ANÁLISE DA EUTROFIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA PAULO AFONSO IV POR SENSORIAMENTO REMOTO COM O SCRIPT SE2WAQ

Iago José de Lima Silva [1] ; Wesley Douglas Oliveira Silva [2]; Hemmylly Cawanne Alves Pedro[3]; Maria Alyne dos Santos Lima[4]; João Vitor Isidoro dos Santos[5]; Águida Vitória Lopes de Souza[6]; Rogerio Leite dos Santos[7]; & Arthur Kauê Buarque da Silva[8]

RESUMO – O monitoramento de corpos hídricos em regiões semiáridas é crucial devido à vulnerabilidade aos processos de eutrofização. Este estudo objetivou analisar a dinâmica da eutrofização no reservatório da Usina Hidrelétrica Paulo Afonso IV entre janeiro e maio de 2026. Utilizou-se o sensoriamento remoto por meio do script Sentinel-2 Water Quality (Se2WaQ) aplicado a imagens do satélite Sentinel-2, estimando parâmetros como clorofila-a, cianobactérias, turbidez e matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM), complementado por validação visual em campo. Os resultados do algoritmo indicaram baixas concentrações de clorofila-a (0,49 a 1,19 mg/m³) e turbidez próxima a zero, sugerindo um estado oligotrófico na coluna d'água líquida. Contudo, a análise temporal revelou um aumento expressivo e anômalo na reflectância das bandas do infravermelho próximo (B08 e B8A) a partir de março, atingindo valores de 0,3434 e 0,3847. A visita in loco confirmou que essa divergência espectral decorre da proliferação macrofítica massiva sobre o espelho d'água (especialmente aguapés). Conclui-se que a estrutura celular dos densos tapetes de vegetação flutuante eleva a resposta no infravermelho, mascarando a leitura da água líquida e subestimando os índices de fitoplâncton disperso, evidenciando limitações nos modelos empíricos tradicionais para reservatórios com dinâmicas complexas de macrófitas.

ABSTRACT– Water body monitoring in semi-arid regions is crucial due to vulnerability to eutrophication processes. This study aimed to analyze the eutrophication dynamics in the Paulo Afonso IV Hydroelectric Power Plant reservoir between January and May 2026. Remote sensing was used through the Sentinel-2 Water Quality (Se2WaQ) script applied to Sentinel-2 satellite imagery, estimating parameters such as chlorophyll-a, cyanobacteria, turbidity, and colored dissolved organic matter (CDOM), complemented by field visual validation. The algorithm results indicated low chlorophyll-a concentrations (0.49 to 1.19mg/m³) and near-zero turbidity, suggesting an oligotrophic state in the liquid water column. However, temporal analysis revealed an expressive and anomalous

[1]) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, iago.silva@icat.ufal.br
[2]) Docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, wesley.oliveira@feac.ufal.br
[3]) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, cawanneh@gmail.com
[4]) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, maria.alyne@ctec.ufal.br
[5]) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, vitorisidoro.rhs@gmail.com
[6]) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, aguida.souza@ctec.ufal.br
[7]) Graduando em Engenharia Florestal no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3261-1676, rogerio.santos@ceca.ufal.br
[8]) Graduando em Engenharia de Energia no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3261-1676, arthur.buarque@ceca.ufal.br

increase in near-infrared band reflectance (B08 and B8A) from March onwards, reaching values of 0.3434 and 0.3847. The in-situ visit confirmed that this spectral divergence stems from massive macrophyte proliferation over the water surface (especially water hyacinths). It is concluded that the cellular structure of dense floating vegetation carpets increases the infrared response, masking the liquid water reading and underestimating scattered phytoplankton indices, highlighting limitations in traditional empirical models for reservoirs with complex macrophyte dynamics.

Palavras-Chave – Sensoriamento Remoto, Eutrofização, Macrófitas.

INTRODUÇÃO

A construção de lagos artificiais e reservatórios tem se intensificado nas últimas décadas devido à sua importância para o armazenamento de água, abastecimento público, geração de energia e outras atividades socioeconômicas (Costa et al., 2021; Castro, 2022). Esses ambientes constituem sistemas abertos, diretamente influenciados pelas características e atividades desenvolvidas em suas bacias hidrográficas, de modo que a qualidade da água depende das contribuições provenientes do escoamento superficial, drenagem urbana e afluentes (Costa et al., 2021). Em regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, os reservatórios desempenham papel estratégico na redução dos efeitos da irregularidade pluviométrica, garantindo disponibilidade hídrica durante os períodos de estiagem (Oliveira-Júnior et al., 2021; Marchinski et al., 2024).

Apesar de sua relevância, esses ambientes são vulneráveis aos impactos decorrentes das atividades antrópicas, especialmente da expansão urbana, agricultura e pecuária, que favorecem o aporte excessivo de nutrientes e a ocorrência de processos de eutrofização (Lima et al., 2020). Esse fenômeno, associado principalmente ao enriquecimento por nitrogênio e fósforo, promove o crescimento excessivo de algas, cianobactérias e macrófitas aquáticas, comprometendo a qualidade da água, a biodiversidade e os múltiplos usos dos reservatórios (Pessoa et al., 2022; Santos e Medeiros, 2023).

Nesse contexto, o rio São Francisco destaca-se pela presença de importantes reservatórios em cascata, como os complexos de Paulo Afonso e Xingó, fundamentais para a geração de energia e a regularização das vazões da bacia (ANA, 2024). Entretanto, além da eutrofização, esses sistemas também estão sujeitos a problemas como salinização e degradação da qualidade da água, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo (Alves et al., 2021).

Diversos estudos têm utilizado índices de qualidade da água para avaliar reservatórios da região. Leal et al. (2024) aplicaram o IQAR no reservatório de Xingó, enquanto Silva et al. (2022; 2024) analisaram os reservatórios de Moxotó e Paulo Afonso, evidenciando a influência de fatores

climáticos e antrópicos sobre a qualidade da água e destacando a importância do monitoramento sistemático desses ecossistemas.

Nesse contexto, os dados de sensoriamento remoto podem ser amplamente utilizados como indicadores da produtividade biológica e do estado trófico dos corpos hídricos, refletindo alterações nos ciclos biogeoquímicos e na qualidade da água (Potes et al., 2018). Diante da crescente demanda por monitoramento ambiental, o sensoriamento remoto tem se consolidado como uma ferramenta eficiente para a avaliação de ambientes aquáticos, possibilitando a obtenção de informações em larga escala, com elevada frequência temporal e custos reduzidos, complementando os métodos tradicionais de monitoramento em campo (Fassoni-Andrade et al., 2017).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo monitorar o processo de eutrofização do reservatório da Usina Hidrelétrica Paulo Afonso IV por meio da aplicação do script Sentinel-2 Water Quality (Se2WaQ) em imagens do satélite Sentinel-2. A metodologia proposta permite estimar parâmetros indicadores da qualidade da água, tais como clorofila-a, cianobactérias, carbono orgânico dissolvido (DOC), matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM) e cor da água, possibilitando a avaliação espacial e temporal das condições ambientais do reservatório.

Diferentemente dos estudos tradicionais baseados exclusivamente em campanhas de campo e dados secundários de monitoramento, esta pesquisa utiliza técnicas de sensoriamento remoto. Além disso, busca-se compreender a dinâmica desses indicadores ao longo dos cinco primeiros meses de 2026, contribuindo para o diagnóstico ambiental do reservatório e fornecendo subsídios para o monitoramento contínuo da qualidade da água e para a gestão sustentável dos recursos hídricos da região.

METODOLOGIA

Caracterização da Área de Estudo

Inteiramente localizado em território brasileiro, o rio São Francisco possui cerca de 2.800 km de extensão e banha os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. Sua bacia hidrográfica ocupa aproximadamente 640 mil km² e abrange territórios de cerca de 505 municípios (Leal et al., 2024). No trecho do baixo São Francisco, que se estende da área da Usina Hidrelétrica Paulo Afonso até sua foz entre os estados de Sergipe e Alagoas, insere-se o reservatório de Paulo Afonso IV, construído em 1993, com barramento que atinge até 140 m em alguns trechos, área aproximada de 60 km² e volume de $3{,}8 \times 10^6$ m³, destinado a usos múltiplos, incluindo o abastecimento humano, localizado próximo aos municípios de Canindé de São Francisco/SE e Piranhas/AL, em região de clima semiárido, com temperaturas médias entre 25 e 30 °C e precipitação anual em torno de 485,5 mm (Silva et al., 2022, 2024).

Os reservatórios da região foram projetados para geração de energia elétrica e abastecimento hídrico, mas atualmente também são utilizados para atividades como irrigação, piscicultura, recreação, aquicultura e pecuária (Tenório, 2021). O ponto de estudo localiza-se no reservatório da Usina Hidrelétrica Paulo Afonso IV, nas coordenadas geográficas de 9°24'41,85" S e 38°14'04,24" W (SIRGAS 2000). A Figura 1 apresenta a localização do ponto em relação ao reservatório, à UHE Paulo Afonso IV, ao município de Paulo Afonso e aos limites estaduais da área de estudo.

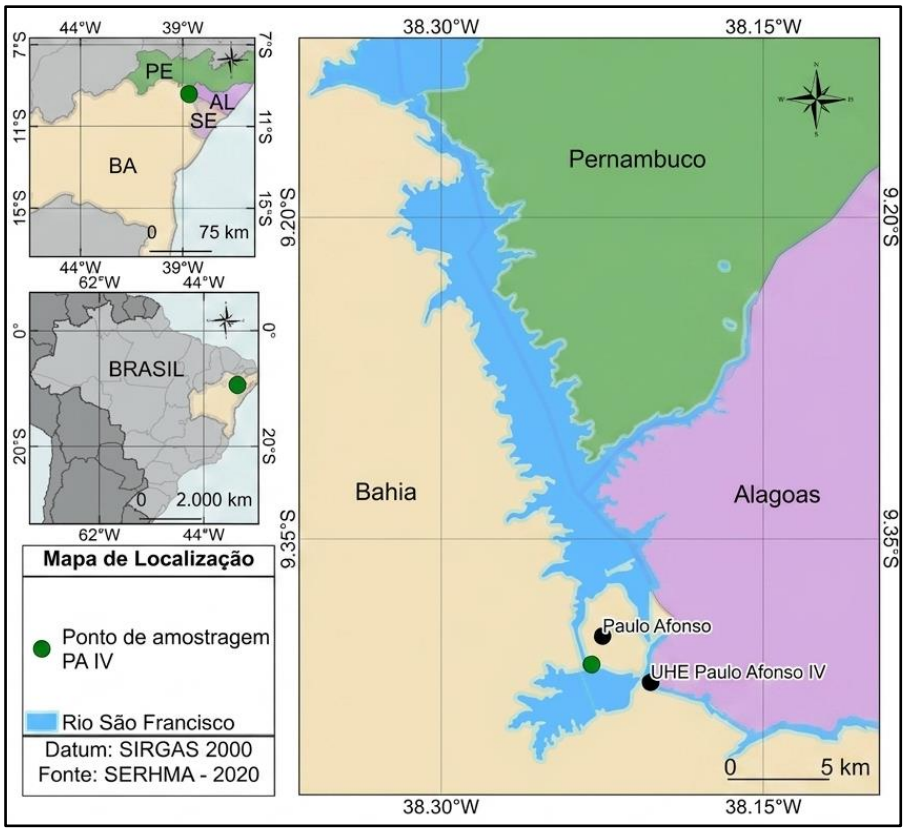


Figura 1 – Localização do ponto de amostragem PA IV.

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos por meio da aplicação do script Sentinel-2 Water Quality (Se2WaQ) em imagens do satélite Sentinel-2, selecionadas em datas específicas compreendidas entre janeiro e maio de 2026. Para cada mês, foram escolhidas imagens com baixa cobertura de nuvens e adequadas para a análise da qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica Paulo Afonso IV. A partir das imagens selecionadas, foram extraídos os valores de reflectância das bandas espectrais do satélite Sentinel-2, conforme a tabela 1. Os valores de reflectância foram obtidos para as datas selecionadas entre janeiro e maio de 2026, possibilitando a análise temporal das condições do reservatório e a identificação de alterações espectrais relacionadas à qualidade da água.

Tabela 1 – Bandas espectrais.

Banda	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B8A	B09	B10	B11	B12
Comprimento de onda (nm)	443	490	560	665	705	740	783	842	865	945	1375	1610	2190
Principal uso	Aerossóis	Azul	Verde	Vermelho	Red Edge 1	Red Edge 2	Red Edge 3	NIR	NIR estreito	Vapor d'água	Cirrus	SWIR 1	SWIR 2

. Complementarmente à análise por sensoriamento remoto, realizou-se uma visita de campo ao reservatório da Usina Hidrelétrica Paulo Afonso IV em 05/05/2026 para registro fotográfico das condições ambientais observadas. A imagens foram obtidas no ponto representativo da pesquisa, visando documentar a presença de vegetação aquática e as condições da margem, conforme a figura 2. Esses registros forneceram suporte à interpretação dos dados de sensoriamento remoto, contribuindo para a validação visual dos resultados e para uma melhor compreensão da dinâmica ambiental do reservatório.



Figura 2 – a) Proliferação de macrófitas; b) Condições da margem.

Se2WaQ - Script de Qualidade da Água Sentinel-2

O script Se2WaQ (Sentinel-2 Water Quality), foi desenvolvido por Pereira (2020) para a plataforma Sentinel Hub. O algoritmo baseia-se em modelos empíricos que correlacionam dados in situ com as reflectâncias das bandas espectrais do sensor MSI (Sentinel-2), especificamente calibrados para ambientes de águas interiores. Para a estimativa da Clorofila-a (Chl-a), o script utiliza a razão entre as bandas do Verde e do Aerossol (B03/B01), conforme o modelo de Potes et al. (2018), enquanto indicadores como Matéria Orgânica Dissolvida Colorida (CDOM) e Carbono Orgânico Dissolvido (DOC) são calculados via funções exponenciais baseadas na razão entre o Verde e o Vermelho (B03/B04), seguindo as parametrizações de Toming et al. (2016). A distinção entre o corpo d'água e o entorno (background) é garantida pelo índice NDWI (Normalized Difference Water Index), permitindo a visualização precisa da distribuição espacial do estado trófico do reservatório.

RESULTADOS

A Figura 3 apresenta os produtos derivados das imagens Sentinel-2 utilizados na avaliação espacial do reservatório, através do produto do Se2WaQ. As áreas coloridas correspondem aos pixels classificados pelo algoritmo, enquanto as regiões encobertas por nuvens ou identificadas como inválidas foram excluídas da interpretação., a figura compreende o início da análise (24/01/26) e o fim (29/05/26).

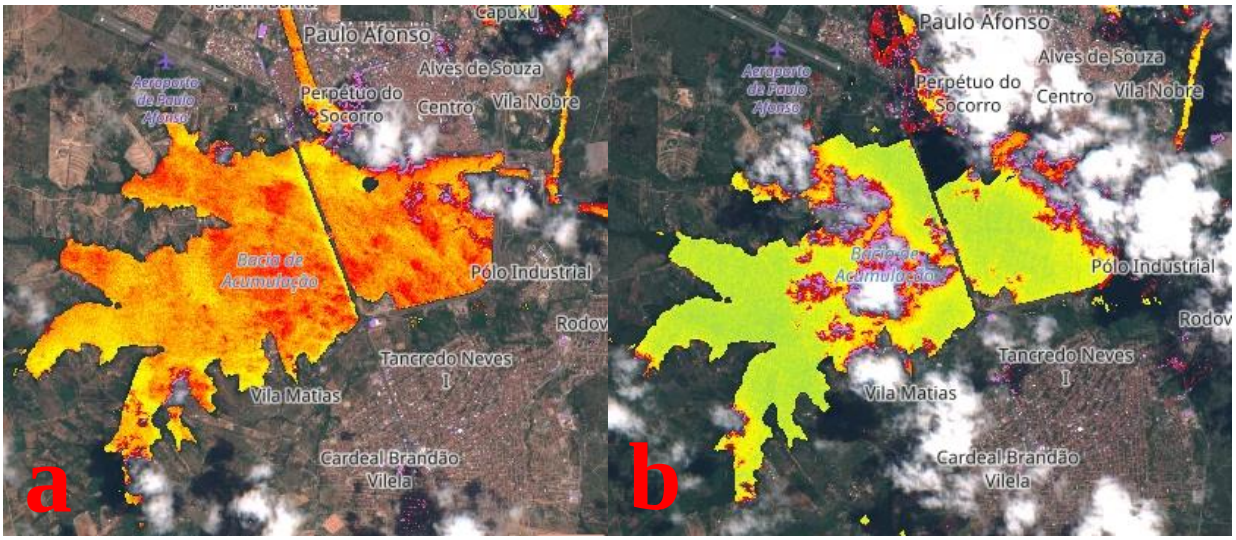


Figura 3 – Produto temático do Se2WaQ a) 24/01/26; b) 29/05/26.

Observou-se uma variação significativa da resposta espectral ao longo do período de analise, especialmente nas bandas do infravermelho próximo (B08 e B8A), nas bandas Red Edge (B05, B06 e B07) e nas bandas do infravermelho de ondas curtas (B11 e B12). Durante os meses de janeiro e fevereiro, os valores de reflectância apresentaram comportamento compatível com corpos hídricos, caracterizado por baixas respostas no infravermelho próximo, com valores de B08 variando entre 0,0454 e 0,0763. Entretanto, a partir de março observou-se um aumento expressivo das reflectâncias nas bandas B06, B07, B08 e B8A, atingindo valores máximos de 0,3343, 0,3351, 0,3343 e 0,3847, respectivamente.

Esse comportamento sugere uma alteração nas propriedades ópticas da superfície analisada, possivelmente associada ao aumento da biomassa fitoplanctônica, à presença de macrófitas aquáticas ou à influência de vegetação próxima ao ponto de monitoramento. As bandas Red Edge e do infravermelho próximo são reconhecidamente sensíveis à atividade fotossintética, de modo que o aumento observado entre março e maio pode indicar intensificação de processos biológicos relacionados à eutrofização. Além disso, verificou-se um incremento progressivo das bandas B11 e B12, associadas ao infravermelho de ondas curtas (SWIR), cujos valores passaram de 0,0329 e 0,0184 em janeiro para 0,1277 e 0,0527 em maio, respectivamente. Esse comportamento pode estar

relacionado ao aumento da concentração de matéria orgânica, sedimentos em suspensão ou à redução da transparência da água.

As bandas do espectro visível (B02, B03 e B04) apresentaram variações menos acentuadas ao longo do período analisado, mantendo valores relativamente estáveis quando comparadas às bandas do infravermelho. Essa diferença evidencia que as maiores alterações espectrais ocorreram nas faixas mais sensíveis à presença de organismos fotossintetizantes e de materiais opticamente ativos na coluna d'água, reforçando a necessidade de avaliação dos indicadores de qualidade da água derivados dessas bandas.

Com base nas imagens de satélite e nas bandas apresentadas na tabela 1 e utilizando as equações do Se2WaQ, os seis parâmetros estimados foram os seguintes:

Tabela 2 – Parâmetros Estimados.

Mês	Chl-a (mg/m³)	Cya (10^3 cél./mL)	Turbidez (NTU)	CDOM (mg/L)	DOC (mg/L)	Cor (mg Pt/L)
Jan	0,49	58,51	-1,23	7,95	17,24	37,61
Fev	0,69	114,53	-0,76	11,68	23,14	68,20
Mar	1,19	72,75	0,06	4,24	10,66	14,22
Abr	0,88	65,33	-0,40	4,37	10,91	14,91
Mai	0,75	72,79	-0,65	5,87	13,68	23,54

As concentrações estimadas de clorofila-a variaram entre 0,49 mg/m³ e 1,19 mg/m³ ao longo do período analisado, com o maior valor registrado em março. A clorofila-a é um dos principais indicadores da biomassa fitoplanctônica e, consequentemente, do estado trófico de ambientes aquáticos. Apesar do aumento observado entre janeiro e março, os valores permaneceram relativamente baixos, sugerindo reduzida produtividade algal e ausência de condições típicas de eutrofização avançada.

As estimativas de cianobactérias apresentaram maior variabilidade temporal, com valores entre 58,51 × 10^3 células/mL e 114,53 × 10^3 células/mL. O pico ocorreu em fevereiro, seguido de redução nos meses subsequentes. Embora as cianobactérias estejam frequentemente associadas à degradação da qualidade da água e à ocorrência de florações potencialmente tóxicas, os resultados não evidenciam crescimento progressivo ou persistente desses organismos ao longo do período estudado.

Em relação à turbidez, os valores estimados foram próximos de zero, apresentando resultados negativos em quatro dos cinco meses avaliados. Como valores negativos não possuem significado físico, tais resultados devem ser interpretados como indicativos de águas com baixa concentração de partículas em suspensão. Esse comportamento sugere elevada transparência da água na área monitorada e reduzida influência de sedimentos ou material particulado.

Os parâmetros relacionados à matéria orgânica dissolvida apresentaram maiores valores nos meses de janeiro e fevereiro. O CDOM variou entre 4,24 mg/L e 11,68 mg/L, enquanto o DOC apresentou valores entre 10,66 mg/L e 23,14 mg/L. Da mesma forma, a cor da água oscilou entre 14,22 mg Pt/L e 68,20 mg Pt/L. A redução observada a partir de março indica uma diminuição da influência de compostos orgânicos dissolvidos e substâncias húmicas na resposta espectral da água, podendo estar associada a alterações hidrológicas, meteorológicas ou às características da superfície observada pelo satélite.

CONCLUSÃO

A aplicação do script Se2WaQ ao reservatório da UHE Paulo Afonso IV revelou uma discrepância significativa entre os indicadores ópticos da coluna d'água e a resposta espectral de superfície. Enquanto os parâmetros calculados para Clorofila-a e Cianobactérias apresentaram valores baixos, sugerindo um estado oligotrófico, observou-se uma anomalia acentuada nas bandas de infravermelho próximo (B08 e B8A) a partir de março.

Esta divergência aponta para uma limitação intrínseca dos modelos empíricos baseados exclusivamente no espectro visível ao serem aplicados em reservatórios do semiárido com dinâmicas complexas. A alta refletância no NIR (Infravermelho Próximo), descolada de um aumento proporcional na banda verde (B03), indica que a carga orgânica e o processo de eutrofização no reservatório não se manifestam predominantemente através do fitoplâncton disperso na coluna d'água, mas sim por meio de biomassa vegetal flutuante.

A hipótese de que esses valores elevados de infravermelho decorrem da presença de macrófitas aquáticas (como o aguapé) é fortemente sustentada pelas fotos obtidas in loco. Os registros de campo confirmam a existência de densos tapetes de vegetação sobre o espelho d'água, os quais possuem uma estrutura celular que reflete intensamente o infravermelho, "mascarando" a leitura da água líquida e resultando em dados de clorofila em suspensão subestimados pelo algoritmo padrão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo apoio financeiro, à Universidade Federal de Alagoas e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento pelo apoio acadêmico e institucional ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, J.P.H.; LIMA, M.H.R.; DÓRIA, J.R.; SILVA, I.S.; MONTEIRO, A.S.C. (2021). “Hydrogeochemical characterization of reservoir waters undergoing salinization processes in Northeastern Brazil”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 26, pp. 1 – 16.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. (2024). “Base Hidrográfica Estratégica: Qualidade da Água”. Portal SNIRH, disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/ana/home/item.html?id=d5e920bc5e0e4471a7eb0fcd1e103b71. Acesso em: 05 mai. 2026.

CASTRO, C.N. (2022). Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica. Ipea, Rio de Janeiro – RJ, 281 p.

FASSONI-ANDRADE, A.C.; ZANOTTA, D.C.; GUASSELLI, L.A.; ANDRADE, A.M.D. (2017). “Linear Spectral Mixing Model for estimating optically active components in estuarine waters of Patos Lagoon, Brazil”. International Journal of Remote Sensing 38, pp. 4767 – 4781.

COSTA, K.A.; DAL COL, A.; VENTURA, A.C.T.; GUMY, M.N.; WEINERT, P.L.; SCHEFFER, E.W.O. (2021). “Influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso”. Brazilian Journal of Development 7(2), pp. 19889–19907. DOI: 10.34117/bjdv7n2-569.

LEAL, D.O.; SILVA, T.M.; GARCIA, H.L.; COSTA, S.S.L.; AGUIAR NETTO, A.O.; GONTIJO, E.S.J.; MONTEIRO, A.S.C.; GARCIA, C.A.B. (2024). “Avaliação da qualidade da água do reservatório de Xingó através do índice de qualidade da água de reservatório - IQAR” in Anais do XVII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa, Nov. 2024, 1, pp. 1- 11.

LELAKA, M. (2022). “The importance of water quality monitoring”. Condition Monitoring Specialist, disponível em: <www.wearcheck.co.za/blog/item/341-the-importance-of-water-qualitymonitoring.html>. Acesso em: 05 maio. 2026.

LIMA, G.R.R.; SOUZA, S.O.; ALENCAR, F.K.M.; ARAUJO, A.L.; SILVA, F.J.A. (2020). “O Que Comunicam os Índices de Qualidade de Água e de Estado Trófico em um Reservatório do Semiárido Brasileiro?”. Geociências 39, pp. 181 – 190.

MARCHINSKI, A.S.K.; BARCIA, M.K.; PEDROSO, C.R.; GAVLAK, G.; VIDAL, C.M.S.; SOUZA, J.B. (2024). “Análise da qualidade da água e processo de eutrofização: estudo de caso em um lago situado em ambiente urbano” in Anais do 3º Congresso Internacional de Engenharia Ambiental, 1, pp. 524 – 532.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; SILVA, I.J.L.; SOUZA, E.O.; JARDIM, A.M.R.F.; SILVA, M.V.; SHAH, M.; JAMJAREEGULGARN, P. (2021). “Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index”. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 224, 105746.

PEREIRA, N.S.A. (2020). “Sentinel-2 Water Quality (Se2WaQ) – v. 1.0”. Instituto Politécnico de Beja / Sentinel Hub Custom Scripts, disponível em: https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-

scripts/sentinel-2/se2waq/. Acesso em: 05 mai. 2026.

PESSOA, L.G.M.; FREIRE, M.B.G.; GREEN, C.H.M.; MIRANDA, M.F.A.; JOSÉ FILHO, C.; PESSOA, W.R.L.S. (2022). “Assessment of soil salinity status under diferente land-use conditions in the semiarid region of Northeastern Brazil”. Ecological Indicators 141, pp. 1 – 11.

POTES, M.; RODRIGUES, G.; PENHA, A.; NOVAIS, M.H.; COSTA, M.J.; SALGADO, R.; MORAIS, M. (2018). “Use of Sentinel 2 – MSI for water quality monitoring at Alqueva reservoir, Portugal”. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences 380, pp. 73 – 79.

SANTOS, E.O.; MEDEIROS, P.R.P. (2023). “A ação antrópica e o processo de eutrofização no Rio Paraíba do Meio”. Sociedade & Natureza 35.

SILVA, T.M.; LEAL, D.O.; COSTA, L.S.; ROCHA, P.E.; GARCIA, H.L.; COSTA, S.S.L.; MONTEIRO, A.S.C.; GARCIA, C.A.B. (2022). “Avaliação da variação temporal da qualidade da água do reservatório de Paulo Afonso, Bahia” in Anais do XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Caruaru – PE, Nov. 2022, 1, pp. 1-11.

SILVA, T.M.; LEAL, D.O.; GARCIA, H.L.; COSTA, S.S.L.; ALVES, J.P.H.; GONTIJO, E.S.J.; MONTEIRO, A.S.C.; GARCIA, C.A.B. (2024). “Aplicação do índice de qualidade da água de reservatório em série histórica de dados das represas de Moxotó e Paulo Afonso” in Anais do XVII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa – PB, Nov. 2024, 1, pp. 1-9.

SOUZA, A. C.; SILVA, B. D.; OLIVEIRA, C. F. (2021). “Influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso”. Brazilian Journal of Development 7(2), pp. 19889 – 19907.

TENÓRIO, R.A.; OLIVEIRA, I.B.; BARROSO, R.M.; SOUZA, E.R.; SABBAG, O.J. (2021). “Potencialidade à tilapicultura no reservatório hidrelétrico Moxotó: um aporte ao desenvolvimento do Submédio São Francisco” in SILVA, G.M.N.; SOBRAL, M.C. Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade. CCS Gráfica e Editora, Camaragibe – PE, cap. 2, pp. 39 – 64.

TOMING, K.; KUTSER, T.; LAAS, A.; SEPP, M.; PAAVEL, B.; NÕGES, T. (2016). “First Experiences in Mapping Lake Water Quality Parameters with Sentinel-2 MSI Imagery”. Remote Sensing 8, p. 640.