

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **CORRELAÇÃO ENTRE PLUVIOMETRIA E NÍVEIS DE ÁGUA EM POÇOS DE MONITORAMENTO NO DISTRITO FEDERAL**

*Welber Ferreira Alves<sup>1</sup> & Juliana Oliveira Bartolomeu<sup>2</sup>*

**Abstract:** This study investigated the relationship between rainfall and groundwater level depth in monitoring wells of the porous (shallow) and fractured (deep) aquifers in the Descoberto Watershed (Federal District, Brazil), a region that hosts the reservoir supplying water to approximately 60% of the Federal District's population (Barcelos et al., 2018). Eight wells distributed across four monitoring stations (11, 13, 14, and 15) managed by the Water, Energy, and Basic Sanitation Regulatory Agency of the Federal District (Adasa) were analyzed. Each station has a pair of wells: one shallow (~30 m) installed in the porous aquifer system, and one deep (~150 m) reaching the fractured aquifer system. Groundwater level data collected over recent years were correlated with moving averages of daily precipitation, using windows ranging from 10 to 360 days. The results showed significant correlations, especially for windows between 150 and 270 days, indicating a time lag between precipitation events and the rise in groundwater levels, due to the gradual infiltration of rainwater through the predominant latosols in the region. These findings are consistent with a previous study conducted in the same region by Walczuk et al. (2025), which identified similar temporal lags. A closely matching response pattern was observed between shallow and deep wells, suggesting that the porous and fractured aquifers share regional recharge controls and may be hydraulically connected.

**Resumo:** Este estudo investigou a relação entre pluviometria e profundidade de nível de água em poços de monitoramento nos aquíferos porosos (ratos) e fraturados (profundos) da Bacia Hidrográfica do Descoberto (DF), região em que se localiza o reservatório responsável pelo abastecimento de água de cerca de 60% da população do Distrito Federal (Barcelos et al., 2018). Foram analisados oito poços distribuídos em quatro estações de monitoramento (11, 13, 14 e 15) da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa). Cada estação possui um par de poços, sendo um deles raso (~30 m), instalado no sistema aquífero poroso, e outro profundo (~150 m), que atinge o sistema aquífero fraturado. Dados de nível de água coletados ao longo dos últimos anos foram correlacionados com médias móveis de precipitação diária, utilizando-se janelas de 10 a 360 dias. Os resultados indicaram correlações significativas, principalmente com as janelas entre 150 e 270 dias, o que evidencia a existência de um intervalo de tempo entre os eventos de precipitação e a elevação do nível da água subterrânea, decorrente da infiltração gradual da água da chuva através dos latossolos predominantes na região. Esses achados estão em consonância com estudo anterior conduzido na mesma região por Walczuk et al. (2025), o qual identificou defasagens temporais similares. Observou-se também um padrão de resposta bastante próximo entre os poços ratos e profundos, sugerindo que os aquíferos porosos e fraturados devem compartilhar controles regionais de recarga, e podem estar hidráulicamente conectados.

**Palavras-Chave** – nível freático, precipitação, média móvel.

1) Adasa. SAIN Estação Rodoviária de Brasília (DF), S/N, (61) 3961-5000, welber.alves@ adasa.df.gov.br

2) Adasa. SAIN Estação Rodoviária de Brasília (DF), S/N, (61) 3961-5000, juliana.bartolomeu@ adasa.df.gov.br

## INTRODUÇÃO

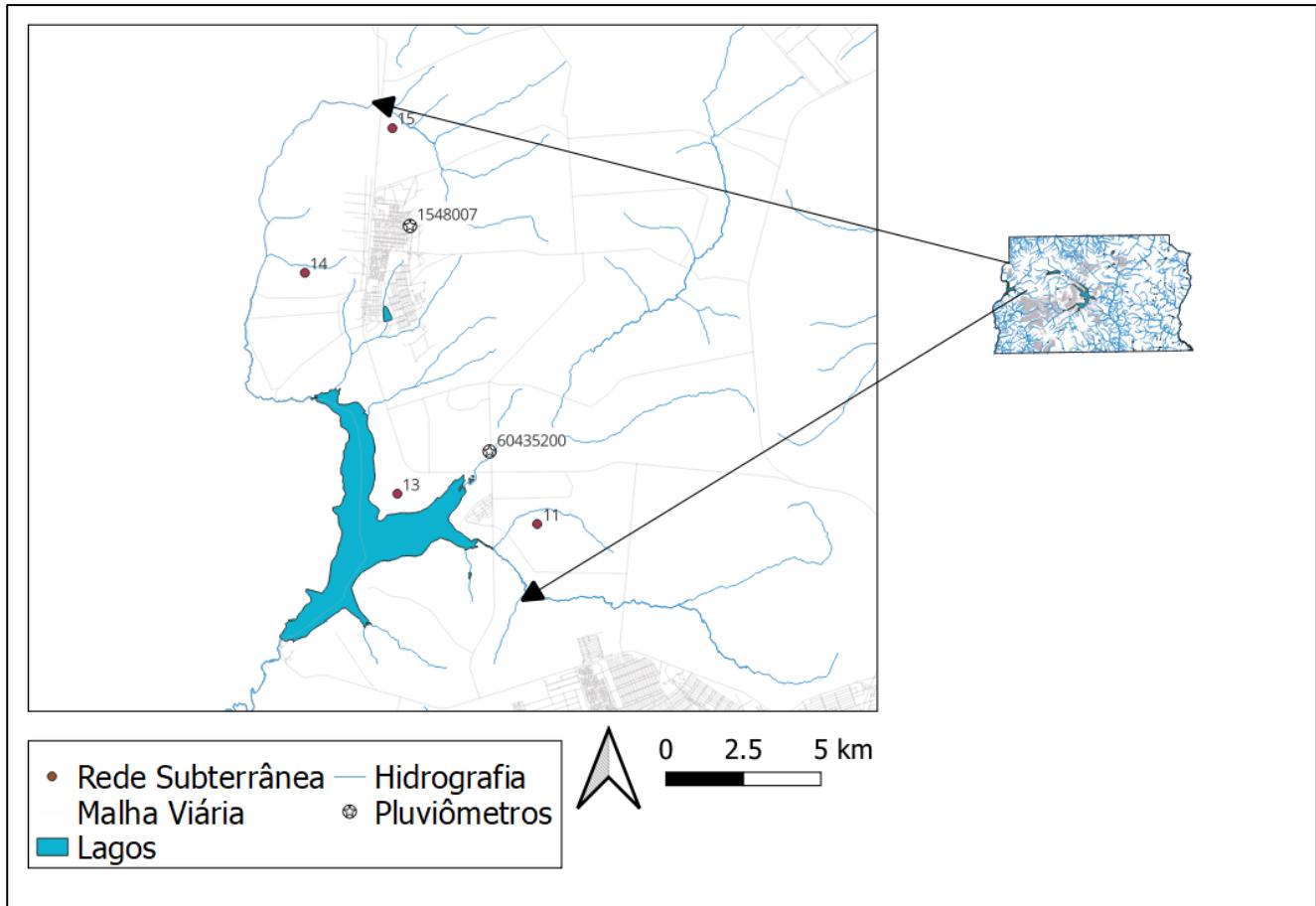
A água subterrânea constitui um componente essencial do ciclo hidrológico e uma fonte hídrica crucial para diversas finalidades, incluindo abastecimento humano, agricultura e indústria (Souza & Moura, 2023; Brito et al., 2020). Em muitas regiões, tem-se observado uma preocupante tendência de rebaixamento dos níveis de água subterrânea (Brito et al., 2020; Franzolin et al., 2015). O declínio no nível freático, mesmo em áreas com aparente abundância hídrica superficial, ou em regiões semiáridas, evidencia a pressão crescente sobre este recurso (Brito et al., 2020; Thomas et al., 2009). O rebaixamento de aquíferos é um fenômeno complexo, influenciado por uma combinação de fatores naturais e antrópicos (Nimmo & Healy, 2008). Naturalmente, a variação dos níveis de água subterrânea está ligada à sazonalidade da precipitação, com períodos de recarga durante as estações chuvosas e rebaixamento durante as estações secas. E a persistência de déficits de chuva ao longo dos anos pode acabar afetando negativamente as reservas subterrâneas (KLOVE et al., 2014). Esta situação também pode ser agravada em função da expansão urbana e da impermeabilização do solo, contribuindo para a redução da recarga natural. Outro elemento determinante, é a demanda antrópica. Esta representa um fator de rebaixamento cada vez mais dominante. O aumento da demanda por água para irrigação agrícola, uso doméstico e industrial exerce uma pressão sobre os recursos subterrâneos. Diante desse quadro, a análise e o monitoramento do rebaixamento dos aquíferos é essencial para a gestão dos recursos hídricos. Partindo dessa premissa, a Agência Reguladora de Águas do Distrito Federal criou uma rede de monitoramento subterrâneo com a função de fazer o acompanhamento dos níveis dos aquíferos da região (Del Rey et al., 2017). Para este estudo, foi selecionada a Bacia Hidrográfica do Descoberto, localizada na porção oeste do Distrito Federal (DF). Essa bacia abriga um dos principais mananciais da região, o reservatório do Descoberto, responsável por suprir aproximadamente 60% do abastecimento público do DF. (Barcelos et al., 2018). Desta forma, é uma área prioritária para a capital. A região é marcada pela presença de espessos mantos de intemperismo sobre rochas metassedimentares, formando dois principais domínios aquíferos: o poroso, constituído por solos profundamente intemperizados; e o fraturado, que compreende as unidades rochosas mais profundas, pertencentes ao grupo Paranoá, nas quais a água subterrânea ocorre em fraturas, falhas e diaclases (Campos et. al., 2007). Estudos mostraram que, embora haja uma relação direta entre chuva e elevação do nível freático, pode ocorrer um retardo significativo entre o início das chuvas e a reação do lençol freático, que pode variar de semanas a meses (Manzione, 2017). A magnitude desse retardo e a intensidade da resposta podem ser influenciadas por fatores como a profundidade do poço, a distância para o canal de drenagem mais próximo, a altitude e as características geológicas e do solo (Adji, & Bahtiar, 2016; Souza & Moura, 2003). Para a região em questão, Walczuk et al. (2025) realizou uma análise de recarga, utilizando dados contínuos coletados por meio de sensores automáticos de nível de água por quatro anos, e encontrou correlações significativas entre níveis de poços rasos e chuvas com médias móveis de 150 a 270 dias. Tendo essa reflexão como ponto de partida, o presente estudo buscou aplicar uma abordagem similar à de Walczuk et al. (2025), mas utilizando séries temporais coletadas manualmente ao longo de um intervalo de tempo maior e em profundidades rasas e profundas, explorando a resposta de diferentes aquíferos ao regime pluviométrico regional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados dados de nível de oito poços da Rede de Monitoramento da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa), distribuídos em quatro estações de monitoramento (11, 13, 14 e 15), sendo cada estação composta por um poço raso (~30 m) e um profundo (~150 m). As estações 14 e 15 localizam-se no setor norte da bacia

hidrográfica, enquanto as estações 11 e 13 estão situadas ao sul, próximas ao reservatório da Barragem do Descoberto.

Figura 1 - Localização da área de estudo, com indicação dos Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas e Estações de Pluviométricas utilizadas neste estudo.



Os dados de nível de água dos poços de monitoramento utilizados foram de 12/12/2017 a 08/11/2024 (estações 11 e 13) e de 01/03/2014 a 31/12/2023 (estações 14 e 15). Os dados de precipitação diária foram obtidos das estações pluviométricas 1548007 (operada pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - Caesb) e 60435200 (operada pela Adasa), cobrindo períodos compatíveis com os dados de nível.

Calculou-se a média móvel da chuva diária para janelas de 10 a 360 dias. Para cada data de medição do nível, foi associado o valor correspondente de cada janela de média móvel da chuva. Em seguida, aplicou-se o teste de correlação de Spearman entre os níveis dos poços e a média móvel de precipitação, avaliando a significância estatística com p-value de 5%.

Cabe destacar que os valores de nível de água utilizados se referem à profundidade do nível de água no poço em relação à superfície do solo. Dessa forma, valores mais altos de nível indicam maior rebaixamento do aquífero, e valores menores indicam níveis mais elevados (ou seja, mais próximos da superfície).

## RESULTADOS

Os resultados evidenciaram correlação negativa significativa entre os valores de média móvel da precipitação e os níveis de água medidos nos poços, especialmente para janelas entre 150 e 270 dias. Isto é equivalente a dizer a que há correlação positiva entre pluviosidade e elevação do nível freático. A partir de 120 dias, observa-se um aumento progressivo na força das correlações, tanto em magnitude quanto em significância estatística. Este comportamento é compatível com um padrão de recarga retardada, resultado da infiltração lenta da precipitação através de um perfil espesso de solo, caracterizado por latossolos com alta capacidade de retenção hídrica. Mesmo em poços com níveis freáticos próximos à superfície, essa defasagem é evidente, apontando para a importância de mecanismos acumulativos de recarga ao longo de vários meses.

De maneira geral, identificou-se uma forte semelhança entre os padrões de resposta dos poços rasos e profundos, sugerindo que os sistemas aquíferos porosos e fraturados estão sujeitos aos mesmos controles regionais de recarga. A similaridade nas curvas de correlação sugere comunicação hidráulica entre as duas unidades hidrogeológicas, especialmente em áreas onde as fraturas podem servir de via preferencial para escoamento vertical. Essa correspondência entre os dois tipos de poços pode ser visualizada nas Figuras 2 e 3, que apresentam, lado a lado, as correlações obtidas para todos os poços rasos (à esquerda) e profundos (à direita) nas quatro estações analisadas.

Figura 2 – Resultado da análise da correlação entre níveis de água e pluviometria das estações 11 e 13: gráficos com os coeficientes de Spearman para as diferentes janelas temporais escolhidas.

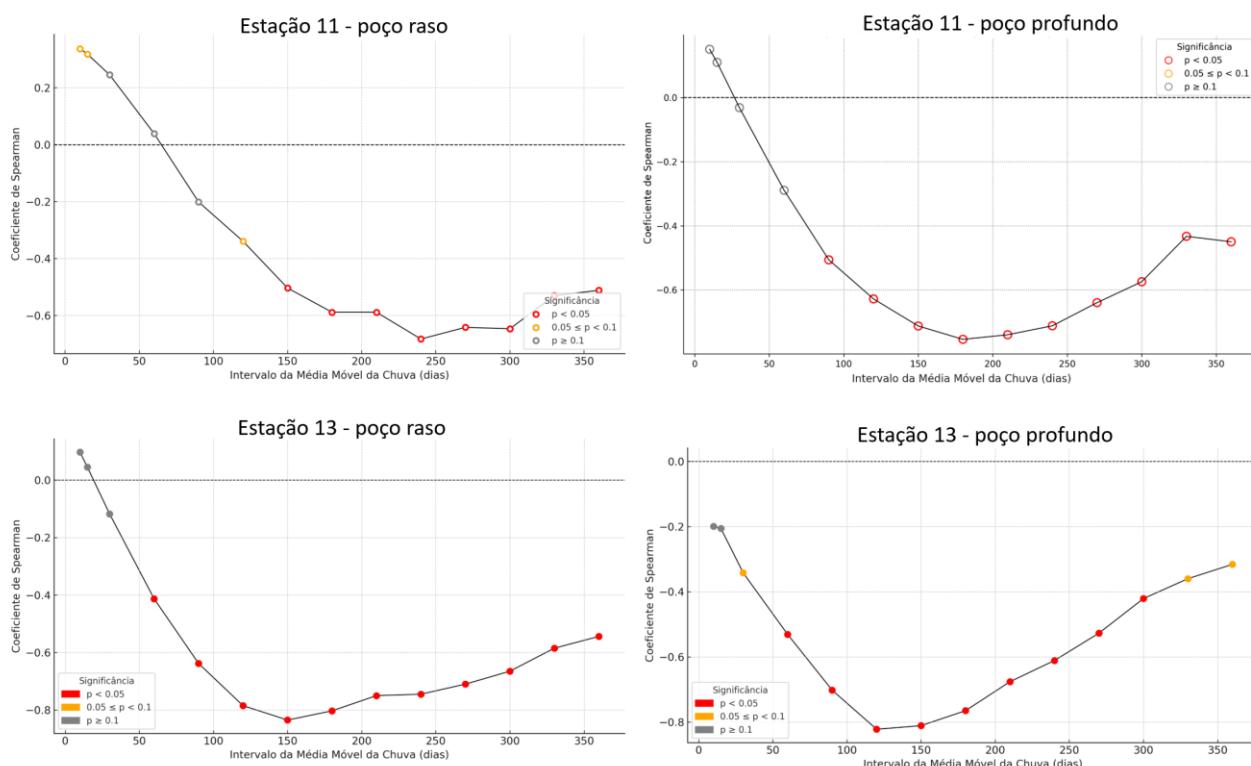
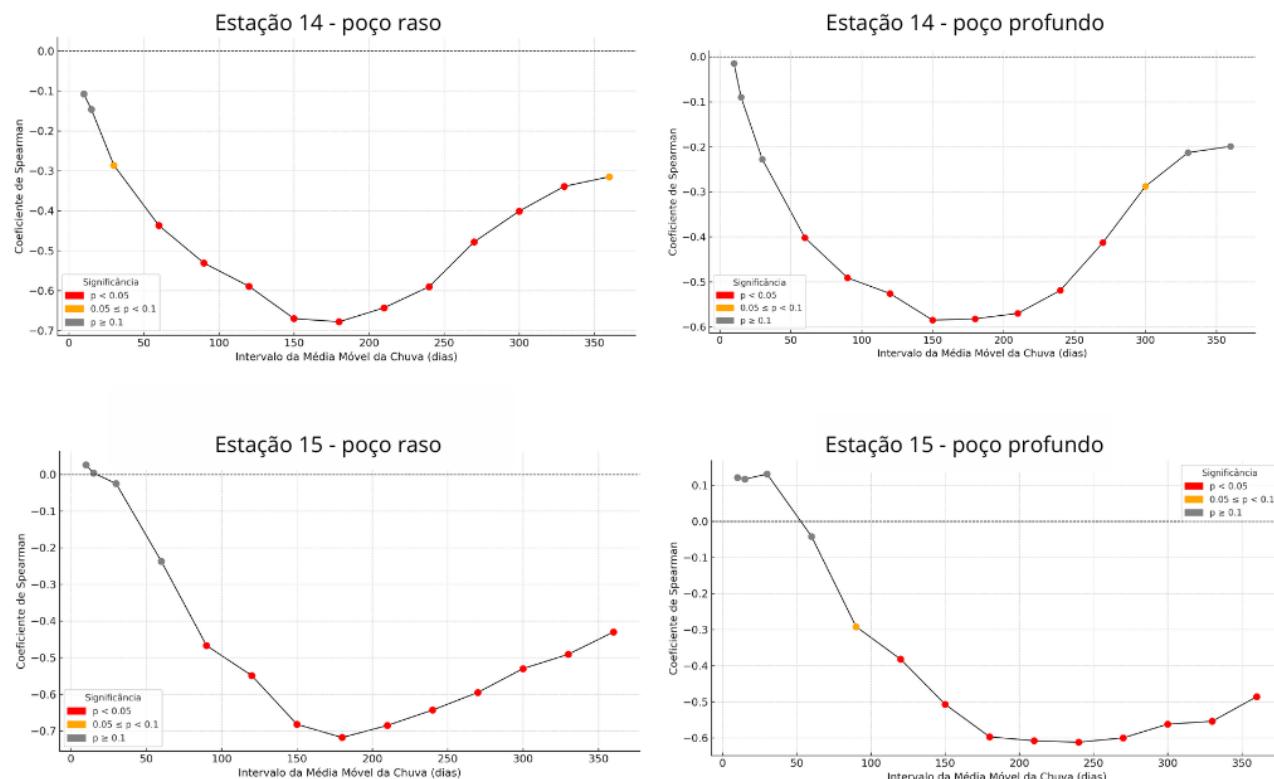


Figura 3 – Resultado da análise da correlação entre níveis de água e pluviometria das estações 14 e 15: gráficos com os coeficientes de Spearman para as diferentes janelas temporais escolhidas.

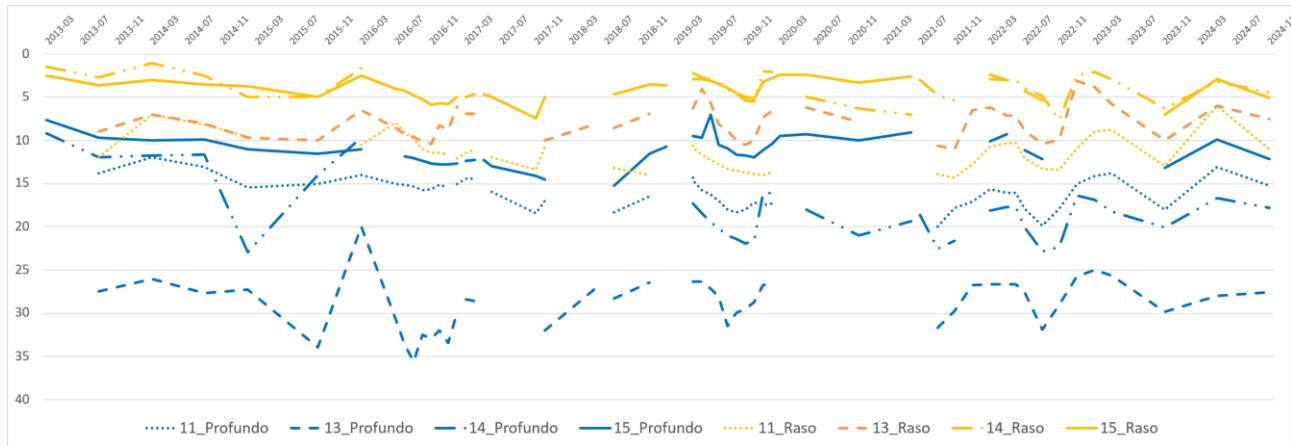


Conforme pode ser observado na Figura 2, as estações localizadas ao sul da área de estudo — 11 e 13 — apresentam padrões aproximados. Na Estação 11, os poços raso e profundo exibem correlações mais suaves e de menor magnitude nas janelas curtas, mas tornam-se mais expressivas a partir de 180 dias. Já na Estação 13, os dois poços respondem de forma intensa às chuvas, com correlações fortes a partir da janela de 120 dias, atingindo valores máximos de coeficiente de Spearman próximos de -0.82. O comportamento entre os pares de poços é fortemente sincronizado, tanto na forma quanto no tempo de resposta.

As estações do setor norte — 14 e 15 — também exibem respostas análogas entre seus poços rasos e profundos. As correlações tornam-se mais acentuadas a partir de 150 dias, com máximos entre 180 e 210 dias. Embora a magnitude das correlações seja ligeiramente inferior às observadas na Estação 13, os padrões permanecem consistentes, com declínio gradual após os picos, o que reforça a influência sazonal e acumulativa da precipitação sobre o comportamento dos níveis.

É relevante destacar a correspondência entre profundidade dos níveis de água e tempo de resposta aos eventos de precipitação nos poços rasos (aquéfero poroso livre). Este fato pode ser ilustrado pelo poço raso da Estação 11, que apresentou a maior defasagem temporal entre chuva e elevação do nível, sendo também aquele com os níveis de água mais profundos entre os poços rasos analisados. Essa característica é evidenciada no Figura 4, que mostra a série histórica dos níveis dos poços ao longo do período estudado. A maior profundidade da lâmina freática contribui para o retardamento observado na resposta do aquífero à recarga. Esta relação não é evidente nos poços profundos.

Figura 4 – Série histórica de níveis de água nos poços das Estações de Monitoramento de Águas Subterrâneas da Adasa. Em amarelo, os poços rasos e, em azul, os poços profundos.



Por outro lado, a Estação 13 revelou-se a mais responsiva de todas, com fortes correlações nos dois poços, e com tempos de resposta menores em comparação às demais estações. Esse comportamento pode estar associado a uma combinação de fatores: maior condutividade hidráulica local, estrutura geológica favorável, presença de fraturas bem conectadas, além da posição topográfica em fundo de vale, que favorece a concentração do escoamento superficial e a infiltração. Ademais, a proximidade do reservatório da Barragem do Descoberto pode exercer influência sobre a dinâmica da recarga subterrânea, pois este altera o gradiente hidráulico do entorno, induzindo fluxos horizontais em direção ao aquífero, possivelmente acarretando recarga lateral, além de manter o solo permanentemente mais úmido, o que favorece o processo de recarga.

As estações 14 e 15, localizadas mais ao norte, apresentam comportamento semelhante entre si, tanto nos poços rasos quanto nos profundos. As correlações são significativas a partir da janela de 150 dias, com pico em 180 dias. Essa consistência sugere que o sistema aquífero nessas áreas responde de forma estável ao regime pluviométrico, com boa continuidade entre as camadas do solo e as unidades fraturadas mais profundas. A ausência de grandes variações na resposta também pode indicar menor influência de fatores antrópicos ou geológicos locais.

## CONCLUSÕES

A aplicação da média móvel da precipitação em diferentes janelas temporais permitiu detectar padrões de resposta do nível de água subterrânea em poços com série histórica longa de dados coletados manualmente. As correlações mais significativas foram observadas entre 150 e 270 dias, revelando um processo de recarga com componente retardado, influenciado pela espessura do solo e pelas características do meio poroso e fraturado.

As semelhanças entre os padrões de resposta dos poços rasos e profundos indicam que os aquíferos porosos e fraturados compartilham controles regionais de recarga e podem estar hidráulicamente conectados. A Estação 13 se destacou por apresentar as maiores correlações e os menores tempos de resposta, sugerindo condições locais particularmente favoráveis à recarga, possivelmente associadas à geologia, topografia e proximidade do reservatório da barragem.

Os resultados reforçam a utilidade de métodos estatísticos aplicados a séries temporais de dados de nível de água, e evidenciam o potencial da média móvel da chuva como indicador da dinâmica hidrológica de sistemas subterrâneos.

## AGRADECIMENTOS

Registra-se agradecimento à Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA/DF) pelo suporte fornecido e pela disponibilização dos dados utilizados no desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- ADJI, T. N.; BAHTIAR, I. Y. (2016). “*Rainfall–discharge relationship and karst flow components analysis for karst aquifer characterization in Petoyan Spring, Java, Indonesia*”. Environmental Earth Sciences 75(7), pp. 735. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5553-1>.
- BARCELLOS, G.; MELLO, R. M.; CARNEIRO, D. de C.; BARROZO, F. J.; ROMÃO, G. de O.; TEIXEIRA, T. M. de N.; ALVES, W. F. (2018). “*Ananços no sistema de informações sobre recursos hídricos*”, in *Gestão da crise hídrica 2016-2018: Experiências do Distrito Federal*. Org. por LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. S., Adasa: Caesb: Seagri: Emater.
- BRITO, A. P.; TOMASELLA, J.; WAHNFRIED, I. D.; CANDIDO, L. A.; MONTEIRO, M. T.; FILGUEIRAS, S. J. F. (2020). “*Relação entre precipitação e recarga de águas subterrâneas na Amazônia Central*”. Revista Brasileira de Águas Subterrâneas 34(1), pp. 134–151. <https://doi.org/10.14295/ras.v34i1.29616>.
- CAMPOS, J. E. G.; GASPAR, M. T. P.; GONÇALVES, T. D. (2007). *Gestão de recursos hídricos subterrâneos no distrito federal: diretrizes, legislação, critérios técnicos, sistema de informação geográfica e operacionalização*. Brasília: Adasa.
- DEL REY, G. O.; ALVES, W. F.; CARNEIRO, A. C. L. (2017). “*A Rede de Monitoramento das Águas Subterrâneas do Distrito Federal: Resultados Iniciais e seu apoio na Gestão*”. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017
- FRANZOLIN, T. A.; REMPEL, K.; PEREIRA, L. A. da C.; BUFFON, F. T. (2015). “*Relação entre precipitação e nível estático do sistema aquífero Içá em Cruzeiro do Sul – Acre*” in Anais do 15º Simpósio de Geologia da Amazônia.
- KLØVE, B.; ALA-AHO, P.; BERTRAND, G.; GURDAK, J. J.; KUPFERSBERGER, H.; KVÆRNER, J.; MUOTKA, T.; MYKRÄ, H.; PREDA, E.; ROSSI, P.; UVÖ, C. B.; VELASCO, E.; PULIDO-VELAZQUEZ, M. (2014). “*Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems*”. Journal of Hydrology 518(Part B), pp. 250-266. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.037>.

MANZIONE, R. L. (2017). “*Impactos do clima no comportamento de níveis freáticos em área de conservação utilizando um modelo autorregressivo de séries temporais*”. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* 11(2), pp. 185–198.

NIMMO, J.; STONESTROM, D. A.; HEALY, R. W. (2008). “*Aquifers: Recharge*”, Encyclopedia of Water Science. Org. por STEFAN, H. G., Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1081/E-EWS-120010040>.

SOUSA, F. A. de; MOURA, D. M. B. (2022). “*Evapotranspiração Potencial (ETp) e sua influência nos rios do Cerrado*”. *Elisée, Revista de Geografia da UEG-Goiás* 11(1), pp. e11122.

SOUSA, F. A. de; MOURA, D. M. B. (2023). “*Ensaio sobre a flutuação do lençol freático em condições de chuva e estiagem em Iporá-GO*”. *Revista da ANPEGE* 19(39), pp. 56–110.

THOMAS, T.; JAISWAL, R. K.; GALKATE, R.; SINGH, S. (2009). “*Development of a Rainfall-Recharge Relationship for a Fractured Basaltic Aquifer in Central India*”. *Water Resources Management* 23(14), pp. 3101–3119. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9425-2>.

WALCZUK, A.; CAMPOS, J. E. G.; TELES, L. S. B. (2025). “*Potential and effective recharge of the Federal District shallow aquifers, Brazilian savanna region – coupled analysis of GLDAS-2, Water Table Fluctuation (WTF) and rainfall pattern*”. *Journal of South American Earth Sciences* 156, pp. 105426. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2025.105426>.