

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DA ÁGUA NO RIO TARUMÃ-AÇU, MANAUS (AM)

Angélica Rodrigues Rocha[1], Samara Aquino Maia[2] e Flávio Wachholz[3]

RESUMO

A bacia do Rio Tarumã-Açu, em Manaus (AM), constitui uma área crítica de transição periurbana sob crescente pressão imobiliária. Este trabalho analisou a variabilidade espacial e temporal da temperatura superficial da água no baixo curso do rio, utilizando séries temporais dos sensores *MODIS* (2000-2022). A metodologia integrou à aquisição de dados via *Google Earth Engine* à análise das cotas fluviométricas do Rio Negro. Os resultados revelaram uma bimodalidade térmica longitudinal: os trechos mais a montante e médios exibiram domínio atmosférico-radiativo, com temperaturas elevadas (médias de 28,23 °C e 28,54 °C) e picos associados ao *El Niño* de 2015. Em contraste, o baixo curso apresentou a menor média térmica (27,21 °C), evidenciando um domínio hidrodinâmico-estabilizador. Identificou-se que o pulso de inundação do Rio Negro exerce um "efeito de represamento" que atua como regulador térmico, mitigando e mascarando o aquecimento esperado pela urbanização, especialmente na cheia recorde de 2021 (26,31 °C). Conclui-se que o sensoriamento remoto é fundamental para compreender a resiliência térmica rios amazônicos frente às complexas interações entre clima e uso do solo.
PALAVRAS-CHAVE: Satélites. Águas pretas. Geotecnologias. Recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

A região amazônica abriga sistemas hidrológicos de extrema complexidade, onde a dinâmica das águas é regida tanto por ciclos sazonais naturais quanto por pressões antrópicas crescentes (Ferreira *et al.*, 2025; Silva e Noda, 2016). No contexto da expansão urbana de Manaus, a bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu destaca-se como uma área crítica de transição. O seu baixo curso, caracterizado por águas pretas e pela influência direta do represamento do Rio Negro, tem sofrido muitas transformações nas últimas décadas, impulsionadas pelo avanço do setor imobiliário, atividades de lazer e ocupações irregulares em suas margens (Costa *et al.*, 2021; Melo, 2018; Siqueira e Filizola, 2021).

Nesse cenário, segundo Novo (2010), o monitoramento contínuo das variações biofísicas da água torna-se fundamental para a gestão ambiental e dos recursos hídricos. Entretanto, a coleta de dados *in situ* em ambientes amazônicos enfrenta grandes desafios logísticos e custos elevados, o que confere ao sensoriamento remoto um papel estratégico. Contudo, a aplicação de dados orbitais na região exige a superação de limitações, como a alta nebulosidade e a baixa reflectância característica das águas pretas, ricas em matéria orgânica dissolvida, que desafiam a sensibilidade dos sensores ópticos tradicionais (Barbosa, Novo e Martins, 2019).

A utilização de séries temporais baseadas em dados orbitais permite não apenas a observação de eventos pontuais, mas a compreensão de padrões históricos e tendências de degradação ou resiliência do ecossistema aquático (Barbosa, Novo e Martins, 2019) . Nesse sentido, este trabalho propõe uma análise de séries temporais no baixo curso do Rio Tarumã-Açu, utilizando o acervo de dados do sensor OLI (Operational Land Imager) para mapear a variabilidade espacial e temporal da temperatura superficial da água, parâmetro essencial para entender as trocas energéticas e o impacto térmico da urbanização sobre os corpos d'água amazônicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Tarumã Açu, localizada no município de Manaus, Amazonas. A bacia ocupa aproximadamente 12% do território municipal e apresenta configuração periurbana, integrando áreas urbanizadas e fragmentos de florestas com elevada biodiversidade (Vasconcelos *et al.*, 2019). A escolha da área de estudo se deve à sua relevância ambiental e social, além da presença de um comitê de bacia atuante, o que favorece a gestão integrada dos recursos hídricos e atualmente, o plano de bacia encontra-se em processo de elaboração.

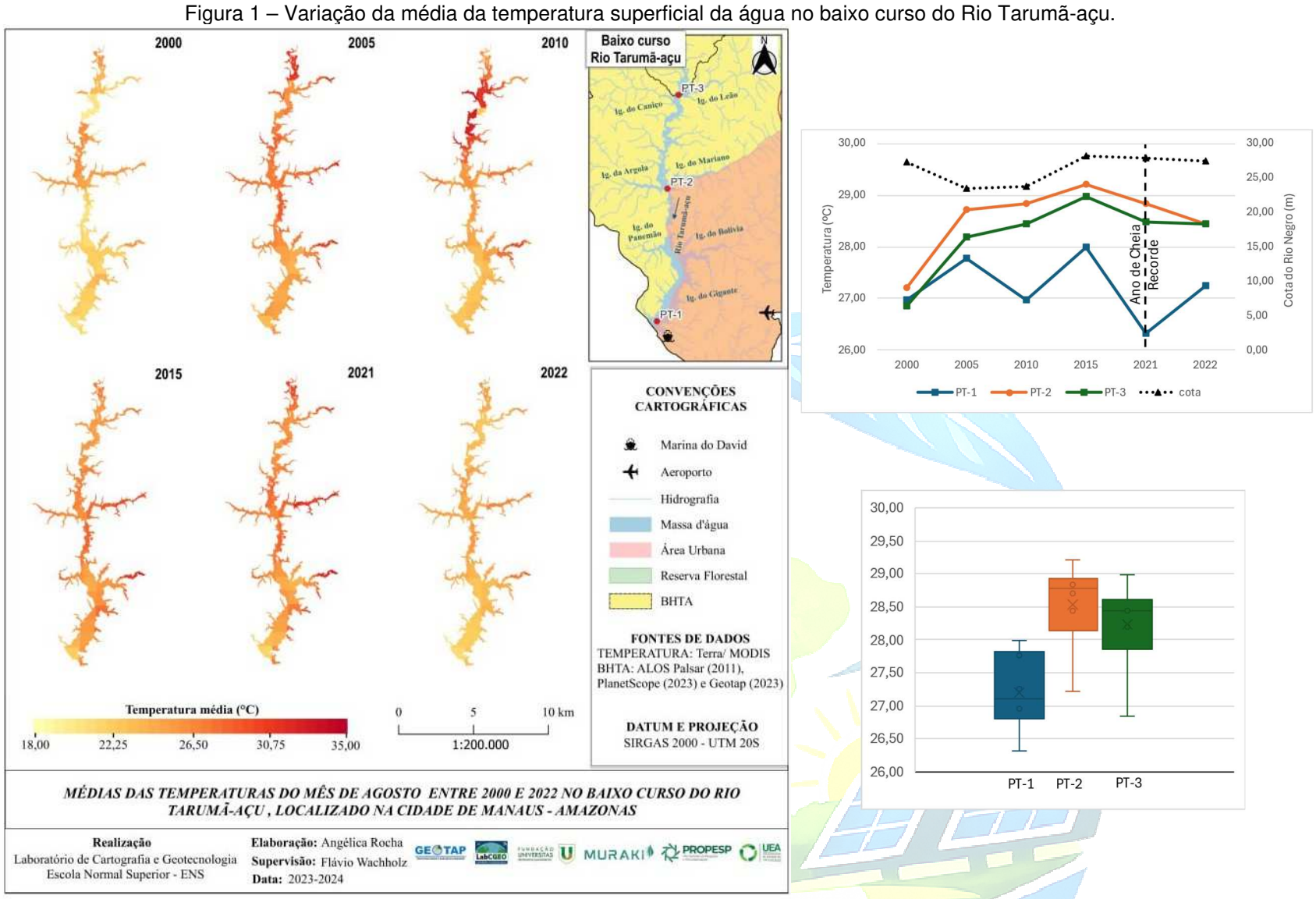
A análise concentrou-se na temperatura da superfície da água no baixo curso do Rio Tarumã Açu. Para isso, foram utilizados dados referentes ao mês de agosto dos anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2021. As informações foram obtidas a partir do sensor Terra/*MODIS* e extraídas por meio da plataforma *Google Earth Engine*, o que possibilitou a comparação temporal e a identificação de variações térmicas associadas às dinâmicas ambientais da região. Adicionalmente, os dados de cota do Rio Negro foram obtidos no site oficial do Porto de Manaus (www.portodemanaus.com.br), permitindo estabelecer relações entre os níveis hidrológicos e as variações de temperatura da superfície da água no baixo curso do Tarumã Açu. Posteriormente, os dados foram importados para o *software QGIS*, utilizado na produção dos mapas, e para o *Microsoft Excel*, empregado na elaboração dos gráficos.

[1] Bolsista do Laboratório de Cartografia e Geotecnologias (LabCGEO). Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: angelica.rocha@outlook.com.
[2] Bolsista do Laboratório de Cartografia e Geotecnologias (LabCGEO). Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: samara.geouea@gmail.com.
[3] Coordenador do Laboratório de Cartografia e Geotecnologias (LabCGEO). Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: fwachholz@uea.edu.br.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das séries temporais de temperatura da superfície da água para o mês de agosto (2000-2022) revelou uma dinâmica térmica heterogênea ao longo do gradiente longitudinal do Rio Tarumã-Açu (Figura 01).

Figura 1 – Variação da média da temperatura superficial da água no baixo curso do Rio Tarumã-açu.



Fonte: autores, 2026.

Os dados indicam que os pontos mais a montante (PT-3) e no curso médio (PT-2) podem apresentar um comportamento térmico possivelmente governado por forçantes climáticas locais. Nestas áreas, as temperaturas mantiveram-se elevadas (médias de 28,23 °C e 28,54 °C), com um pico térmico em 2015 associado ao evento *El Niño* de forte intensidade (Bennett *et al.*, 2023). A redução da nebulosidade e o aumento da radiação solar nesse período podem ter potencializado o aquecimento das águas pretas, que possuem alto coeficiente de absorção (Barbosa, Novo e Martins, 2019), especialmente em trechos onde a menor hidrodinâmica pode favorecer a retenção de calor. Em contrapartida, o trecho mais a jusante (PT-1) exibiu uma resposta térmica inversamente correlacionada à cota fluviométrica do Rio Negro. Embora situado na zona de maior influência da expansão urbana de Manaus, o PT-1 apresentou a menor média térmica da série (27,21 °C).

O recorde de resfriamento para o período analisado ocorreu em agosto de 2021 (ano da cheia histórica de 30,02 m), quando a temperatura declinou para o mínimo de 26,31 °C. Esse comportamento evidencia o "efeito de represamento" (Siqueira e Filizola, 2021), onde a intrusão da massa de água do Rio Negro, mais volumosa e termicamente estável, atua como um regulador térmico. Essa dinâmica revela que o pulso de inundação pode exercer um papel importante na mitigação do aquecimento esperado para áreas sob pressão antrópica (Junk, 2022). Em anos de cheia acentuada, a hidrodinâmica regional do Rio Negro pode "mascarar" o impacto térmico da urbanização e da remoção da vegetação marginal no baixo curso do rio, sobrepondo-se ao domínio radiativo observado mais a montante.

Portanto, a bimodalidade térmica identificada sugere que o Rio Tarumã-Açu opera sob dois domínios distintos em agosto: um atmosférico-radiativo mais a montante e um hidrodinâmico-estabilizador mais a jusante. Essa interação complexa, mediada por eventos climáticos e pelo pulso de inundação, reforça a importância estratégica dos sensores *OLI/TIRS* (Landsat 8) para monitorar a resiliência de bacias amazônicas em zonas de transição urbana.

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que o Rio Tarumã-Açu pode operar sob dois domínios térmicos distintos durante o mês de agosto. No trecho mais próximo à foz, o represamento exercido pelo Rio Negro parece desempenhar um papel fundamental na manutenção da estabilidade térmica, enquanto, mais a montante, o regime térmico mostra-se possivelmente influenciado por forçantes atmosférico-radiativas. O uso do sensor *OLI* mostrou-se eficaz para identificar essas interações complexas entre clima, hidrologia e processos de urbanização, fornecendo subsídios relevantes para a compreensão da dinâmica térmica da bacia. Como perspectiva futura, recomenda-se a validação das estimativas orbitais com dados de temperatura *in situ*, de modo a refinar os algoritmos de recuperação da temperatura da superfície da água e aumentar a confiabilidade das análises aplicadas à região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à concessão da bolsa de pesquisa pela Política Estruturante 04 – Fortalecimento da pesquisa laboratorial acadêmica e tecnológica (Chamada Interna N° 003/2025 - FEPDI/UEA) a primeira autora. Á gratificação de produtividade acadêmica da UEA ao terceiro autor.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações**. 1. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346020481_Varzeas_Amazonicas . Acesso em: 15 mar. 2026.

BENNETT, A. C. *et al.* Sensitivity of South American tropical forests to an extreme climate anomaly. **Nature Climate Change**, v. 13, n. 9, p. 967-974, 2023. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41558-023-01776-4. Acesso em: 19 mar. 2026.

COSTA, J. S. *et al.* Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central. **Scientia Plena**, v. 17, n. 9, p. 1-19, 2021. Disponível em: https://scientiaplena.emnuvens.com.br/sp/article/view/6140. Acesso em: 18 mar. 2026.

FERREIRA, A. T. da S. *et al.* Water surface loss and deforestation in the Brazilian Amazon biome by farming expansion and weak legislation. **Earth**, v. 6, n. 3, p. 108, 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/2673-4834/6/3/108 Acesso em: 17 mar. 2026.

JUNK, W. J. *et al*. **Várzeas amazônicas: desafios para um manejo sustentável**. Manaus: Editora do INPA, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Freitas-6/publication/348372968_Pesca_Comercial_e_Piscicultura_do_Estado_do_Amazonas_Estado_Atual_e_Perspectivas/links/5ffb992892851c13fe02e3f9/Pesca-Comercial-e-Piscicultura-do-Estado-do-Amazonas-Estado-Atual-e-Perspectivas.pdf#page=45. Acesso em: 16 mar. 2026.

MELO, S. F. F. Gestão de recursos hídricos no estado do Amazonas: o caso da bacia do Tarumã-Açu. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1., 2018, São Bernardo do Campo. **Anais...** São Bernardo do Campo: Ed. IBEAS, 2018. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/VIII-043.pdf Acesso em: 16 mar. 2026.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

SILVA, S. H.; NODA, S. N. A dinâmica entre as águas e terras na Amazônia e seus efeitos sobre as várzeas. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 377-386, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1805. Acesso em: 19 mar. 2026.

SIQUEIRA, L. F.; FILIZOLA, N. Estudo hidrológico do efeito de barramento hidráulico no rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. 2019. ***Revista Brasileira de Geomorfologia*.** , v. 22, n. 2, p. 315-335, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i2.1752 . Acesso em: 20 mar. 2026.

VASCONCELOS, M. A. de. **Estudo da paisagem do setor sul da bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus, utilizando imagens multipolarizadas do radar ALOS/PULSAR**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4747. Acesso em: 17 mar. 2026.