XVIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
XVIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO QUATERNÁRIO (SAQ) NA REGIÃO COSTEIRA EM SERGIPE – SERGIPE HYDROGEOLOGICAL RESEARCH SITE (SEHRES)

Clívia Santana Maia Santos[1]; Roger Dias Gonçalves[2]; Joel Marques da Silva[3]; Leina Santos Costa[4] & Nyvia Maria Santos Ribeiro Saturnino[5]

RESUMO – Este estudo investigou os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Quaternário (SAQ) no *Sergipe Hydrogeological Research Site* (SEHRES), localizado no campus da Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão (SE). O SAQ é um aquífero livre, raso e poroso, constituído por depósitos quaternários sobre unidades sedimentares subjacentes. Foi realizada uma campanha de monitoramento em maio de 2026 em 15 poços tubulares, utilizando sonda multiparamétrica para obtenção de dados de temperatura, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade e pH. Os dados foram integrados em ambiente SIG no ArcGIS 10.5. A distribuição espacial revelou tendência de diminuição dos valores de CE, STD, salinidade e pH no sentido montante-jusante, acompanhando o fluxo subterrâneo e sugerindo atuação do aquífero como meio natural de filtração. Os dados reforçam a importância do monitoramento contínuo para compreensão da dinâmica subterrânea na região costeira de Sergipe.

ABSTRACT– This study investigated the physicochemical parameters of groundwater from the Quaternary Aquifer System (QAS) at the Sergipe Hydrogeological Research Site (SEHRES), located on the campus of the Federal University of Sergipe, in São Cristóvão, Sergipe State, Brazil. The QAS is a shallow, unconfined, porous aquifer composed of Quaternary deposits overlying underlying sedimentary units. A monitoring campaign was carried out in May 2026 in 15 tubular wells, using a multiparameter probe to measure temperature, dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), salinity, and pH. The data were integrated into a GIS environment using ArcGIS 10.5. The spatial distribution revealed a decreasing trend in EC, TDS, salinity, and pH values from upstream to downstream, following the groundwater flow direction and suggesting that the aquifer may act as a natural filtration medium. The results reinforce the importance of continuous monitoring for understanding groundwater dynamics in the coastal region of Sergipe.

Palavras-Chave – Monitoramento hidroquímico; Vulnerabilidade aquífera; Qualidade da água subterrânea.

[1]) Departamento de Geologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. cliviasantana@academico.ufs.br
[2]) Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. roger.dias@academico.ufs.br
[3]) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. marquesengpetro@gmail.com
[4]) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. leinasantos@academico.ufs.br
[5]) Grupo de Pesquisas Hidrogeológicas e Ambientais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. nyviasaturnino@academico.ufs.br

1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea representa a principal reserva de água doce disponível na Terra, preenchendo os poros das formações rochosas na zona saturada abaixo da superfície (Swain *et al*., 2022). Sua relevância decorre de sua melhor qualidade em relação às águas superficiais, apresentando menores concentrações de partículas em suspensão e microrganismos, o que a torna essencial para o abastecimento humano, atividades industriais e irrigação (Swain *et al*., 2022).

A interação entre os cursos d'água subterrâneos e a superfície terrestre permite que contaminantes provenientes de atividades humanas, como agricultura, indústria e urbanização, infiltrem-se e deterioram a qualidade da água subterrânea, afetando a saúde humana e os ecossistemas (Ali e Negm, 2024). Diante disso, o estudo da qualidade da água subterrânea é crucial, pois ajuda a identificar potenciais riscos de contaminação, garantir água potável segura e proteger os ecossistemas de substâncias tóxicas.

A concentração química das águas subterrâneas é amplamente influenciada por diversos fatores, como os tipos de aquíferos pelos quais a água percola, o clima, a composição da água de recarga, a contaminação causada pelo homem e as condições hidrogeológicas específicas do local, entre outros (Xiao *et al*., 2022). Segundo a CETESB (2017), o monitoramento sistemático da qualidade da água subterrânea é essencial para o entendimento da hidrogeoquímica dos aquíferos e da condição dos parâmetros de qualidade.

Os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas variam substancialmente dependendo da topografia, localização, movimento e fonte, influenciando as aplicações dessas águas (Somers e McKenzie, 2020). Para salvaguardar esse recurso, são essenciais estruturas de avaliação abrangentes. Estas incluem o monitoramento físico-químico e a caracterização hidrogeoquímica, que ajudam a rastrear as fontes de contaminação e a orientar as estratégias de gestão da água.

Diante desse cenário, torna-se fundamental à implementação de redes de monitoramento quali-quantitativo capazes de acompanhar a dinâmica hidrogeoquímica dos aquíferos e identificar possíveis alterações na qualidade das águas subterrâneas. O *Sergipe Hydrogeological Research Site* (SEHRES) destaca-se como uma área experimental voltada ao monitoramento hidrogeológico no estado de Sergipe. A partir dessa rede de monitoramento, o presente trabalho realiza a caracterização físico-química das águas subterrâneas de 15 poços tubulares monitoráveis, visando ampliar o entendimento sobre a dinâmica subterrânea na área de estudo.

2. OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos do Sistema Aquífero Quaternário (SAQ) através da rede de monitoramento *Sergipe Hydrogeological Research Site* (SEHRES). Para tanto, foi realizada uma campanha de monitoramento em maio de 2026, com a subsequente análise qualitativa das águas subterrâneas de 15 poços tubulares monitoráveis distribuídos na região.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O SEHRES consiste em uma rede de monitoramento sistemático voltada a pesquisas hidrogeológicos e ambientais (Saturnino *et al*., 2024). A área é composta por poços tubulares com cerca de 20 metros de profundidade, apresentando vazões de estabilização que podem alcançar 13 m³/h. Os poços captam águas subterrâneas de um aquífero raso, livre e de natureza porosa, representativo de um sistema aquífero superficial presente no campus "José Aloísio de Campos" da Universidade Federal de Sergipe (UFS), situado no município de São Cristóvão (SE) (Figura 1).

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, que, juntamente com outras sete bacias, compõe a rede hidrográfica do estado. Nesse contexto, destaca-se a sub-bacia do Rio Poxim, que atravessa a região no sentido noroeste-sudeste e possui como principal curso d'água o Rio Poxim-Açu. Esse sistema fluvial possui grande importância para o suprimento de água de órgãos públicos e instituições da região, entre elas a Universidade Federal de Sergipe.

Geologicamente, a área é composta por unidades sedimentares como o Grupo Barreiras, terraços marinhos pleistocênicos e depósitos flúvio-lagunares. Os sedimentos quaternários recobrem o Grupo Barreiras, registrando eventos transgressivos marinhos do Pleistoceno e Holoceno (Bittencourt *et al*., 1983). Os depósitos flúvio-lagunares, formados por sedimentos arenosos e argilosos ricos em matéria orgânica, ocorrem ao longo das drenagens, enquanto os terraços marinhos são constituídos por areias bem selecionadas, associadas a paleofalésias esculpidas nos sedimentos do Grupo Barreiras. Em subsuperfície, destaca-se o Grupo Piaçabuçu, com a Formação Calumbi, caracterizada por folhelhos depositados em ambiente transgressivo após a substituição de depósitos carbonáticos por siliciclásticos ao final do Cretáceo (Campos Neto *et al*., 2007).

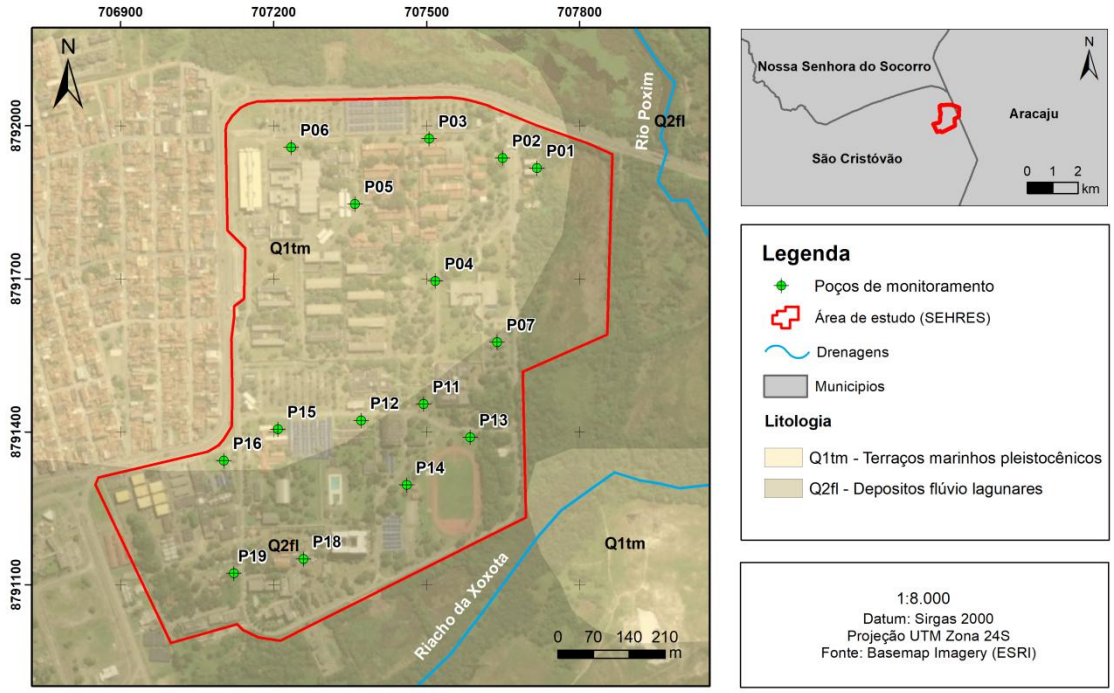


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, denominada de SEHRES – Sergipe Hydrogeological Research Site, situada no Campus da Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão – SE. Fonte: Santos *et al*., 2025.

Do ponto de vista climático, o SEHRES está localizado em uma região de clima tropical úmido com estação seca no verão (As), caracterizado por sazonalidade bem definida, que influencia diretamente tanto a recarga do aquífero quanto a dinâmica do fluxo subterrâneo (Fadipe *et al*., 2022). Durante a estação chuvosa, a maior infiltração da água da chuva favorece a reposição do aquífero e intensifica a interação entre águas subterrâneas e cursos d'água superficiais (Saturnino *et al*., 2024). Já na estação seca, a redução da precipitação pode ocasionar o rebaixamento do nível freático, tornando os corpos hídricos mais dependentes da descarga subterrânea para manutenção do fluxo.

3.2. BOMBEAMENTO POR BAIXA VAZÃO

O bombeamento por baixa vazão (*Low Flow*) consiste em uma técnica de amostragem de águas subterrâneas realizada com vazões reduzidas, geralmente inferiores a 500 mL/min, com o objetivo de minimizar a perturbação do poço e preservar as condições naturais do aquífero. Com o nível da água relativamente estável, é possível monitorar em tempo real os físico-químicos por meio de sonda multiparamétrica acoplada à célula de fluxo. A medição é realizada somente após a estabilização das variáveis analisadas, garantindo maior representatividade do fluxo natural do aquífero, reduzindo interferências como turbidez excessiva e alterações químicas decorrentes do contato com o ar.

3.3. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A coleta dos parâmetros físico-químicos foi realizada em 04/05/2026 nos 15 poços monitoráveis presentes na área de estudo. A medição foi feita utilizando uma sonda multiparamétrica do modelo HANNA HI9829, equipamento de registro portátil à prova d'água que monitora até 14 parâmetros diferentes de qualidade da água, transmitindo os dados rapidamente para um medidor com registro interno. Este medidor é utilizado em estudos ambientais e reconhecido pela confiabilidade na medição de parâmetros físico-químicos em diversos corpos hídricos, incluindo aquíferos subterrâneos.

Foram monitorados os seguintes parâmetros: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), condutividade elétrica (µS cm^{-1}), sólidos totais dissolvidos (mg L^{-1}), salinidade (ppt), pH, turbidez (NTU), profundidade (m) e localização geográfica, obtida por meio de GPS integrado. Na fase de tratamento dos dados, os valores dos parâmetros coletados foram tabulados e, com o uso do software ArcGIS (versão Desktop 10.5), integrados em um sistema de informações geográficas (SIG) para elaboração de mapas temáticos com a distribuição espacial dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos avaliados estão representados na Tabela 1 e espacialmente por meio de mapas temáticos (Figuras 2 a 4). Os parâmetros incluem temperatura (°C), OD (mg L^{-1}), CE (µS cm^{-1}), STD (mg L^{-1}), salinidade (ppt) e pH.

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros físico-químicos da campanha realizada em 04/05/2026.

POÇO	Temperatura (°C)	O.D (mg L^{-1})	C.E. (µS cm^{-1})	STD (mg L^{-1})	Salinidade (ppt)	pH
P01	32.10	1.72	183	81	0.07	5.57
P02	29.67	1.86	199	100	0.09	4.64
P03	30.69	1.79	324	162	0.15	5.46
P04	29.16	1.86	101	51	0.05	5.06
P05	27.87	1.99	102	51	0.05	5.78
P06	32.14	1.67	172	86	0.08	6.27
P07	28.36	1.90	91	45	0.04	5.05
P11	28.44	1.83	181	90	0.08	4.04
P12	30.1	2.4	184	84	0.08	6.46
P13	28.52	2.38	138	69	0.06	4.11
P14	32.79	1.76	163	81	0.07	5.10
P15	29.63	1.77	359	180	0.17	5.28
P16	31.78	2.56	478	239	0.23	7.04
P18	30.43	2.52	173	86	0.08	4.81
P19	31.22	1.71	237	119	0.11	5.38

As concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram entre 1,67 mg L^{-1} (P06) e 2,56 mg L^{-1} (P16), apresentando média de 1,98 mg L^{-1}. Os baixos teores são compatíveis com o comportamento esperado para águas subterrâneas rasas. Em aquíferos livres, o oxigênio tende a ser consumido durante a infiltração da água através da zona não saturada, principalmente devido à degradação microbiológica da matéria orgânica e às reações de oxidação-redução presentes no meio sedimentar (Feitosa *et al*., 2008). Os valores relativamente mais elevados em poços como P12, P13, P16 e P18 podem indicar influência de entradas superficiais, aspecto já observado em estudos prévios do SEHRES (Santos *et al*., 2025).

A condutividade elétrica variou de 91 µS cm^{-1} (P07) a 478 µS cm^{-1} (P16) (Figura 2), com média de 205,7 µS cm^{-1}. Águas subterrâneas naturais normalmente apresentam CE entre 10 e 100 µS cm^{-1}, e valores acima desse intervalo podem refletir condições de contaminação antrópica (Brasil, 2006). Embora os valores mais elevados registrados nas águas dos poços P03, P15 e P16 possam sugerir alguma influência antrópica local, os resultados obtidos não apresentam evidências suficientes que confirmem essa hipótese, uma vez que sugerem maior influência da interação rocha-fluido, favorecendo a dissolução de minerais e o enriquecimento iônico das águas subterrâneas.

Além disso, a distribuição espacial dos mapas evidencia uma tendência de diminuição dos valores de CE e STD no sentido montante-jusante da área de estudo, indicando possível atuação do aquífero como um sistema natural de filtração, no qual os materiais geológicos contribuem para a atenuação das concentrações iônicas ao longo do fluxo subterrâneo.

Os valores de STD exibem comportamento espacial semelhante com a CE, variando entre 45 mg L^{-1} (P07) e 239 mg L^{-1} (P16) (Figura 2), com média de 101,6 mg L^{-1}. Essa relação é esperada, uma vez que a condutividade elétrica depende diretamente da quantidade de íons dissolvidos presentes na água. Apesar das variações observadas, esse parâmetro apresenta valores bem abaixo do limite de 500 mg L^{-1} para destinadas ao consumo humano, indicando que todos os poços estão em conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021.

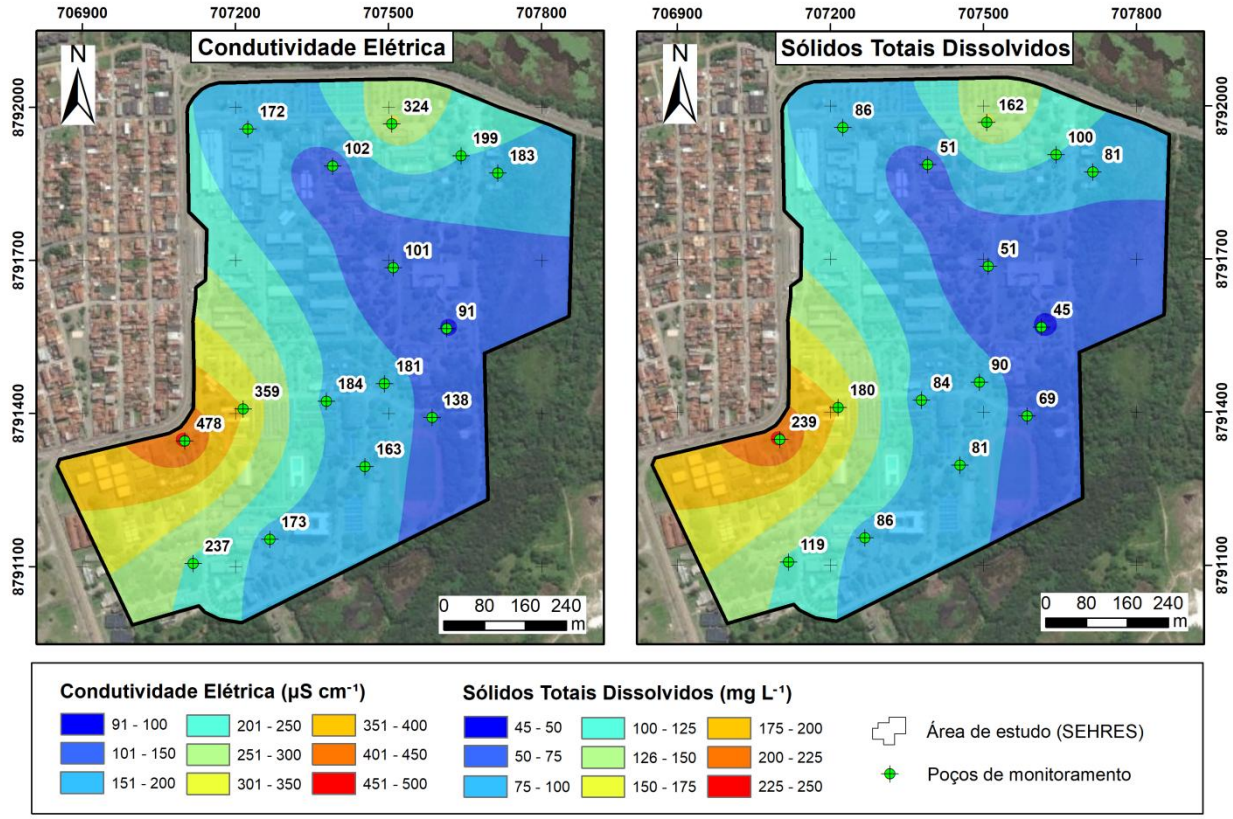


Figura 2 – Mapas de distribuição espacial de Condutividade Elétrica (µS cm⁻¹) e Sólidos Totais Dissolvidos (mg L⁻¹) nos poços do SEHRES.

A salinidade das águas dos poços variou de 0,04 ppt (P07) a 0,23 ppt (P16) (Figura 3), com média de 0,094 ppt. Todos os poços apresentam águas doces (< 0,5 ppt), conforme classificação do CONAMA (2005). A forte correlação observada entre a salinidade com a CE e STD indica que a variação desse parâmetro está associada principalmente à concentração dos íons dissolvidos nas águas subterrâneas.

Em regiões costeiras, o spray marinho também pode atuar como fonte adicional de sais, contribuindo para o enriquecimento iônico das águas subterrâneas rasas, porém os resultados indicam ausência de evidências significativas de salinização na área monitorada.

O pH variou de 4,04 (P11) a 7,04 (P16), com média de 5,34, revelando predomínio de condições ácidas (Figura 3). Resultados semelhantes foram registrados por Santos *et al*. (2024), reforçando que a acidez constitui uma característica hidrogeoquímica natural do SAQ no contexto do SEHRES. O poço P16 destaca-se como um outlier em relação aos demais pontos monitorados, apresentando valor próximo da neutralidade e coincidindo com os maiores valores de CE, STD e salinidade, sugerindo influência da interação água-rocha ou contribuições localizadas associadas às condições superficiais do entorno do poço.

A distribuição espacial do pH evidencia uma tendência de diminuição dos valores no sentido montante-jusante, com águas menos ácidas nas áreas de recarga e maior acidez nas porções associadas à descarga subterrânea. Dessa forma, o padrão observado reforça a influência da dinâmica de fluxo subterrâneo sobre a variabilidade espacial do pH no SEHRES.

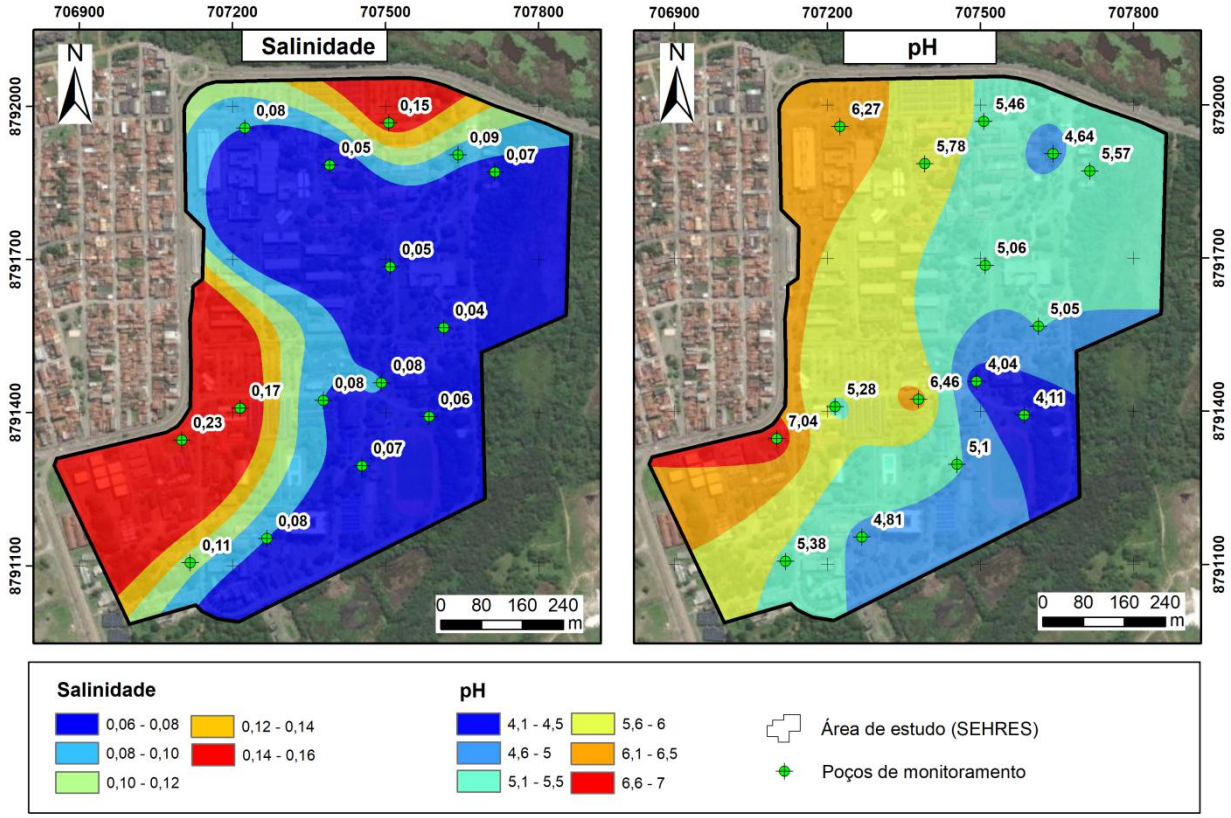


Figura 3 – Mapas de distribuição espacial de Salinidade (ppt) e pH nos poços do SEHRES.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram caracterizar os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Quaternário no âmbito do *Sergipe Hydrogeological Research Site* (SEHRES), a partir da campanha de monitoramento realizada em maio de 2026. As águas analisadas apresentaram baixa mineralização, com valores reduzidos de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade, sendo classificadas como águas doces. Os teores de sólidos totais dissolvidos permaneceram abaixo do limite estabelecido para águas destinadas ao consumo humano, enquanto a salinidade não indicou evidências de salinização significativa na área monitorada.

Os baixos valores de oxigênio dissolvido são compatíveis com águas subterrâneas rasas, nas quais o consumo de oxigênio pode estar associado à degradação de matéria orgânica e às reações de oxidação-redução no meio sedimentar. O pH apresentou predomínio de condições ácidas,

característica já observada em estudos anteriores no SEHRES, embora o poço P16 tenha se destacado por apresentar valor próximo da neutralidade e os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade, indicando possível influência local da interação água-rocha ou de condições específicas do entorno do poço.

A análise espacial evidenciou tendência de diminuição dos valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade e pH no sentido montante-jusante, acompanhando a direção geral do fluxo subterrâneo. Esse padrão sugere que a dinâmica hidrogeológica local exerce influência direta sobre a distribuição dos parâmetros físico-químicos, possivelmente associada à diluição, à atenuação natural e à interação progressiva entre a água subterrânea e os sedimentos do aquífero.

De forma geral, o estudo reforça a importância do monitoramento contínuo do SEHRES como área experimental para compreensão da dinâmica hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Quaternário em Sergipe. Embora os resultados indiquem águas de baixa salinidade e baixa mineralização, a ocorrência de pH ácido e de variações espaciais entre os poços demonstra a necessidade de continuidade das campanhas de monitoramento, incluindo diferentes períodos hidrológicos e a integração com análises hidroquímicas complementares, a fim de avaliar com maior robustez a evolução temporal da qualidade da água subterrânea na área de estudo.

REFERÊNCIAS

ALI, S.; NEGM, A. (eds.) (2024). *Groundwater quality and geochemistry in arid and semi-arid regions*. Springer, Cham, Switzerland.

BITTENCOURT, A.C. da S.P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FERREIRA, Y. de A. (1983). "Evolução paleogeográfica quaternária da costa do estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas". *Revista Brasileira de Geociências*, 13(2), pp. 93–97.

BRASIL. Ministério da Saúde (2006). *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Ministério da Saúde, Brasília – DF.

BRASIL. Ministério da Saúde (2021). *Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021: dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Diário Oficial da União, Brasília – DF. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562

CAMPOS NETO, O.P. de A.; LIMA, W.S.; CRUZ, F.E.G. (2007). "Bacia de Sergipe-Alagoas". *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), pp. 405–415. Disponível em: https://bgp.petrobras.com.br/bgp/article/view/334

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB (2017). *Variáveis de qualidade da água e objetivos do diagnóstico de qualidade da água*. CETESB, São Paulo – SP.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes*. Brasília – DF. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf

FADIPE, O.O.; ADEBANJO, A.U.; THANNI, M.O.; OLAWUYI, O.A. (2022). "Assessment of groundwater quality for irrigation purposes in Ilesha West Local Government, Osun State, Nigeria". *Water Cycle*, 3, pp. 160–170.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J.G.A. (2008). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3. ed. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro – RJ.

SANTOS, C.S.M.; JESUS, M.F.S.; SATURNINO, N.M.S.R.; DIAS, L.S.S.; COSTA, S.L.; GARCIA, C.A.B.; GONÇALVES, R.D. (2024). "Distribuição espacial de parâmetros físico-químicos do Sistema Aquífero Quaternário em Sergipe: um estudo de caso no Sergipe Hydrogeological Research Site (SEHRES) em São Cristóvão/SE". *Scientia Plena*, 20(8).

SANTOS, C.S.M.; SANTOS, M.I.; ROMANHA, V.T.; SATURNINO, N.M.S.R.; GONÇALVES, R.D. (2025). "Variações sazonais dos parâmetros físico-químicos do Sistema Aquífero Quaternário costeiro em Sergipe". *Scientia Plena*, 21(11). Disponível em: https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/8778

SATURNINO, N. M. S. R.; JESUS, M. F. S. DE; DIAS L. S. S.; SANTOS C. S. M.; GONÇALVES, R. D. (2024). "Aplicação do método WTF para estimativa de recarga subterrânea no Sistema Aquífero Quaternário em Sergipe, Brasil". *Scientia Plena*, v. 20, n. 8, pp. 1–10. DOI: 10.14808/sci.plena.2024.089909.

SOMERS, L.D.; McKENZIE, J.M. (2020). "A review of groundwater in high mountain environments". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7(6), e1475.

SWAIN, S.; TALOOR, A.K.; DHAL, L.; SAHOO, S.; AL-ANSARI, N. (2022). "Impact of climate change on groundwater hydrology: a comprehensive review and current status of the Indian hydrogeology". *Applied Water Science*, 12(6), p. 120.

XIAO, Y.; HAO, Q.; ZHANG, Y.; ZHU, Y.; YIN, S.; QIN, L.; LI, X. (2022). "Investigating sources, driving forces and potential health risks of nitrate and fluoride in groundwater of a typical alluvial fan plain". *Science of the Total Environment*, 802, p. 149909.