



**XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**  
**15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES**  
**DE LÍNGUA PORTUGUESA**

**EXPERIÊNCIAS CIENTÍFICAS DE 25 ANOS DE MONITORAMENTO  
HIDROLÓGICO NO VALE ALUVIAL DO MIMOSO**

*Thayná Alice Brito Almeida<sup>1</sup>; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro<sup>2</sup> & Ailton Alves de  
Carvalho<sup>3</sup>*

**RESUMO** – No semiárido brasileiro, os aquíferos aluviais são estratégicos para o desenvolvimento e manutenção das comunidades agrícolas. Entretanto, as restrições no uso e na disponibilidade das águas subterrâneas nos aluviões estão diretamente ligadas à sazonalidade e à variabilidade espacial de seus níveis de salinidade. O objetivo deste trabalho é apresentar os estudos e levantamentos realizados ao longo de 25 anos como um comparativo entre as instrumentações empregadas nos seus respectivos monitoramentos, e perspectivas de investigações compartilhadas no âmbito da experimentação hidrológica e da modelagem.

**Palavras-Chave** – recursos hídricos, semiárido, monitoramento participativo.

**SCIENTIFIC EXPERIENCES FROM 25 YEARS OF HYDROLOGICAL  
MONITORING IN THE MIMOSO ALLUVIAL VALLEY**

**ABSTRACT**– In the Brazilian semiarid region, alluvial aquifers are strategic for the development and maintenance of agricultural communities. However, restrictions on the use and availability of groundwater in the alluvium are directly linked to seasonality and the spatial variability of their salinity levels. The objective of this work is to present the studies and surveys carried out over 25 years as a comparison between the instruments used in their respective monitoring, and perspectives of shared investigations in the scope of hydrological experimentation and modeling.

**Keywords** – water resources, semi-arid, participatory monitoring.

## INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são de suma importância econômica e estratégica para o desenvolvimento regional. A gestão de recursos hídricos envolve o conjunto de procedimentos organizados no sentido de solucionar ou evitar os problemas referentes ao uso e controle da água disponível (Otoch et al.,

<sup>1</sup>) Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna\_tau@hotmail.com

<sup>2</sup>) Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

<sup>3</sup>) Pesquisador bolsista, INSA/MCTI: Av. Francisco Lopes de Almeida, s/n - Serrotão, Campina Grande – PB, e-mail: ailtonalvesst@gmail.com

2019). Nesse sentido, as águas subterrâneas representam um recurso importante para o abastecimento público e agrícola, que está interligado com outros componentes do ciclo hidrológico (Haas e Birk, 2019). Em muitas partes do mundo, este recurso é frequentemente considerado como a única fonte hídrica perene disponível, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde desempenha um papel importante no abastecimento de famílias e cidades durante a estação seca (Coelho et al., 2017).

Na região semiárida, o clima que se estende por grandes porções dessa área, causa déficits hídricos extremos por causa das baixas chuvas e alta evapotranspiração (Montenegro e Ragab, 2010). A região depende fortemente da exploração de aquíferos aluviais para atender à demanda de populações dispersas e às práticas de irrigação em pequena escala, devido ao déficit hídrico existente na maior parte do ano. Entretanto, esses aluviões são susceptíveis ao acúmulo de sais, tanto na zona não-saturada quanto na saturada, a depender, dentre outros fatores, da distribuição espacial de suas características hidráulicas (Montenegro e Montenegro, 2006; Monteiro et al., 2014).

Um entendimento completo da dinâmica hidro-salina das águas subterrâneas é fundamental para proteger os recursos hídricos subterrâneos sob condições de mudança climática e aumento de pressões antrópicas (Zang et al., 2020). A avaliação da qualidade da água tem uma implicação importante para o potencial da água subterrânea como recurso, e pode indicar onde os impactos negativos podem ser mitigados, além de realizar um esquema de avaliação para o programa de conservação de água (Slama e Sebei, 2020). Reddy et al. (2019) constataram que a qualidade das águas subterrâneas varia no espaço e no tempo (período sazonal), além de sofrer influência da profundidade do aquífero e tipo da rocha presente na área.

No Brasil são escassos os monitoramentos contínuos da dinâmica hidro-salina em vales aluviais. Neste aspecto, o vale aluvial do Riacho do Mimoso, semiárido de Pernambuco, vem sendo monitorado e realizado diversas pesquisas nas últimas décadas, em relação à distribuição espacial e temporal das águas subterrâneas (Montenegro, 1997; Monteiro et al., 2014; Fontes Júnior e Montenegro, 2017), à qualidade das águas (Andrade et al., 2012), aos mecanismos de recarga (Andrade et al., 2014; Albuquerque et al., 2015; Coelho et al., 2017), e à produção agrícola (Santos et al., 2018). Essas investigações ressaltam seu potencial para a agricultura irrigada, porém apontam para os riscos de salinização de água e solo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar os principais resultados do monitoramento contínuo realizando uma linha temporal, comparando os aspectos hidrológicos, a qualidade e a quantidade de água disponível, bem como as recomendações empregadas nos seus respectivos

monitoramento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O vale aluvial está localizado na Bacia do Riacho Mimoso (BRM), sub-bacia do Alto Ipanema, localizada no município de Pesqueira, Região Agreste do Estado de Pernambuco, Brasil. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSsh (extremamente quente, semiárido), com pluviometria média anual de 630 mm. O aquífero estudado possui espessura média em torno de 10 m, cerca de 3 km de extensão e 300 m de largura, com um declive topográfico natural de aproximadamente 0,3% (Oeste-Leste), induzindo um fluxo subterrâneo natural na mesma direção e sentido (Montenegro et al., 2003).

A rede de drenagem da BRM é composta pelos riachos Mimoso, Ipaneminha e Jatobá (Figura 1), sendo o primeiro, embora intermitente, o principal curso de água da bacia, conectado ao aquífero em toda a sua extensão (Montenegro e Montenegro, 2006). O aquífero apresenta espessura média em torno de 10 m, cerca de 3 km de extensão e 300m de largura com um declive topográfico natural de aproximadamente 0,3%, possuindo em suas margens granito e gnaiss da formação cristalina (Montenegro e Montenegro, 2006). Montenegro et al. (2003) indicaram que a profundidade média do lençol freático varia entre 2 m e 4m, para os períodos chuvosos e seco respectivamente.

A área de estudo possui uma malha de poços e piezômetros georreferenciados; cada piezômetro possui cerca de 10 m de profundidade, e diâmetro de 100 mm, protegidos com tela e com filtro em cascalho (Fontes Júnior et al., 2012). Existem na área atualmente 60 piezômetros em operação, e 28 poços de grande diâmetro utilizados para irrigação. Esses piezômetros foram instalados em julho de 1995, para caracterizar o aluvião, por Montenegro (1997), o qual obteve valores de condutividade hidráulica saturada com distribuição Log Normal.

Os solos do vale foram levantados por Corrêa & Ribeiro (2001) seguindo o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos), onde descrevem a geomorfologia sendo de superfície aplainada com um terraço aluvial formado por sedimentos aluviais e de variada textura, conforme Figura 1. As encostas com solos pouco profundos com embasamento geológico Pré-cambriano, formado principalmente por gnaisses e granitos.

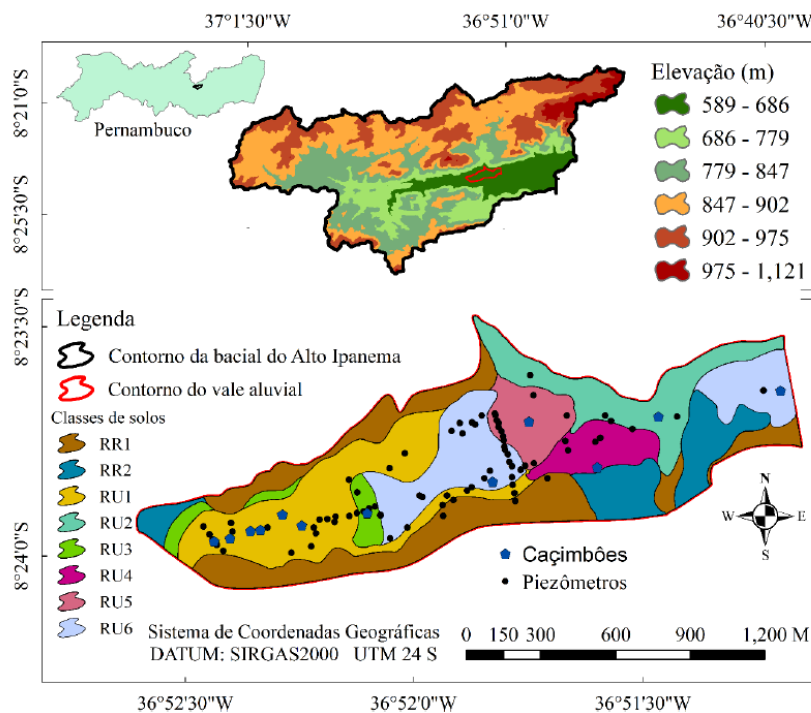


Figura 1. Mapa de elevação da bacia do Alto Ipanema, da classe de solo do Vale Aluvial e da distribuição espacial dos piezômetros, Pesqueira-PE (Carvalho et al., 2018)

A classificação pedológica do vale é distribuída em: RR1 – Neossolo Regolítico (Eutrófico léptico + Neossolo Litólico Eutrófico típico, ambos fase suave ondulado); RR2 Neossolo Regolítico (Eutrófico solódico textura média (leve) fase relevo plano e suave ondulado); RUI Neossolo Flúvico Tb (Eutrófico típico textura arenosa ou média (leve) / média (leve) ou arenosa moderadamente drenado); RU2 Neossolo Flúvico Tb (Eutrófico típico textura média (leve) / média (leve) ou arenosa moderadamente drenado); RU3 Neossolo Flúvico (Sódico típico textura média (leve) / média ou arenosa moderadamente drenado); RU4 Neossolo Flúvico (Sódico típico textura média / média (leve) ou arenosa moderadamente drenado); RU5 Neossolo Flúvico (Sódico salino textura média / média (leve) ou média imperfeitamente drenado); RU5 Neossolo Flúvico (Sódico salino textura média imperfeitamente drenado) (Correa & Ribeiro, 2001).

O aluvião é fonte prioritária de suprimento para a agricultura irrigada na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, onde estão assentadas mais de 100 famílias, que desenvolvem agricultura irrigada desde dezembro de 1991, em lotes de cerca de 1 ha, utilizando quatro poços comunitários e 28 cacimbões. Os poços comunitários foram construídos pelo Governo do Estado de Pernambuco para dar suporte as atividades de irrigação, e constituem poços de grande diâmetro (tipo amazonas) com ponteiros radiais (Andrade et al., 2010). Ao longo dos anos, os outros poços de grande diâmetro

foram construídos pela própria comunidade para aumentar a captação de água do aquífero a fim de incrementar a prática de irrigação.

O monitoramento do vale aluvial é conduzido mensalmente desde 1995 (Montenegro, 1997), através de leituras do nível da água nos piezômetros e de coleta de amostras da água para posterior leitura da condutividade elétrica (CE). O monitoramento hidrológico vem sendo realizado de forma participativa com os produtores da comunidade local, com destaque para os agricultores irrigantes, o que permite desenvolver diversas atividades de extensão que são executadas, ressaltando o incentivo a práticas conservacionistas de água e solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pioneiramente, Mackay e Montenegro (1996) procederam a detalhado estudo da variabilidade espacial nas propriedades hidráulicas da zona saturada do aluvião. Testes de condutividade hidráulica foram realizados em 63 piezômetros especialmente construídos para fins de caracterização e monitoramento. Com base em medidas replicadas de campo e no semivariograma resultante, mapa de condutividade hidráulica da zona saturada foi gerado para o domínio, demonstrando o elevado grau de variabilidade espacial das propriedades hidráulicas do aquífero.

A dinâmica hidrológica do aluvião em resposta a eventos de evapotranspiração, de precipitação pluviométrica e de irrigação foi sequencialmente investigada por Montenegro et al. (2003) e Montenegro et al. (2004) com base em modelagem integrada das zonas saturada e não-saturada. Em virtude da variabilidade temporal de eventos climáticos e hidrológicos típica do semiárido Nordeste, a profundidade do lençol freático no domínio em estudo apresentou marcante sazonalidade, com variações anuais superiores a 3 metros. Tais oscilações têm grande importância na duração de eventos de recarga e na magnitude de fenômenos capilares, como é discutido neste trabalho. A depender das concentrações salinas presentes na franja capilar, significativos aportes podem ocorrer em direção à rizosfera, provenientes de lençol freático raso.

Neste aspecto, ao analisar o comportamento da evapotranspiração no período de 2009 a 2019 (Figura 2), constatou-se um comportamento semelhante ao encontrado por Montenegro e Ragab (2010), avaliando a mesma região no período de 1961 a 1999, que constataram que a evapotranspiração é sensível à variação de temperatura e ocorrências de chuvas, em meses mais quentes como Outubro a Janeiro, há um aumento nas taxas de ETo, enquanto que para meses chuvosos, de Março a Agosto, ocorre a diminuição nos valores de ETo.

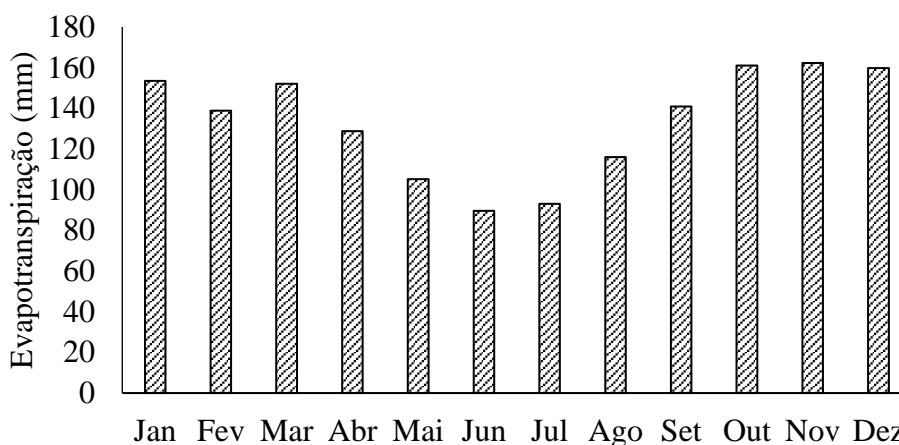


Figura 2. Média mensal dos valores de evapotranspiração, para o período de 2009 a 2019, no Vale do Mimoso-PE.

No tocante a salinidade, Andrade et al. (2012) buscaram avaliar a dinâmica salina do aquífero e a sua variação espaço-temporal, com a aplicação de técnicas geoestatísticas, e identificaram padrões de variabilidade e dependência espacial na condutividade elétrica. Fontes Júnior e Montenegro (2017), utilizando o método geoestatístico, identificaram alta incerteza na dependência temporal da salinidade, correlacionando-a com eventos de recarga e períodos de elevada evapotranspiração.

Verificou-se que as regiões de maior CE estão situadas na parte central do vale, onde segundo Andrade et al. (2012), a textura do solo é mais fina e a camada de impedimento se encontra mais próxima à superfície do solo. Estudos anteriores de Montenegro et al. (2001) indicaram que esta região central é influenciada pelo fluxo subterrâneo regionalizado e por contribuições de escoamento das encostas do vale que alimentam o freático, o que também propicia elevação da salinidade, além disso, nessa porção com CE mais elevada, existe uma mancha de solo característica (solo salino sódico), com predominância de sódio. Leal et al. (2008), realizaram um trabalho com *Atriplex numulária*, como alternativa de uso na recuperação de solos salino-sódicos, obtendo ótimos resultados de extração de sais do solo. Por sua vez, essas áreas que apresentaram águas subterrâneas com condutividade elétrica mais elevada, tenderam a não sofrer variações, mantendo concentrações elevadas ao longo do tempo conforme observa-se nos mapas de isolinhas da condutividade elétrica de janeiro a dezembro de 2019 (Figura 3).

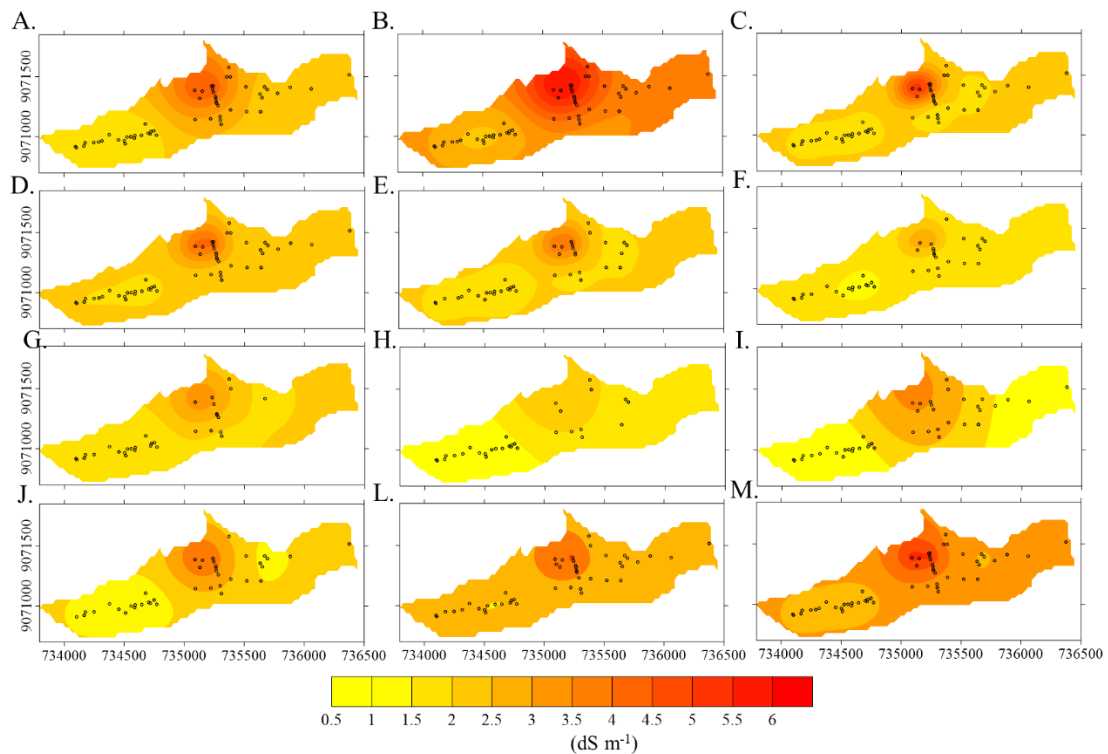


Figura 3. Mapas de krigagem da CE para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D), maio (E), junho (F), julho (G), agosto (H), setembro (I), outubro (J), novembro (L) e dezembro (M) de 2019.

Fontes Júnior et al. (2012), estudando o mesmo vale aluvial, constataram que o comportamento do nível é determinado pela distribuição da precipitação, enquanto que a dinâmica salina do aquífero é menos evidente, já que outros fatores, como os impedimentos geológicos, podem interferir na dinâmica de sais das águas subterrâneas. A resposta do nível do aquífero aluvial aos eventos de precipitação, notavelmente é mais acentuada do que a resposta da CE, conforme observa-se na Figura 4.

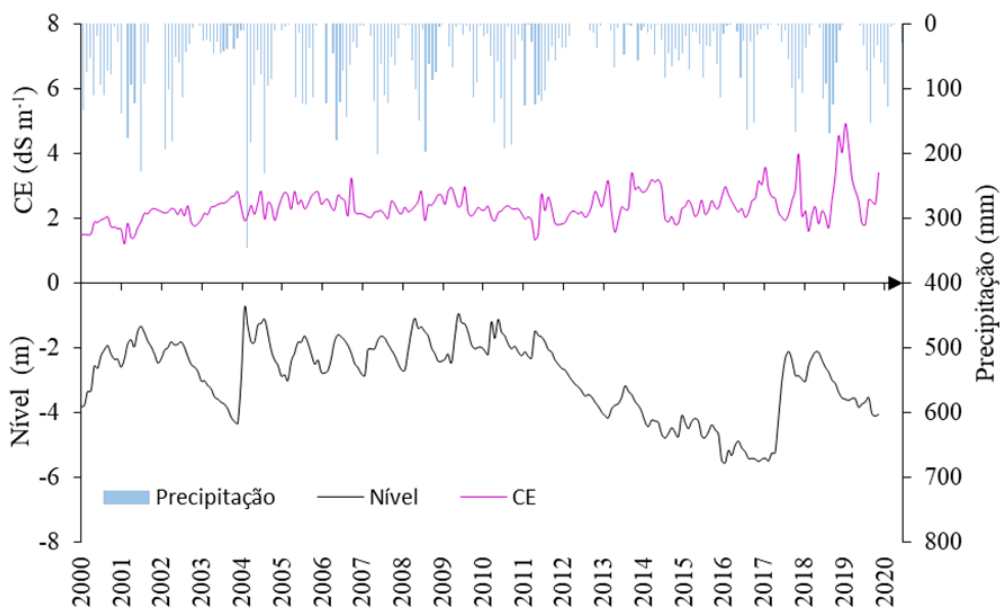


Figura 4 - Série temporal mensal dos níveis potenciométricos, CE (condutividade elétrica) e precipitação no vale aluvial Riacho do Mimoso.

Montenegro et al. (2003), analisando a dinâmica hidrossalina da condutividade elétrica do vale aluvial em estudo, destacaram a condutividade hidráulica e a textura do solo como fatores determinantes na dinâmica salina do vale. Além disso, a intensidade de extração, atrelado ao manejo incorreto da irrigação, são fatores que podem aumentar a concentração de sais na água (Monteiro et al., 2014).

Com relação ao uso e ocupação dos lotes irrigados no Vale Aluvial do Mimoso, as informações relativas às áreas cultivadas, tipos de culturas e taxas de explorações associadas em cada poço comunitário no período de 2009 a 2020, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Uso e ocupação do solo e taxas de extração no Vale Aluvial do Mimoso, Pesqueira – PE.

Poços	Área (ha)	Culturas	Extrações (m <sup>3</sup> /dia)		
			Máx	Méd	Min
PC 2	1,73	Cenoura, Goiaba, Pimentão, Repolho e Tomate	66,783	29,176	3,093
PC 3	1,42	Cenoura, Maxixe, Pimentão, Quiabo e Repolho	50,012	24,952	3,792
PC 4	3,32	Feijão e Coentro	113,946	44,305	4,748

Estes valores acentuados de extração média são resposta da elevada demanda hídrica em função das culturas implantadas nos lotes associados, assim como a maior abrangência de áreas irrigadas.



Verifica-se que os poços PC1 e PC4 atendem a cerca de 34% de toda a área irrigada do Vale do Mimoso.

O projeto de irrigação com base na água do aquífero aluvial o qual está inserido na bacia do rio Ipanema, iniciou-se no ano de 1991, onde eram utilizados 4 poços público do tipo amazonas, e até o momento mais catorze poços de grande diâmetro foram construídos de maneira artesanal, para a retirada de água do aquífero para usos domésticos (Montenegro et al., 2003).

Monteiro et al. (2014) avaliando o vale aluvial do Mimoso quanto as extrações médias de água para fins agrícolas, concluíram que a condição de bombeamento adotada pelos agricultores, não apresentava risco significativo que comprometesse o potencial hídrico subterrâneo. No entanto, dada a importância da produção agrícola nessa região e as tendências de declínio dos níveis de água do aquífero, esse incremento na vazão de extração alerta para um possível colapso no sistema de armazenamento do aquífero.

Visando a sustentabilidade do uso do aquífero, Coelho et. al (2017) utilizou o método de sensoriamento remoto para estimar recarga de água subterrânea com a avaliação complementar de parâmetros locais de balanço hídrico que influenciam nas recargas, como a precipitação e evapotranspiração. Albuquerque et al. (2015) consideram a variabilidade temporal e espacial da recarga com uma questão importante a ser analisada em uma pesquisa hidrológica e que a possibilidade de extração do recurso varia espacialmente e depende de propriedades local e dos índices pluviométricos.

## CONCLUSÕES

O monitoramento contínuo do vale aluvial é de suma importância para compreensão da capacidade de suporte em uso intensivo.

A substituição de vegetação nativa por áreas agrícolas para irrigação, compromete a recarga e tornou o vale mais susceptível ao colapso por uso intensivo.

A variabilidade temporal e espacial do nível, mostra-se como uma ferramenta de suporte na gestão do solo e da água do vale.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq (Processo nº 420.488/2018-9), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco-FACEPE, ao projeto Aliança para Gestão de Recursos Hídricos no Semiárido de Pernambuco (Consórcio UNIVERSITAS) financiado pela FACEPE (Processo No. APQ-0300-

5.03/17), à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), e à Financiadora de Estudos e Projetos-FINEP.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, T. S.; Montenegro, S. M. G. L.; Montenegro, A. A. A.; Rodrigues, D. F. B. Estimation of alluvial recharge in the semiarid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 211-221, 2014.
- Andrade, T.S.; Montenegro, S.M.G.L.; Montenegro, A.A.A.; Rodrigues, D.F.B. Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, 2012.
- Coelho, V. H. R.; Montenegro, S. M. G. L.; Almeida, C. N.; Silva, B. B.; Oliveira, L. M. M.; Gusmao, A. C. V.; Freitas, E. S.; Montenegro, A. A. A. Alluvial groundwater recharge estimation in semi-arid environment using remotely sensed data. **Journal of Hydrology**, v. 548, p.1-15, 2017.
- Fontes Júnior, R.V.P.; Montenegro, A.A.A. Temporal dependence of potentiometric levels and groundwater salinity in alluvial aquifer upon rainfall and evapotranspiration. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.22, n.54, 2017.
- Fontes Júnior, R.V.P.; Montenegro, A.A.A.; Montenegro, S.M.G.L.; Santos, T.E.M. Estabilidade temporal da potencialidade e da salinidade no vale aluvial no semárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1188-1197, 2012.
- Haas, J.C.; Birk, S. Trends in Austrian groundwater – Climate or human impact? **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v.22, p.1-17, 2019.
- Leal, I. G.; Accioly, A. M. D. A.; Nascimento, C. W. A. D.; Freire, M. B. G. D. S.; Montenegro, A. A. D. A.; Ferreira, F. D. L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.1065-1072, 2008.
- Monteiro, A. L. N.; Montenegro, A. A. A.; Montenegro, S. M. G. L. Modelagem de fluxo e análise do potencial hídrico de aquífero aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 151-163, 2014. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n3.p151-163>.
- Montenegro, A. A. A. Stochastic Hydrogeological modelling of aquifer salinization from small scale agriculture in Northeast Brazil. University of Newcastle, 1997. 272p. PhD Thesis
- Montenegro, A. A. A.; Montenegro, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.10, p.30-37, 2006.
- Montenegro, A. A. A.; Ragab, R. Hydrological response of a Brazilian semiarid catchment to different land use and climate change scenarios: modeling study. **Hydrological Processes**, v.24, p.2705-2723, 2010.
- Montenegro, S. M. G. L.; Montenegro, A. A. A.; Mackay, R.; Oliveira, A. S. C. Dinâmica hidro-salina em aquífero aluvial utilizado para agricultura irrigada familiar em região semiárida. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, p.85-92, 2003.
- Reddy, B. M.; Sunitha, V. Prasad, M.; Reddy, Y.S.; Reddy, M.R. Groundwater for Sustainable Development Evaluation of groundwater suitability for domestic and agricultural utility in semi-arid region of Anantapur, Andhra Pradesh State, South India. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 9, p. 1-12, 2019.
- Slama, T.; Sebei, A. Spatial and temporal analysis of shallow groundwater quality using GIS, Grombalia aquifer, Northern Tunisia. **Journal of African Earth Sciences**, n. 170, p.1-17, 2020.