

ESTIMATIVA DE RECARGA DE AQUIFERO PELO MÉTODO DE FLUTUAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO (WTF): CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO HÍDRICA EM BELÉM/PA, AMAZÔNIA ORIENTAL

Ilziane Simões de Oliveira¹; Felipe dos Santos Coelho²; Bianca de Oliveira Sgariboldi Nunes³; Taynara Santos Amaral⁴; Maria Luiza Nascimento Dias⁵; Yuri Antonio da Silva Rocha⁶; Rafael da Silva Paiva⁷; Rodrigo Lilla Manzione⁸; Manuel Enrique Gamero Guandique⁹

RESUMO

As águas subterrâneas são essenciais para a disponibilidade hídrica em regiões tropicais úmidas, como a Amazônia, onde aquíferos têm papel relevante no abastecimento e nas atividades econômicas. Este estudo teve como objetivo estimar a recarga da água subterrânea em uma área do município de Belém (PA), inserida no Sistema Aquífero Barreiras. A estimativa foi realizada pelo método *Water Table Fluctuation* (WTF), com base na variação do nível freático e no rendimento específico do aquífero. Os resultados indicaram que a recarga corresponde a aproximadamente 10% a 20% da precipitação anual. O método mostrou-se adequado para aplicação em aquíferos livres em regiões tropicais, fornecendo subsídios importantes para o planejamento e a gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente diante da variabilidade climática e do aumento da demanda urbana.

Palavras-Chave: Sistema Aquífero Barreiras; Recarga de águas subterrâneas; Amazônia.

ABSTRACT

Groundwater is essential for water availability in humid tropical regions such as the Amazon, where aquifers play a significant role in water supply and economic activities. This study aimed to estimate groundwater recharge in an area of the municipality of Belém (PA), within the Barreiras Aquifer System. Recharge was estimated using the *Water Table Fluctuation* (WTF) method, based on variations in groundwater level and the aquifer's specific yield. The results indicated that recharge corresponds to approximately 10% to 20% of the annual precipitation. The method proved suitable for application in unconfined aquifers in tropical regions, providing important support for planning and sustainable management of water resources, especially in the context of climate variability and increasing urban water demand.

Key-words: Barreiras Aquifer System; groundwater recharge; Amazon.

1) Doutoranda em Ciências Ambientais (PGCA), Laboratório de Hidrometeorologia e Mudanças Climáticas, Universidade Estadual Paulista (UNESP/Sorocaba), ilzianesimoes7@gmail.com

2) Doutorando em Ciências Ambientais (PGCA), Laboratório de Hidrometeorologia e Mudanças Climáticas, Universidade Estadual Paulista (UNESP/Sorocaba), felipecoelhosantos13@gmail.com

3) Graduada em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista (UNESP/Sorocaba), biancasgariboldi@gmail.com

4) Doutoranda em Ciências Ambientais (PPGCA), Universidade Federal do Pará (UFPA), taynaraamaral1610@gmail.com

5) Doutoranda em Ciências Ambientais (PPGCA), Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais, Universidade Federal do Pará (UFPA), m.luiza.dn@gmail.com

6) Doutorando em Ciências Ambientais (PPGCA), Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais, Universidade Federal do Pará (UFPA), eng.yurirocha@gmail.com

7) Doutorando em Ciências Ambientais (PPGCA), Universidade Federal do Pará (UFPA), paivarrafael@gmail.com

8) Doutor em Sensoriamento Remoto, Universidade Estadual Paulista (UNESP/Ourinhos), lilla.manzione@unesp.br

9) Doutor em Agronomia, Laboratório de Hidrometeorologia e Mudanças Climáticas, Universidade Estadual Paulista (UNESP/Sorocaba), enrique.gamero@unesp.br

De acordo com a classificação climática de Köppen, Belém apresenta o tipo *Am*, definido como tropical úmido ou subúmido, estação seca de pequena duração e elevado volume de precipitação (Alvares *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2020; 2022; Rocha *et al.*, 2025b).

2.2 Aquisição de dados

A Tabela 1 sintetiza as variáveis analisadas para a cidade de Belém, suas respectivas abrangências temporais e as fontes de dados. Os dados climáticos são oriundos do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP/INMET), referente a estação meteorológica convencional localizada em Belém (Código 82191; Figura).

Os dados de variação do nível da água subterrânea foram obtidos a partir da rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas (RIMAS) (SGB, 2026), que correspondem as informações do poço de monitoramento nº 1500005632 (Figura ; Tabela 2) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM/SGB). A feição geomorfológica predominante é caracterizada como tabuleiro, e a formação geológica identificada corresponde ao Grupo Barreiras, pertencente a um aquífero poroso, no qual a água está contida entre os grãos que compõem a rocha (porosidade primária), sendo representado pelas rochas sedimentares (Silva, 2024).

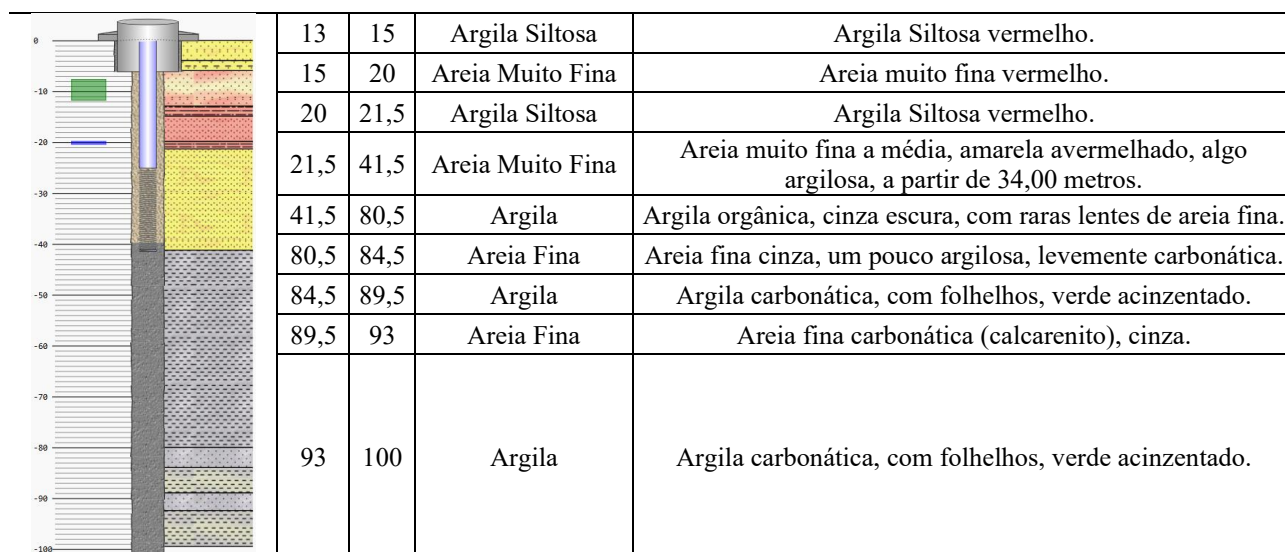
Tabela 1 - Variáveis analisadas, períodos de abrangência e respectivas fontes de dados.

Tabela 1. Variáveis analisadas, períodos de abrangência e respectivas fontes de dados.		
Variável	Abrangência temporal	Fonte
Precipitação diária (mm)	Janeiro de 2013 a dezembro de 2021	Instituto Nacional de Meteorologia. (s.d.). BDMEP: Banco de Dados Meteorológicos. Estação N.º 82191. Ministério da Agricultura e Pecuária. Recuperado em 29 de abril, 2026, de https://bdmep.inmet.gov.br/ .
Precipitação mensal (mm)	Janeiro de 1995 a dezembro de 2025	
Evapotranspiração potencial (ETP) diária (mm)	Janeiro de 2013 a dezembro de 2021	
Evapotranspiração potencial (ETP) mensal (mm)	Janeiro de 1995 a dezembro de 2025	
Temperatura Máxima Média mensal (°C)		
Temperatura Compensada Média mensal (°C)		
Temperatura Mínima Média mensal (°C)		
Nível de Água Subterrânea	Janeiro de 2013 a dezembro de 2021	Serviço Geológico do Brasil (SGB). (n.d.). RIMAS: Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas. Poço n.º 1500005632. Recuperado em 30 de abril, 2026, de https://rimasweb.sgb.gov.br/layout/ .

Fonte: Autores (2026).

Tabela 2 - Descrição litológica da sondagem do perfil do poço.

Ilustração	De (m)	Até (m)	Litologia	Descrição Litológica
	0	4	Areia Fina	Areia fina silto argilosa amarela.
	4	6	Argila Arenosa	Argila arenosa amarela c/ pedregulhos de arenito ferruginoso.
	6	13	Areia Fina	Areia fina a grossa, quartzosa, amarelo avermelhado c/ pedregulhos de arenito ferruginoso.



Fonte: Adaptado de RIMAS/CPRM (2012).

2.3 Processamento de dados

O método de flutuação do lençol freático (WTF) estima a recarga de águas subterrâneas a partir do registro das variações sazonais do nível da água (Scanlon; Healy; Cook, 2002; Simon *et al.*, 2017; Teramoto; Chang, 2018). O método considera que as elevações do nível freático em aquíferos livres resultam da recarga de água de chuva que atinge o lençol freático. A recarga é obtida pelo produto do rendimento específico (Sy) pela elevação do nível freático (Δh), com correções, quando necessárias, para a presença de ar aprisionado, variações da pressão barométrica, evapotranspiração ou outros fenômenos (Healy; Cook, 2002; Crosbie; Binning; Kalma, 2005; Cuthbert, 2010; Crosbie *et al.*, 2019).

O *Estimation de la Pluie Efficace et de la Recharge* (ESPERE), em português - Estimativa de Precipitação Efetiva e Recarga de Água Subterrânea, é um procedimento aritmético que permite calcular a chuva efetiva e a recarga de aquíferos a partir de séries temporais de variáveis climáticas e nível d'água de aquíferos em estudo. A ferramenta calcula a recarga por diferentes métodos (Lanini, 2020). Para as análises, adotou-se vazão específica *Specific Yield* (SY), de 0,2. O *Infiltration/Effective Rainfall Ratio* (ERI), usado para converter a precipitação efetiva em recarga, foi fixado em 1, assumindo condições ideais de infiltração para estimativa da recarga.

2.4 Procedimentos estatísticos

A normalidade dos dados ($p\text{-valor} > 0,05$) foi testada por meio do teste de Shapiro–Wilk. Constatada a não normalidade, adotou-se o coeficiente não paramétrico de correlação de Spearman, a fim de analisar as relações entre as variáveis. As diferenças sazonais foram testadas por meio do teste de Wilcoxon (não paramétrico). Todas as análises foram executadas no software *RStudio*, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Variabilidade interanual e intra-anual da climatologia e do nível da água de poço

Para a série histórica climática de janeiro de 1995 a dezembro de 2025, a precipitação acumulada, a ETP anual acumulada, as temperaturas máxima, compensada e mínima, umidade relativa do ar e o nível da água, apresentaram média anual de $3.383,77 \pm 410,85 \text{ mm.ano}^{-1}$, $1.674 \pm 245,81 \text{ mm.ano}^{-1}$, $32,56 \pm 0,57 \text{ }^{\circ}\text{C.ano}^{-1}$, $26,95 \pm 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C.ano}^{-1}$, $23,16 \pm 0,33 \text{ }^{\circ}\text{C.ano}^{-1}$, $84,08 \pm 1,24 \text{ \%.ano}^{-1}$. A sazonalidade é bem definida em período chuvoso (dezembro a maio) e menos chuvoso (junho a novembro).

O pico de chuva ($475,43 \pm 74,99 \text{ mm}$) ocorre no trimestre fevereiro, março e abril (FMA), enquanto os menores volumes ($129,98 \pm 40,59 \text{ mm}$) ocorrem no trimestre agosto, setembro e outubro (ASO), sendo estatisticamente diferentes ($p\text{-valor} < 0,05$), refletindo diretamente na dinâmica intra-anual das demais variáveis (Figura 1), com correlações significativas ($p < 0,05$).

Essa variabilidade é modulada por diversos fenômenos e sistemas atmosféricos atuantes na área, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Linhas de Instabilidades (LI) e o gradiente do Modo Meridional do Atlântico (MMA) (Moura; Vitorino, 2012; Matos; Cohen, 2016; Rocha *et al.*, 2025).

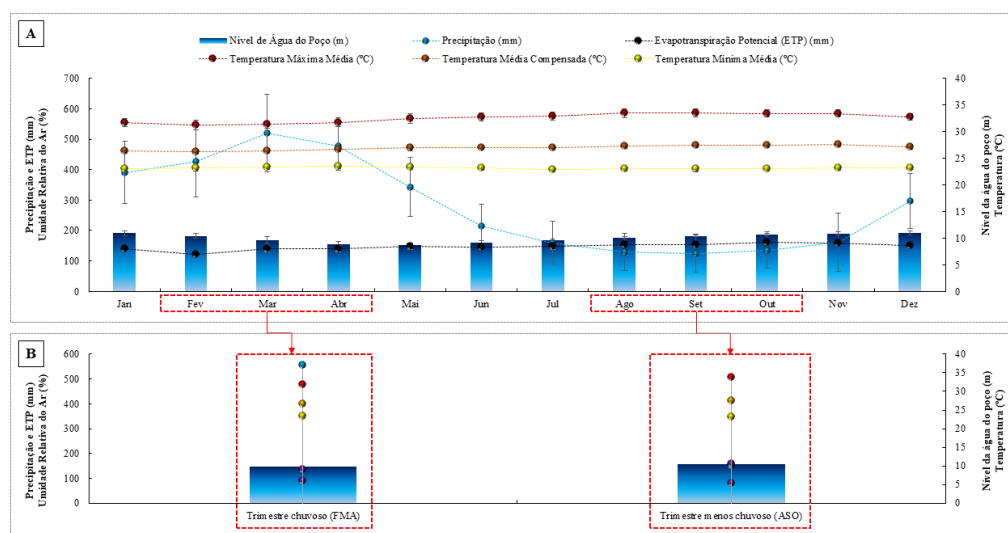


Figura 1 - Dinâmica intra-anual (A) e sazonal (B) média da precipitação, evapotranspiração, temperaturas máxima, média compensada e mínima (série histórica de janeiro de 1995 a dezembro de 2025). Nota: As médias do Nível da Água do Poço (m) compreendem os meses dos anos de 2013 a 2021.

Para a série de 2013 a 2021, a precipitação apresentou acumulado anual médio de $3.780,03 \pm 170,72 \text{ mm.ano}^{-1}$. Os valores médios mensais de precipitação variaram de $147,73 \text{ mm}$ (agosto) a $598,98 \text{ mm}$ (março), enquanto a evapotranspiração (ETP) média mensal variou de $28,93 \text{ mm}$ (fevereiro) a $82,14 \text{ mm}$ (agosto). O nível médio da água no poço monitorado apresentou média anual de $10,97 \pm 0,36 \text{ m}$, com variações mensais entre $9,45 \text{ m}$ (março) e $10,69 \text{ m}$ (setembro e outubro) (Figura 3).

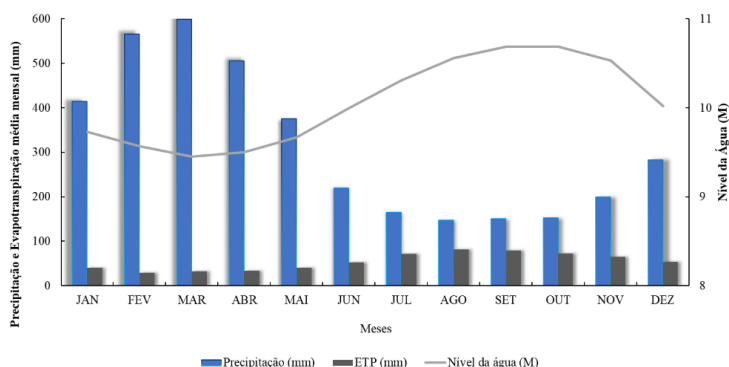


Figura 3 - Médias mensais de precipitação, evapotranspiração (ETP) e nível da água do poço (2013-2021).

Durante o período chuvoso, a precipitação média mensal foi de 493,38 mm, e período menos chuvoso a média foi de 181,84 mm. Contudo, os maiores níveis da água do poço foram observados entre setembro e outubro, enquanto os menores níveis ocorreram entre fevereiro e abril. Essa variação indica que o nível freático não responde imediatamente à precipitação mensal, mas sim à integração da recarga ao longo do tempo, influenciado pela evapotranspiração e solo.

A Tabela 3 apresenta a recarga anual corrigida do Aquífero Barreiras entre 2013 e 2021, calculada pelo método *Water Table Fluctuation* (WTF). Os valores mostram forte variação interanual, de 334,44 mm em 2016 - o menor da série - até 1.087,64 mm em 2020, o maior registrado. Esses resultados evidenciam a dependência da recarga em relação ao regime pluviométrico, indicando que anos mais chuvosos favorecem maior infiltração e elevação do nível freático.

Tabela 3 - Estimativas anuais de recarga pelo método Water Table Fluctuation (WTF).

Anos	Recarga RISE (mm)	Recarga (corrigida RISE) (mm)
2013	410,00	773,47
2014	582,00	636,47
2015	610,00	662,17
2016	334,00	334,44
2017	652,00	731,49
2018	454,00	580,08
2019	604,00	908,37
2020	738,00	1.087,64
2021	568,00	694,71

Fonte: Autores (2026).

Para quantificar a fração da precipitação anual que efetivamente alcança o aquífero, foi estimada a proporção entre a recarga anual e a precipitação total anual. Esse cálculo expressa, em percentual, a parcela da chuva que se transforma em recarga subterrânea (Tabela 4).

Tabela 4 - Percentual da precipitação anual convertido em recarga do aquífero.

Anos	Precipitação anual (mm)	% Recarga RISE (mm)	% Recarga (corrigida RISE) (mm)
2013	3775,60	10,86	20,49
2014	3603,50	16,15	17,66
2015	3445,20	17,71	19,22
2016	3416,20	9,78	10,08
2017	3563,90	18,29	20,52
2018	3830,40	11,85	15,14
2019	3881,80	15,56	23,40

2020	4518,00	16,33	24,07
2021	3985,70	14,25	17,43

Fonte: autores (2026).

Os percentuais variaram de 10,08% em 2016 (ano menos chuvoso, 3.416,20 mm) a 24,07% em 2020 (ano mais chuvoso, 4.518,00 mm). Anos com maior precipitação apresentaram maior recarga e maior percentual de infiltração, como 2020 (24,07%) e 2019 (23,40%).

Já 2016, com a menor precipitação do período, teve o menor percentual (10,08%), evidenciando a influência direta do regime de chuvas na reposição do aquífero, ainda que variações menores indiquem que fatores sazonais e hidrogeológicos também interferem na eficiência da recarga. No que se refere à recarga anual do Aquífero Barreiras (Figura 4), observa-se que os valores estimados pelo método WTF, aplicados no software ESPERE, mantiveram-se, na maior parte do período de 2013 a 2021, dentro da faixa de 400 a 900 mm.ano⁻¹.

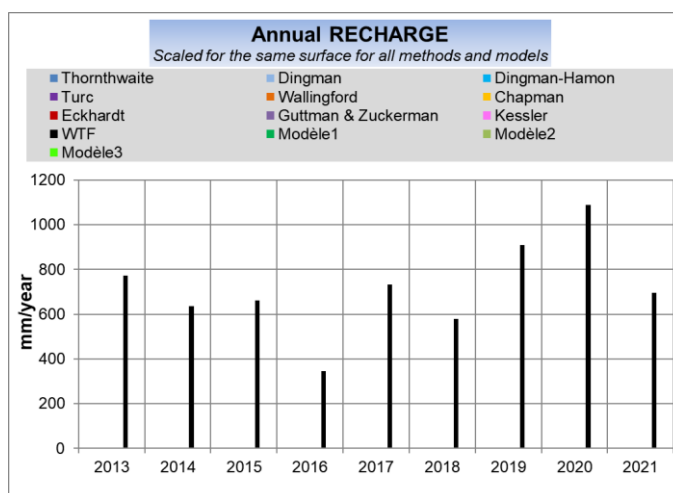


Figura 4 - Recarga anual do Aquífero Barreiras na região do município de Belém-PA (2013 - 2021).

Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados na região. Penner *et al.* (2023) estimaram a recarga do Aquífero Barreiras pelo método WTF, associando-o a testes de aquífero, e obtiveram valores próximos a 1.078,9 mm, correspondentes a cerca de 34% a 40% da precipitação anual. Consentine *et al.* (2023) estimaram a recarga do aquífero Alter do Chão, no município de Óbidos (PA), pelo método WTF, obtendo 1.536,79 mm em 2020, equivalente a 76% da precipitação anual. Embora se trate de um aquífero distinto, o resultado reforça a aplicabilidade do método WTF em ambientes amazônicos e evidencia elevadas taxas de infiltração na região.

Peixoto e Cavalcante (2025) explicam que as águas urbanas correspondem ao conjunto de recursos hídricos em territórios influenciados pela estrutura das cidades, incluindo escoamento superficial, corpos hídricos e aquíferos, além de aportes provenientes de outros sistemas para abastecimento. Ainda que estudos sobre essas taxas ainda sejam reduzidos no Brasil, por outro lado, o uso de águas subterrâneas aumentou significativamente na última década (Oliveira *et al.*, 2021).

4. CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que a recarga anual variou entre aproximadamente 10% e 24% da precipitação. Mesmo em uma região de elevada pluviosidade, apenas uma fração da precipitação contribui efetivamente para a recarga do aquífero, sendo esse processo fortemente influenciado pela sazonalidade climática, pela urbanização e pelas características hidráulicas do meio.

O método WTF mostrou-se adequado para a estimativa da recarga em aquíferos livres em regiões tropicais. Contudo, recomenda-se que trabalhos posteriores utilizem dados de um conjunto de poços, integrando com uso de dados oriundos de produtos espectrais, a fim de espacializar e avaliar a relação terra-atmosfera.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *“Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA: Relatório Final”*. Elaboração e Execução: Profill Engenharia e Ambiente S.A - Brasília: ANA, 2018.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M; SPAROVEK, G. (2013). “Köppen’s climate classification map for Brazil”. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), pp. 711-728.

ARCARI, T. L.; KERN, P.; VERONA, L. S.; FRANCO, D. (2019). *“As interações entre águas subterrâneas e superficiais em uma laguna costeira: Lagoa da Conceição, Florianópolis/SC, Brasil”*. *Águas Subterrâneas*, 33(1), pp. 34-44.

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”*. *Águas Subterrâneas*, 34(1), pp. 39-49.

CARDOSO, A. C. D.; VENTURA NETO, R. D. S. V. (2013). *“A evolução urbana de Belém: trajetória de ambiguidades e conflitos socioambientais”*. *Cadernos Metrópole*, 15(29), pp. 55-75.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. *“RIMAS - Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas: dados do poço nº 1500005632, Belém (PA)”*. (2012). Disponível em: <<https://rimasweb.sgb.gov.br/layout/detalhe.php?ponto=1500005632>>. Acesso em: 23 abr. 2026.

CONSENTINE, P. J.; PEDRENO, G. Y. O.; MOREIRA, J. P. P. C.; NETA, I. B. B.; LINO, P. R. M., AZEVEDO, R. L.; ALVES, N. S. (2023). *“Estimativa de recarga do aquífero Alter do Chão na região do município de Óbidos - PA utilizando o método WTF”*. *Revista Foco*, 16(10), pp. e3098-e3098.

CORREIA, L. C.; ALVES, M. G.; JÚNIOR, G. C. S. (2021). *“Estimativa da recarga de água subterrânea utilizando o método WTF na porção continental da Bacia Sedimentar de Campos, Rio de Janeiro, Brasil”*. *Águas Subterrâneas*, 35(3), pp. 1-15.

- CROSBIE, R. S.; BINNING, P.; KALMA, J. D. (2005). “*A time series approach to inferring groundwater recharge using the water table fluctuation method*”. Water Resources Research, 41(1), pp. 1-9.
- CROSBIE, R. S.; DOBLE, R. C.; TURNADGE, C.; TAYLOR, A. R. (2019). “*Constraining the magnitude and uncertainty of specific yield for use in the water table fluctuation method of estimating recharge*”. Water Resources Research, 55(8), pp. 7343-7361.
- CUTHBERT, M. O. (2010). “*An improved time series approach for estimating groundwater recharge from groundwater level fluctuations*”. Water Resources Research, 46(9), pp. 1-11
- FAN, Y.; LI, H.; MACHO, G. M. (2013). “*Global patterns of groundwater table depth*”. Science, 339(6122), pp. 940-943.
- GENARO, D. T.; CUNHA, V. (2025). “*Avaliação das recargas de águas subterrâneas nos aquíferos acompanhados pela Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)*”. Serviço Geológico do Brasil, pp. 1-60.
- HEALY, R. W.; COOK, P. G. (2002). Using groundwater levels to estimate recharge. Hydrogeology journal, 10(1), pp. 91-109.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. “*Cidades e estados: Belém*”. 2025. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/belem.html>>. Acesso em: 20 set. 2025.
- Instituto Nacional de Meteorologia. (s.d.). “*BDMEP: Banco de Dados Meteorológicos*”. Ministério da Agricultura e Pecuária. Recuperado em 29 de abril, 2026, de <https://bdmep.inmet.gov.br/>.
- LANINI, S. (2020). “*ESPERE version 2 User’s Guide*”. Translated from report BRGM/RP69538-FR (in French).
- LERNER, D. N. (2002). “*Identifying and quantifying urban recharge: a review*”. Hydrogeology journal, 10(1), pp. 143-152.
- MCGRANE, S. J. (2016). “*Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review*”. Hydrological Sciences Journal, 61(13), pp. 2295-2311.
- MATOS, A. P.; COHEN, J. C. P. (2016). “*Circulação de brisa e a banda de precipitação na margem leste da baía de Marajó*”. Ciência e Natura, 38, pp. 21-27.
- MOURA, M. N.; VITORINO, M. I. (2012). “*Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical*”. Revista Brasileira de Meteorologia, 27, pp. 475-483.
- OLIVEIRA, J. V.; COHEN, J. C. P.; PIMENTEL, M.; TOURINHO, H. L. Z.; LÔBO, M. A.; SODRÉ, G.; ABDALA, A. (2020). “*Urban climate and environmental perception about climate change in Belém, Pará, Brazil*”. Urban Climate, 31, pp. 1-16.
- OLIVEIRA, P. T. S.; LUCAS, M. C.; DE FARIA GODOI, R.; WENDLAND, E. (2022). “*Groundwater recharge and sustainability in Brazil*”. Global groundwater, pp. 393-407.

PEIXOTO, F. D. S.; CAVALCANTE, I. N. (2025). “O desafio do binômio água e cidade para o gerenciamento dos aquíferos urbanos”. Estudos Avançados, 39, pp. 1-15.

PENNER, G. C.; MARTINS, R. T. A. A.; GONÇALVES, M. M. (2020). “Estudo comparativo de métodos de recarga natural do aquífero livre em uma microbacia hidrográfica”. Research, Society and Development, 9(9), pp. 1-27.

PENNER, G. C.; MARTINS, R. T. A. A.; RODRIGUES, S.; WENDLAND, E. (2023). “Uncertainty in groundwater recharge estimation using groundwater level fluctuation and aquifer test”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 28, pp.1-8.

PEREIRA, F. D. S.; VIEIRA, I. C. G. (2016). “Expansão urbana da Região Metropolitana de Belém sob a ótica de um sistema de índices de sustentabilidade”. Revista Ambiente & Água, 11, pp. 731-744.

ROCHA, Y. A. da S., LIMA, A. M. M. D., SILVA, C. M. S. E., FRANCO, V. D. S., RAIOL, L. L., OLIVEIRA, I. S. D., ... & BELTRÃO JÚNIOR, P. R. E. (2025b). “Hydro-meteorological dynamics of rainfall erosivity risk in the Amazon River Delta-Estuary”. Journal of Water and Climate Change, 16(5), pp. 1673-1694.

ROCHA, Y. A. da S., NEU, V., & KINA, V. J. (2025a). “Percepção de ribeirinhos sobre saneamento, saúde e ambiente mediante o uso de tecnologias sociais em área insular da Amazônia oriental”. Novos Cadernos NAEA, 28(1), pp. 147-174.

SCANLON, B. R.; HEALY, R. W.; COOK, P. G. (2002). “Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge”. Hydrogeology Journal, 10(1), pp. 18-39.

SILVA, M. L. (2024). “Águas subterrâneas: riquezas minerais da Amazônia”. Amazônia, pp. 67-85.

SIMON, F. W.; REGINATO, P. A. R.; KIRCHHEIM, R. E.; TROIAN, G. C. (2017). “Estimativa de recarga do sistema aquífero Guarani por meio da aplicação do método da variação da superfície livre na bacia do rio Ibicuí-RS”. Águas Subterrâneas, 31(2), pp. 12-29.

TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. (2018). “Métodos WTF e simulação numérica de fluxo para estimativa de recarga-exemplo Aquífero Rio Claro em Paulínia/SP”. Águas Subterrâneas, 32(2), 173-180.

WINTER, T. C. (2000). “Ground water and surface water: a single resource”. Diane Publishing.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.