DINÂMICA HIDROGEOLÓGICA DE ALUVIÃO EM RIO INTERMITENTE DO SEMIÁRIDO: ESTUDO NO RIO CAPIBARIBE (PE)

Thamires Carolayne Cavalcanti Moura [1]; Ana Gabriella dos Santos Batista de Menezes[2]; João Lucas Alves Callou de Sá[3]; Thaise de Souza Santos [4]; Mario Júnior de Araújo [5]; José Adson Andrade de Carvalho Filho[6]; Sylvana Melo dos Santos[7]; Leidjane Maria Maciel de Oliveira[8]; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva[9]

RESUMO – Os aquíferos aluviais associados a rios intermitentes desempenham importante papel no armazenamento hídrico em regiões semiáridas, contribuindo para a manutenção da disponibilidade de água subterrânea durante períodos de estiagem. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica temporal do nível freático em um trecho aluvial do Rio Capibaribe, localizado no município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco. O monitoramento do freático foi realizado por meio de sensores automáticos instalados em dois poços de observação (P1 e P2), com registros contínuos entre dezembro de 2025 e maio de 2026. Os dados obtidos passaram por etapas de tratamento, validação e análise estatística descritiva. Os resultados evidenciaram comportamento hidráulico semelhante entre os poços monitorados, indicando elevada conectividade hidráulica no aquífero aluvial. Durante o período seco, observou-se rebaixamento gradual do nível freático, enquanto em março de 2026 ocorreu elevação abrupta dos níveis d'água em resposta a eventos de recarga hídrica. O poço P1 apresentou maior variabilidade temporal e maior sensibilidade às oscilações hidrológicas, enquanto o poço P2 demonstrou maior estabilidade hidráulica. Os resultados reforçam a importância dos depósitos aluviais como reservatórios estratégicos em regiões semiáridas e destacam o monitoramento contínuo como ferramenta fundamental para compreensão da dinâmica hidrogeológica e apoio à gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

ABSTRACT– Alluvial aquifers associated with intermittent rivers play an important role in water storage in semi-arid regions, contributing to the maintenance of groundwater availability during drought periods. In this context, the present study aimed to analyze the temporal dynamics of the groundwater table in an alluvial stretch of the Capibaribe River, located in the municipality of Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco, Brazil. Water table level monitoring was carried out using automatic sensors installed in two observation wells (P1 and P2), with continuous records between December 2025 and May 2026. The obtained data underwent treatment, validation, and descriptive statistical analysis procedures. The results showed similar hydraulic behavior between the monitored wells, indicating high hydraulic connectivity within the alluvial aquifer. During the dry period, a gradual decline in the groundwater table was observed, while in March 2026 there was an abrupt

[1]) Doutoranda do PPGEC/UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, S/N - Cidade Universitária, Recife, PE, CEP: 50740-550, thamires.cavalcanti@ufpe.br
[2]) Pós Doutoranda do PPGEC/UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, S/N - Cidade Universitária, Recife, PE, CEP: 50740-550, gabriella.batista@ufpe.br
[3]) Mestrando do PPGEC/UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, S/N - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-420, joao.callou@ufpe.br
[4]) Doutoranda do PPGEC/UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, S/N - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-420, thaise.santos@ufpe.br
[5]) Mestrando do PPGECAM/UFPFE, Rodovia BR-104, Km 59, Bairro Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55014-900, mario.junior@ufpe.br
[6]) Pós Doutorando do PPGECAM/UFPFE, Rodovia BR-104, Km 59, Bairro Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55014-900, adson.carvalho@ufpe.br
[7]) Professora Titular do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental DECIV/PPGEC/UFPE, Recife-PE, Brasil, sylvana.santos@ufpe.br
[8]) Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental DECIV/PPGEC/UFPE, Recife-PE, Brasil, leidjane.oliveira@ufpe.br
[9]) Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental DECIV/PPGEC/UFPE, Recife-PE, Brasil, anderson.paiva@ufpe.br

increase in water levels in response to recharge events. Well P1 showed greater temporal variability and higher sensitivity to hydrological fluctuations, whereas well P2 demonstrated greater hydraulic stability. The results reinforce the importance of alluvial deposits as strategic water reservoirs in semi-arid regions and highlight continuous monitoring as a fundamental tool for understanding hydrogeological dynamics and supporting the sustainable management of groundwater resources.

Palavras-Chave – Nível freático. Recarga de aluvião. Hidrogeologia.

1 - INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica constitui um dos principais desafios ambientais e socioeconômicos das regiões semiáridas, especialmente em áreas caracterizadas por elevada irregularidade pluviométrica, altas taxas de evapotranspiração e longos períodos de estiagem. No semiárido brasileiro, a limitação dos recursos hídricos superficiais intensifica a dependência das reservas subterrâneas como alternativa para abastecimento humano, dessedentação animal e atividades produtivas (Caetano *et al*., 2020; Magalhães, 2021).

Nesse contexto, os aquíferos aluviais associados a rios intermitentes desempenham papel estratégico no armazenamento e na manutenção da disponibilidade hídrica subterrânea. Esses depósitos sedimentares apresentam elevada capacidade de infiltração e rápida resposta aos eventos de recarga, funcionando como importantes reservatórios naturais em regiões sujeitas à variabilidade climática. Mesmo durante períodos sem escoamento superficial contínuo, as aluviões podem manter armazenamento subterrâneo significativo, contribuindo para a segurança hídrica local (Monteiro *et al*., 2014; Braga et al., 2016; Caetano et al., 2020; Bezerra et al., 2024).

A dinâmica do nível freático em aquíferos aluviais está diretamente relacionada às condições hidrológicas, aos eventos de precipitação, às características granulométricas dos sedimentos e à conectividade hidráulica do sistema subterrâneo (Montenegro et al., 2001; Montenegro et al., 2006; Braga et al., 2016). Dessa forma, o monitoramento contínuo do nível d'água subterrânea torna-se fundamental para compreensão do comportamento hidrogeológico desses ambientes, permitindo identificar períodos de recarga, recessão hidráulica e variações sazonais do armazenamento subterrâneo (Andrade *et al*., 2014; Fontes, 2020).

Apesar da relevância dos aquíferos aluviais para o semiárido nordestino, ainda são limitados os estudos que avaliam de forma contínua a dinâmica temporal do nível freático em rios intermitentes da região (Dos Santo et al., 2020). Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo analisar o comportamento temporal do nível freático em um trecho aluvial do Rio Capibaribe, localizado no município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco, a partir do monitoramento contínuo realizado em poços de observação instalados na aluvião.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

A área de estudo está localizada no trecho intermitente do Rio Capibaribe, no município de Santa Cruz do Capibaribe, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, no estado de Pernambuco.

A região apresenta clima semiárido, caracterizado por elevada irregularidade pluviométrica, altas taxas de evapotranspiração e predominância de longos períodos de estiagem. O trecho monitorado corresponde a um depósito sedimentar aluvial associado ao leito do rio, composto predominantemente por materiais arenosos e silto-arenosos, favorecendo a infiltração e o armazenamento subterrâneo de água (Caetano et al., 2020; Bezerra et al., 2024).

O regime hidrológico local é intermitente, com ocorrência de escoamento superficial predominantemente durante períodos chuvosos. Dessa forma, o armazenamento subterrâneo na aluvião representa importante reserva hídrica para manutenção da disponibilidade de água na região.

A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo, bem como a distribuição espacial dos poços de observação instalados na aluvião monitorado.

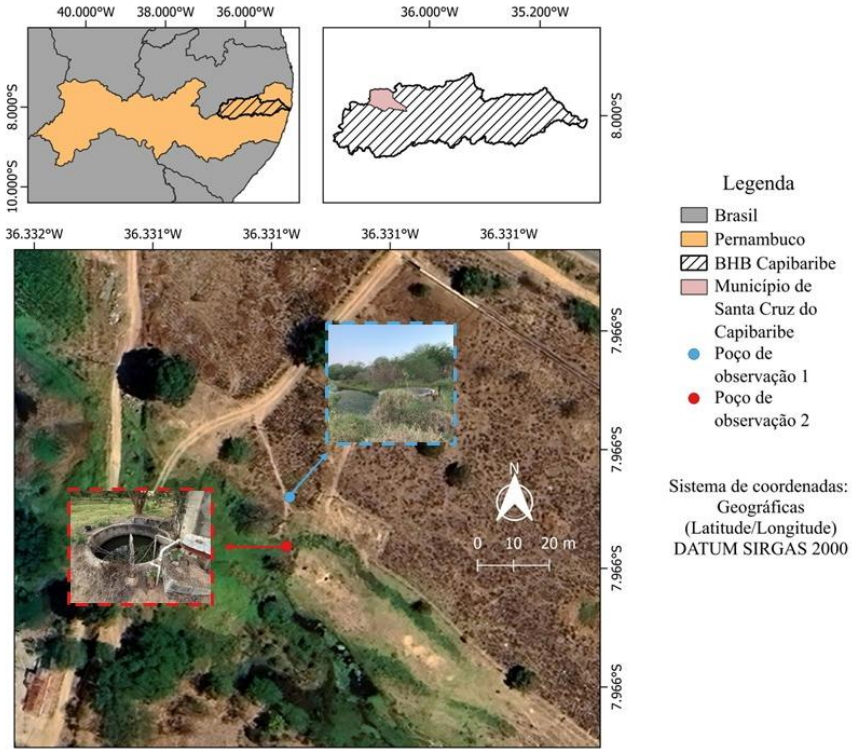


Figura 1 – Localização da área de estudo e disposição dos poços de monitoramento no trecho intermitente do Rio Capibaribe, em Santa Cruz do Capibaribe – PE

2.2 - Monitoramento hidrogeológico

O monitoramento do nível freático foi realizado por meio de sensores automáticos instalados em dois poços de observação localizados na aluvião do trecho intermitente do Rio Capibaribe, denominados P1 e P2.

Os equipamentos foram configurados para registrar continuamente as variações do nível d'água subterrânea em intervalos regulares, gerando séries temporais armazenadas em arquivos digitais no formato .dat. As leituras realizadas pelos sensores incluem: data, horário do registro, profundidade no nível da água e informações operacionais dos equipamentos.

O período monitorado compreendeu registros contínuos entre os meses de dezembro de 2025 e maio de 2026, possibilitando a avaliação temporal da dinâmica hidráulica do aquífero aluvial.

2.3 - Tratamento e validação dos dados

Inicialmente, os dados brutos provenientes dos sensores automáticos foram organizados em planilhas eletrônicas visando padronização temporal das séries históricas. Os dados foram tratados a partir da remoção de registros duplicados e exclusão das leituras inválidas.

Posteriormente, foi realizada análise exploratória das séries temporais visando identificação de valores discrepantes (outliers).

A detecção de outliers foi realizada utilizando o método do intervalo interquartil (IQR). Os registros classificados como inconsistentes foram removidos da análise estatística e hidrogeológica.

Além disso, valores associados a erros operacionais do equipamento foram descartados após inspeção técnica das séries temporais, garantindo maior confiabilidade aos resultados obtidos.

2.4 - Análise estatística descritiva

Após o tratamento dos dados, foram aplicadas análises estatísticas descritivas visando caracterizar o comportamento temporal do nível freático nos poços monitorados.

Os parâmetros calculados incluíram: média aritmética, mediana, valor mínimo, valor máximo, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação.

2.5 - Análise temporal do nível freático

A dinâmica temporal do aquífero aluvial foi avaliada por meio da construção de séries históricas contendo a variação do nível d'água ao longo do período monitorado.

Foram analisados:

- Períodos de ascensão do nível freático;

- Períodos de recessão hidráulica;
- Amplitude das oscilações temporais;
- Comportamento sazonal do aquífero.

Os resultados foram representados graficamente por meio de séries temporais comparativas entre os poços P1 e P2, permitindo identificar diferenças hidráulicas relacionadas à posição dos poços na aluvião.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Comportamento temporal do nível freático

O monitoramento contínuo realizado nos poços de observação instalados na aluvião do trecho intermitente do Rio Capibaribe permitiu identificar variações temporais significativas no nível freático ao longo do período analisado.

A Figura 2 apresenta a série temporal do nível d'água monitorado nos poços P1 e P2 entre dezembro de 2025 e maio de 2026. Observa-se que ambos os pontos apresentaram comportamento hidráulico semelhante, indicando conectividade hidráulica no aquífero aluvial monitorado.

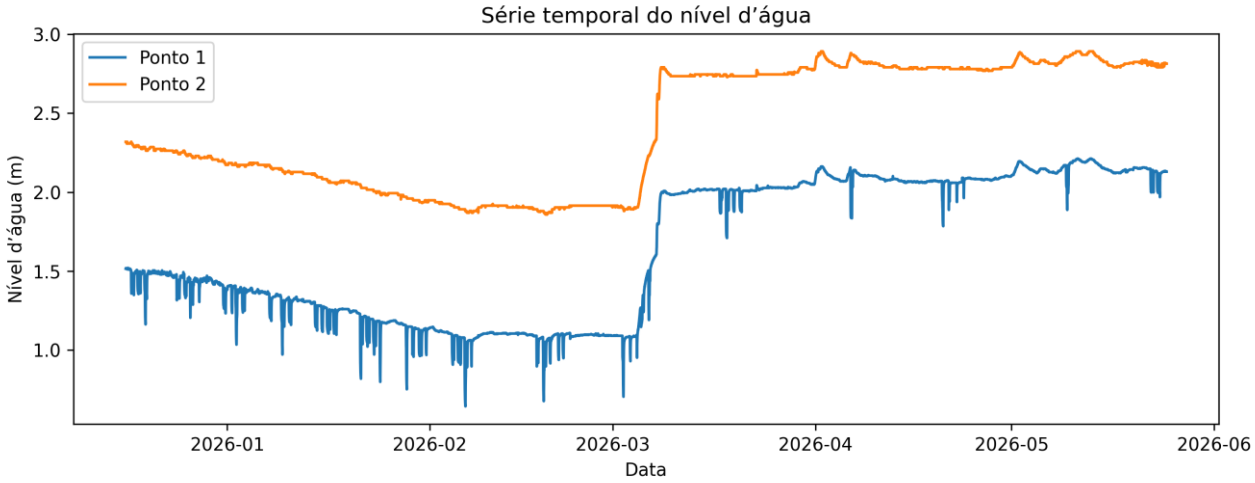


Figura 2 – Série temporal do nível freático monitorado nos poços P1 e P2 instalados na aluvião do trecho intermitente do Rio Capibaribe, entre dezembro de 2025 e maio de 2026

Durante o período compreendido entre dezembro de 2025 e fevereiro de 2026, verificou-se tendência gradual de rebaixamento do nível freático nos dois poços monitorados. Esse comportamento caracteriza um processo de recessão hidráulica associado à ausência de recarga significativa e às condições de estiagem predominantes na região semiárida.

No poço P1, os níveis d'água apresentaram redução aproximada de 1,5 m para valores próximos de 1,0 m. Já no poço P2, a redução ocorreu de aproximadamente 2,3 m para valores próximos de 1,9

m. Essa diminuição progressiva do nível freático evidencia a perda gradual do armazenamento subterrâneo na aluvião ao longo do período seco.

Em março de 2026, observou-se elevação abrupta do nível freático em ambos os poços monitorados, indicando ocorrência de evento de recarga hídrica no sistema aluvial. O poço P1 apresentou aumento rápido para níveis próximos de 2,0 m, enquanto o poço P2 atingiu valores superiores a 2,7 m. Tendência semelhante foi observada por Bezerra et al. (2024), em estudo realizado na mesma área, no qual os autores identificaram respostas rápidas do nível freático após eventos de precipitação neste mesmo mês, evidenciando a elevada sensibilidade hidrodinâmica do aquífero aluvial.

A resposta praticamente simultânea entre os poços sugere elevada conectividade hidráulica no depósito aluvial, indicando rápida transmissão da recarga subterrânea ao longo do sistema sedimentar.

Após o evento de recarga observado em março de 2026, os níveis freáticos permaneceram relativamente estáveis até o final do período monitorado, com pequenas oscilações temporais associadas às condições hidrológicas locais.

O poço P1 apresentou maior variabilidade temporal ao longo de toda a série histórica, incluindo oscilações abruptas e pequenas quedas momentâneas nos registros do sensor. Em contrapartida, o poço P2 demonstrou comportamento mais estável e contínuo, com menores amplitudes de variação relativa.

Esse comportamento sugere diferenças hidráulicas locais na aluvião, possivelmente relacionadas à posição dos poços em relação ao canal fluvial, à heterogeneidade granulométrica dos sedimentos ou às condições locais de armazenamento subterrâneo.

3.2 - Análise estatística descritiva

A análise estatística descritiva permitiu caracterizar quantitativamente o comportamento hidráulico dos poços monitorados.

A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros estatísticos calculados para as séries temporais analisadas.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos níveis freáticos monitorados nos poços P1 e P2

Parâmetro	P1	P2
Registros válidos	15.289	15.290
Média (m)	1,642	2,412
Mediana (m)	1,513	2,297

Mínimo (m)	0,644	1,859
Máximo (m)	2,213	2,892
Amplitude (m)	1,569	1,033
Desvio padrão (m)	0,445	0,388
Coeficiente de variação (%)	27,1	16,1

Os resultados indicaram que o poço P2 apresentou níveis médios superiores aos observados no poço P1, evidenciando maior permanência da saturação no setor monitorado.

Além disso, o poço P1 apresentou maior amplitude de variação e maior coeficiente de variação, indicando comportamento hidráulico mais dinâmico e maior sensibilidade às oscilações hidrológicas.

Por outro lado, o poço P2 apresentou menor variabilidade relativa e comportamento temporal mais estável, sugerindo maior estabilidade hidráulica no sistema aluvial.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento contínuo do nível freático realizado na aluvião do trecho intermitente do Rio Capibaribe permitiu compreender aspectos importantes da dinâmica hidrogeológica em ambientes semiáridos. Os resultados obtidos evidenciaram que os depósitos aluviais desempenham papel estratégico no armazenamento subterrâneo de água, contribuindo para a manutenção da disponibilidade hídrica mesmo durante períodos prolongados de estiagem.

As análises temporais demonstraram comportamento hidráulico semelhante entre os poços monitorados, indicando elevada conectividade hidráulica no aquífero aluvial. Observou-se redução gradual do nível freático durante o período seco e rápida resposta aos eventos de recarga ocorridos em março de 2026, evidenciando elevada capacidade de infiltração e armazenamento do sistema sedimentar monitorado.

As diferenças observadas entre os poços P1 e P2 revelaram a existência de heterogeneidade hidráulica local na aluvião, possivelmente associada às características granulométricas dos sedimentos, à posição dos poços em relação ao leito fluvial e às condições locais de recarga subterrânea. Além disso, os resultados reforçam a importância do monitoramento hidrogeológico contínuo como ferramenta de apoio à gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos em regiões semiáridas.

Dessa forma, o estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a dinâmica hidrogeológica de aquíferos aluviais associados a rios intermitentes, fornecendo subsídios técnicos e

científicos para futuras pesquisas e para o planejamento de estratégias de gestão hídrica no semiárido pernambucano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FACEPE, ao CNPq, à CAPES pelo apoio financeiro e institucional concedido ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. O suporte dessas instituições foi fundamental para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. S. et al. (2014). "*Estimativa de recarga em aluvião no semiárido*". Engenharia Agrícola 34, pp. 211-221.

BEZERRA, G. E. M. N. et al. (2024). "*Estimativa de recarga hídrica utilizando o método water table fluctuation em aquífero aluvionar no semiárido brasileiro*". Revista de Geociências do Nordeste 10(2), pp. 127-140.

BRAGA, R. A. P. et al. (2016). "*Águas de areias*". Recife: ANE, pp. 277-303.

CAETANO, T. O. et al. (2020). "*Abastecimento rural de água: uso e demanda em comunidades do Semiárido e a disponibilidade hídrica das aluviões*". Revista de Gestão de Água da América Latina 17, pp. 1-13.

DOS SANTOS, W. J. S. et al. (2020). "*Fluxo e armazenamento de água em aluvião do semiárido pernambucano para abastecimento de pequenas comunidades*". Revista Brasileira de Ciências Ambientais 55(4), pp. 479-497.

FONTES, J. G. (2020). "*Monitoramento e análise da variação do nível d'água para estimativa da recarga do aquífero Urucuia na bacia do Rio Grande-BA: contribuições para a gestão e uso sustentável de águas subterrâneas*". Dissertação de Mestrado, [instituição não informada].

MAGALHÃES, J. W. O. (2021). "*Recursos hídricos subterrâneos em aluvião no semiárido nordestino: estudo de caso no Perímetro Irrigado Morada Nova, CE*". [Tese ou dissertação não informada], [instituição não informada].

MONTEIRO, A. L. N.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. (2014). "*Modelagem de fluxo e análise do potencial hídrico de aquífero aluvial no semiárido de Pernambuco*". Revista Brasileira de Recursos Hídricos 19(3), pp. 151-163.

MONTENEGRO, S. M. G. L. et al. (2001). "*Análise da variabilidade espacial da salinidade em área irrigada e do nível d'água em aluvião sob uso agrícola na região semiárida do nordeste brasileiro*". Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 14, p. 2001.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. (2006). "*Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial*". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10(1), pp. 30-37.