank filtration for removing organic priority substances and contaminants of emerging concern: a critical review”. *Environmental Pollution*, 340, p. 122795.
- NOH, J.-H.; SO, S.-H.; PARK, J.-W.; KIM, S.-Y.; SONG, K.-G.; CHOI, J.; KIM, G.-B.; SON, H.; KIM, H.; MAENG, S.-K. (2022). “An assessment of the effectiveness of riverbank filtration in a sewage plant effluent-impacted river using a full-scale horizontal well”. *Water*, 14(12), p. 1873.
- NOSEK, K.; ZHAO, D. (2024). “Transformation products of diclofenac: formation, occurrence, and toxicity implication in the aquatic environment”. *Water Research*, 266, p. 122388.
- RAJENDIRAN, A.; PARIMALARENGANAYAKI, S. (2023). “Assessing the efficacy of river bank filtration around a check dam in a non-perennial river for rural water supply in southern India”. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7), pp. 1–18.

RAO, Y.R.S.; VIJAY, T.; PRASAD, Y.S.; SINGH, S. (2020). “Development of River Bank Filtration (RBF) well in saline coastal aquifer”. *Journal of Water Process Engineering*, 37, p. 101478.

REN, W.; SU, X.; ZHANG, X.; CHEN, Y.; SHI, Y. (2019). “Influence of hydraulic gradient and temperature on the migration of *E. coli* in saturated porous media during bank filtration: a case study at the Second Songhua River, Songyuan, Northeastern China”. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(7), pp. 1977–1990.

SILVA, T.R.; LIMA, M.M.C. (2023). “Water quality assessment and hydrogeochemistry of a sedimentary basin in a semi-arid area under increasing exploitation: insights from multivariate statistical analyses, GIS, and modeling”. *Applied Geochemistry*, 150, p. 105593.

THAKUR, A.K.; SINGH, V.P.; OJHA, C.S.P. (2012). “Evaluation of a probabilistic approach to simulation of alkalinity and electrical conductivity at a river bank filtration site”. *Hydrological Processes*, 26(22), pp. 3362–3368.

ZHAO, J.; HUANG, Y.; HU, S.; CHEN, Z.; CHEN, B.; QI, W.; WANG, L.; LIU, H. (2025). “Impact of adaptation time on lincomycin removal in riverbank filtration: a long-term sand column study”. *Journal of Hazardous Materials*, 486, p. 136950.