

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

O ATLAS DE QUALIDADE DA ÁGUA E AMBIENTAL DO BAIXO CURSO DO RIO TARUMA-ACU: UMA FERRAMENTA PARA GESTÃO, EDUCAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL

Matheus de Vasconcelos Lima Leitão¹; Flavio Wachholz²; Samara Aquino Maia³.

Abstract: The Water and Environmental Quality Atlas of the Lower Course of the Tarumã-Açu River, located in Manaus, Brazil, was developed as a technical, educational, and management support tool for water resources. This study presents its development methodology, structure, and main contributions to participatory watershed management. The methodology combined the collection of physical, chemical, and biological water data, field and laboratory analyses, and the use of geotechnologies to produce thematic maps of land use and land cover, hypsometry, slope, and water quality. The results show a strong correlation between anthropogenic impacts — such as urbanization and deforestation — and the degradation of water bodies. The Atlas stands out as a key support tool for the Tarumã-Açu Watershed Committee, providing technical input for the development of the future Watershed Management Plan, while also promoting environmental education and democratizing access to information. Its use enables the identification of critical areas, the planning of environmental recovery actions, and the strengthening of community participation in water resource management. Thus, the Atlas represents an important tool to support public policy development, directly contributing to the sustainability of water resources and the improvement of environmental quality in the basin.

Palavras-Chave – Water Resources Management; Watershed; Water Quality.

Resumo: O Atlas de Qualidade da Água e Ambiental do Baixo Curso do Rio Tarumã-Açu, em Manaus-AM, foi desenvolvido como uma ferramenta técnica, educativa e de apoio à gestão dos recursos hídricos. Este trabalho apresenta sua metodologia de elaboração, estrutura e as principais contribuições para a gestão participativa da bacia. A metodologia integrou coletas de dados físicos, químicos e biológicos da água, análises de campo e laboratoriais, além do uso de geotecnologias para gerar mapas temáticos de uso e cobertura da terra, hipsometria, declividade e qualidade da água. Os resultados demonstram forte correlação entre os impactos antrópicos — como urbanização e desmatamento — e a degradação dos corpos hídricos. O Atlas se destaca como instrumento de suporte para o Comitê da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, oferecendo subsídios técnicos para a elaboração do futuro Plano de Bacia, além de promover a educação ambiental e democratizar o acesso à informação. Seu uso permite identificar áreas críticas, planejar ações de recuperação ambiental e fortalecer a participação da sociedade na gestão dos recursos hídricos. Assim, o Atlas representa uma importante ferramenta de apoio à formulação de políticas públicas, contribuindo diretamente para a sustentabilidade dos recursos hídricos e para a melhoria da qualidade ambiental na bacia.

Palavras-Chave – Gestão de recursos hídricos; Bacia hidrográfica, Qualidade da Água.

1) Universidade do Estado do Amazonas, Av. Djalma Batista - Chapada, (92) 992100336, mdleitao@uea.edu.br

2) Universidade do Estado do Amazonas, Av. Djalma Batista - Chapada, (92) 984445383, fwachholz@uea.edu.br

3) Universidade do Estado do Amazonas, Av. Djalma Batista - Chapada, (92) 994522813, sam.mgr21@uea.edu.br

INTRODUÇÃO

A preservação ambiental tem se tornado cada vez mais complexa diante do aumento do consumo e da globalização, especialmente em áreas urbanas em rápida expansão como Manaus. Desde a criação da Zona Franca nas décadas de 1970 e 1980, a cidade cresceu aceleradamente e de forma desordenada, gerando sérios impactos socioambientais (LEITÃO, 2024). As bacias hidrográficas de Manaus, como as dos rios Tarumã-Açu, Mindu, Quarenta, Educandos e Puraquequara, sofrem com a falta de saneamento básico, o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, desmatamento das matas ciliares e assoreamento, comprometendo a qualidade da água, a biodiversidade e a saúde pública.

Esse crescimento urbano desordenado afetou significativamente a Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, refletindo a ausência de planejamento eficaz e a necessidade urgente de ferramentas que auxiliem no diagnóstico e na mitigação dos impactos ambientais. Geotecnologias como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensoriamento remoto e cartografia digital têm se mostrado essenciais para mapear o uso do solo e monitorar áreas degradadas, conforme aponta Damasceno (2018), que destaca também a importância da governança participativa para a gestão da bacia.

Neste cenário, o Atlas de Qualidade da Água e Ambiental do Baixo Curso do Rio Tarumã-Açu surge como uma ferramenta integrada e espacializada, destinada a suprir a carência de instrumentos de gestão, apoiar a tomada de decisão pelo Comitê de Bacia Hidrográfica e a Administração pública, além de atuar como recurso para a educação ambiental na região.

MATERIAL E MÉTODOS

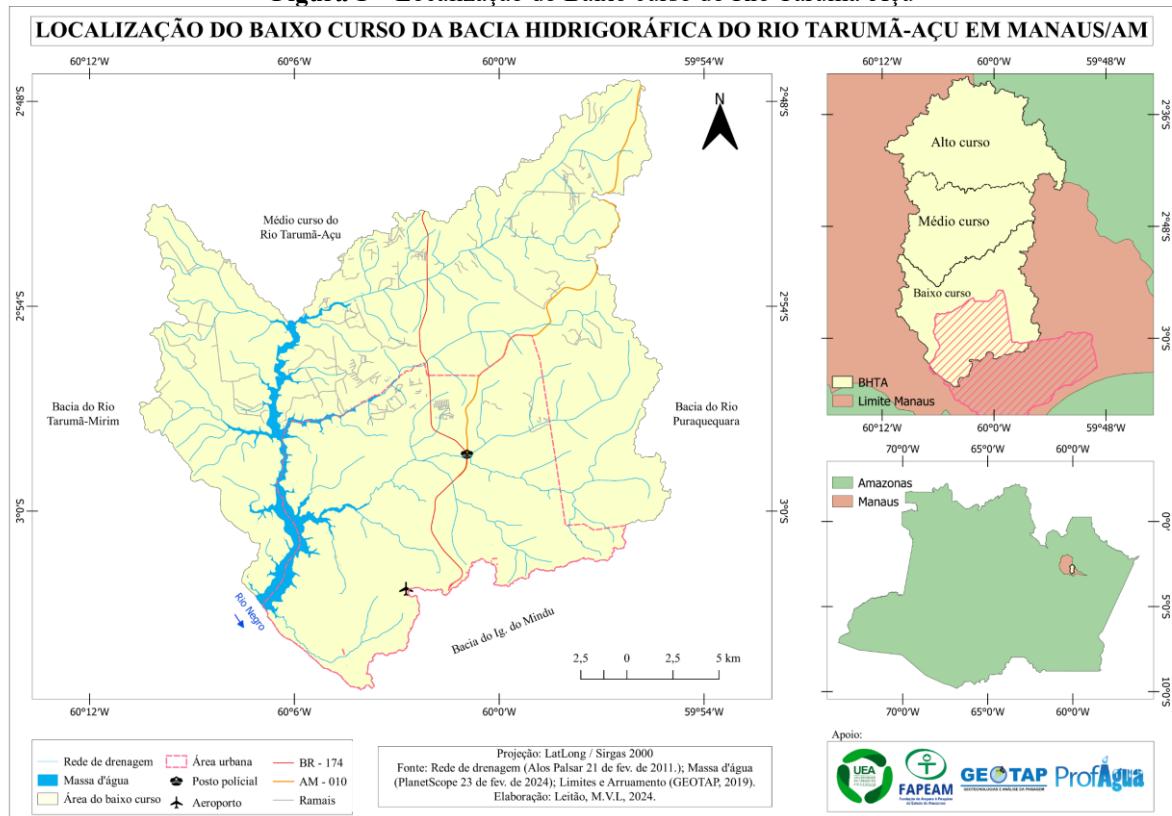
Área De Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu (BHTA) está inteiramente inserida no município de Manaus, abrangendo a área compreendida entre as coordenadas $2^{\circ}31'54.36''$ S a $3^{\circ}5'13.96''$ S de latitude e $60^{\circ}11'44.78''$ O a $59^{\circ}52'16.01''$ O de longitude. Conforme levantamento realizado por Wachholz et al. (2020), sua extensão territorial é de aproximadamente $1.388,93 \text{ km}^2$, o que representa cerca de 12,18% do território do município de Manaus. Estima-se que, dentro do perímetro urbano da bacia, resida uma população de aproximadamente 496.185 pessoas.

A área de estudo corresponde a um trecho de 20,6 km do baixo curso do Rio Tarumã-Açu (Figura 1), entre as coordenadas $02^{\circ}55'44,8''\text{S}$ a $60^{\circ}06'24,0''\text{W}$ e $03^{\circ}02'59,5''\text{S}$ a $60^{\circ}06'34,1''\text{W}$. O canal principal, Rio Tarumã-Açu, recebe uma boa carga de efluentes advindas da margem esquerda

do Rio Tarumã-Açu sendo elas do igarapé do Leão, Mariano, Bolívia e do Gigante, e do igarapé do Caniço, Angola, Tiú, Panemão e Pirarucu pela margem direita do Rio Tarumã-Açu.

Figura 1 – Localização do Baixo curso do Rio Tarumã-Açu



Elaboração: LEITÃO, M.V.L. 2024

Aquisição de Dados de Qualidade da Água

Para a realização da análise da qualidade da água, foi utilizado os parâmetros físicos (Temperatura, Turbidez e Transparência); parâmetros químicos (pH, Oxigênio Dissolvido e Condutividade Elétrica, Fósforo total) e parâmetros biológicos (Clorofila, Coliformes).

A metodologia para obtenção dos dados de qualidade da água envolve coletas em campo realizadas em pontos previamente selecionados, considerando critérios técnicos como características ambientais, uso do solo e acessibilidade. As amostras foram preservadas em caixas térmicas e analisadas no laboratório da StartHub, da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), para determinar parâmetros físico-químicos e biológicos. Durante as campanhas, também foram realizadas medições in loco de pH, temperatura, transparência, turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, utilizando um medidor multiparâmetro Hanna Instruments (HI98184). A pesquisa foi complementada com revisão bibliográfica, análise da legislação vigente, especialmente a Resolução CONAMA nº 357/2005, e dados do Projeto Tarumã-Açu (2019–2022),

desenvolvido pelo GEOTAP/UEA. As campanhas de coleta ocorreram nos dias 12 e 13 de agosto de 2019, 12 e 13 de fevereiro de 2020, 11 de março de 2020, 22 de outubro de 2020 e 10 de novembro de 2021, com algumas ausências pontuais devido a limitações logísticas.

Os pontos de coleta foram definidos durante a primeira campanha de campo, realizada em agosto de 2019, entretanto, por limitações logísticas, nem todos puderam ser acessados nas campanhas subsequentes, além dessas informações, também foram coletados dados secundários junto ao IBGE, além de informações obtidas em artigos científicos, livros técnicos e bases cartográficas, os quais subsidiaram a caracterização ambiental e a análise espacial da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu.

Interpolação de Dados

Para transformar os dados pontuais de qualidade da água em superfícies contínuas e espacialmente representativas, foi utilizada a técnica de interpolação espacial IDW (Inverse Distance Weighting), aplicada no ambiente do software QGIS. Esse método estatístico atribui pesos aos valores amostrados com base na distância, sendo que os pontos mais próximos exercem maior influência sobre a estimativa dos valores nas áreas não amostradas. A partir desse procedimento, foram gerados mapas de distribuição espacial para os parâmetros limnológicos analisados, incluindo turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo total, pH, coliformes termotolerantes e clorofila-a. A aplicação da interpolação permitiu identificar com clareza as zonas de maior vulnerabilidade e degradação na bacia, facilitando tanto a visualização dos padrões espaciais quanto a definição de áreas prioritárias para ações de monitoramento, recuperação ambiental e gestão dos recursos hídricos.

Mapa de uso e cobertura da Terra

A análise do uso e cobertura da terra foi realizada por meio do processamento de imagens do satélite PlanetScope, cuja alta resolução espacial (3 metros) possibilitou uma classificação detalhada e precisa da Bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio Tarumã-Açu. A etapa de classificação das imagens adotou o método de classificação supervisionada, utilizando o algoritmo de Máxima Verossimilhança (Maximum Likelihood), amplamente reconhecido pela sua eficiência na discriminação de padrões espectrais.

Foram definidas seis classes temáticas representativas da paisagem atual da bacia: área urbana, vegetação arbórea, vegetação rasteira/arbustiva, solo exposto, áreas de mineração e corpos hídricos. Este mapeamento foi essencial para compreender a dinâmica de ocupação do território e suas implicações diretas sobre a qualidade dos recursos hídricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produto Cartográfico – ATLAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO BAIXO CURSO DO RIO TARUMÃ-AÇU

O *Atlas de Qualidade da Água e Ambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu* foi concebido como uma ferramenta técnica, educativa e de apoio à gestão e monitoramento ambiental da bacia. Sua elaboração resultou na produção de 16 mapas temáticos, construídos a partir de dados coletados em campo e processados com técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Além dos mapas, o material é composto por textos descritivos, gráficos que sintetizam os dados limnológicos obtidos e fotografias de campo, que contextualizam visualmente as condições ambientais observadas. Toda essa estrutura foi organizada de forma a garantir clareza, objetividade e fácil interpretação, tanto para fins técnicos quanto educativos (Figura 2).

Figura 2 – QRcode de acesso ao Atlas de Qualidade da Água e ambiental do baixo curso do Rio Tarumã-Açu em Manaus/AM.



Fonte: LEITÃO, M.V.L. 2025

O Atlas desempenha um papel fundamental no fortalecimento da gestão dos recursos hídricos da bacia, servindo como suporte direto às atividades do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu (CBH-Tarumã), principalmente nas discussões sobre enquadramento dos corpos hídricos, outorga, monitoramento e, sobretudo, na formulação do futuro Plano de Bacia, que ainda não foi implementado. Nesse sentido, o Atlas se configura como uma importante base para o planejamento ambiental, oferecendo dados concretos e espacializados sobre os impactos ambientais, a dinâmica do uso da terra e a qualidade dos recursos hídricos, contribuindo diretamente para a tomada de decisão e a definição de prioridades na gestão territorial e ambiental.

No campo da educação ambiental, o Atlas apresenta forte aplicabilidade tanto na educação formal quanto na não formal. No contexto da educação formal, pode ser utilizado como material de apoio em práticas pedagógicas nas áreas de Geografia, Ciências, Biologia e Educação Ambiental, alinhando-se diretamente às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Especificamente, o Atlas contribui para o desenvolvimento de várias Competências Gerais da BNCC, sendo destacado: *Competência 2 – Pensamento científico, crítico e criativo, ao estimular a análise e*

produção de informações baseadas em evidências; *Competência 4 – Comunicação*, por permitir a interpretação e compartilhamento de dados por meio de mapas, gráficos e textos; *Competência 7 – Argumentação*, incentivando decisões conscientes e sustentáveis.; *Competência 10 – Responsabilidade e cidadania*, promovendo compreensão crítica e atuação ética diante dos desafios socioambientais.

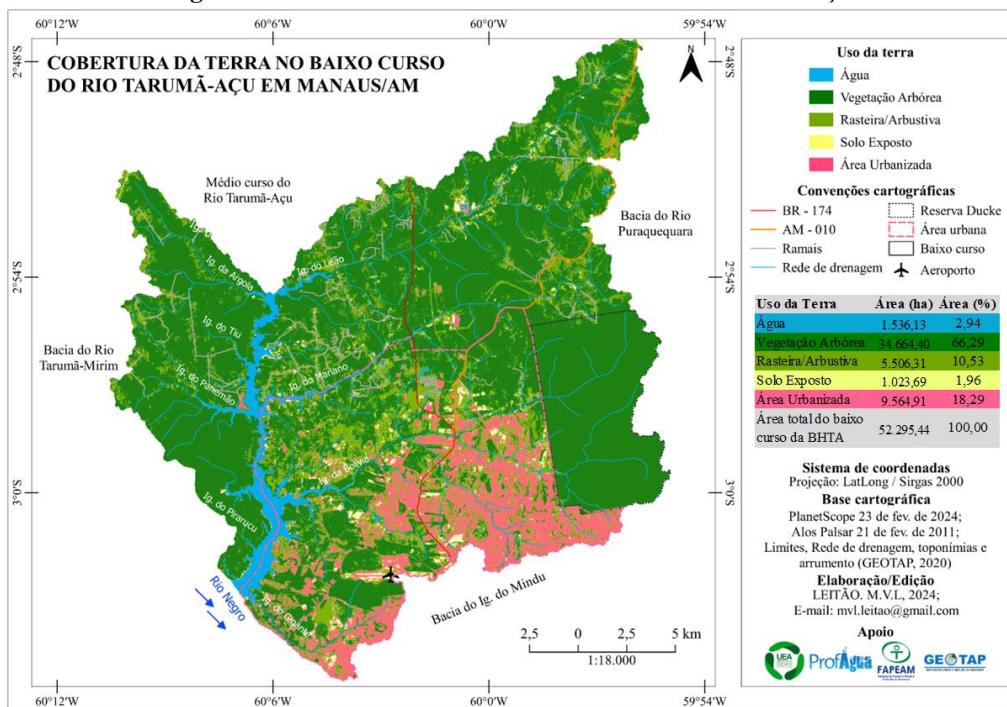
Além disso, dentro dos componentes curriculares específicos, como Geografia e Ciências, o Atlas contribui diretamente para o desenvolvimento de habilidades relacionadas à análise de paisagens, compreensão dos processos naturais e antrópicos, uso de tecnologias digitais aplicadas ao estudo do espaço geográfico e à promoção da sustentabilidade.

Dessa forma, o Atlas extrapola sua função como produto técnico e se afirmar como uma ferramenta integradora, que articula gestão pública, educação e participação social, contribuindo diretamente para a formação de sujeitos conscientes, críticos e comprometidos com a conservação ambiental e a sustentabilidade da Bacia do Tarumã-Açu.

Uso e Cobertura da terra

A análise de uso e cobertura da terra, com base em imagens do satélite PlanetScope, evidencia um cenário de forte transformação antrópica. A cobertura vegetal original vem sendo progressivamente substituída por áreas urbanizadas, atividades de mineração, empreendimentos de piscicultura e ocupações irregulares. Atualmente, cerca de 34,41% da bacia é ocupada por áreas urbanizadas, enquanto 40,59% ainda mantêm cobertura de vegetação arbórea, e aproximadamente 20,61% apresentam vegetação rasteira ou em processo de regeneração. Áreas de solo exposto e atividades minerárias somam 3,18%, e corpos d'água representam cerca de 1,21% da área total da bacia (Figura 3).

Figura 3: Cobertura da terra no baixo curso do Rio Tarumã-açú.



Fonte: LEITÃO, M.V.L. 2024

Esse padrão de ocupação desordenada exerce influência direta sobre os processos hidrológicos e sobre a qualidade dos recursos hídricos. A substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis acarreta aumento do escoamento superficial, maior aporte de sedimentos, nutrientes e poluentes aos cursos d'água, além de favorecer processos erosivos e assoreamento.

Portanto, a caracterização ambiental da bacia reflete uma paisagem marcada por contrastes: de um lado, áreas ainda preservadas, especialmente nas porções mais afastadas do perímetro urbano; de outro, setores altamente modificados, onde os processos de degradação ambiental já comprometem significativamente os serviços ecossistêmicos e a qualidade dos recursos hídricos.

Qualidade da Água

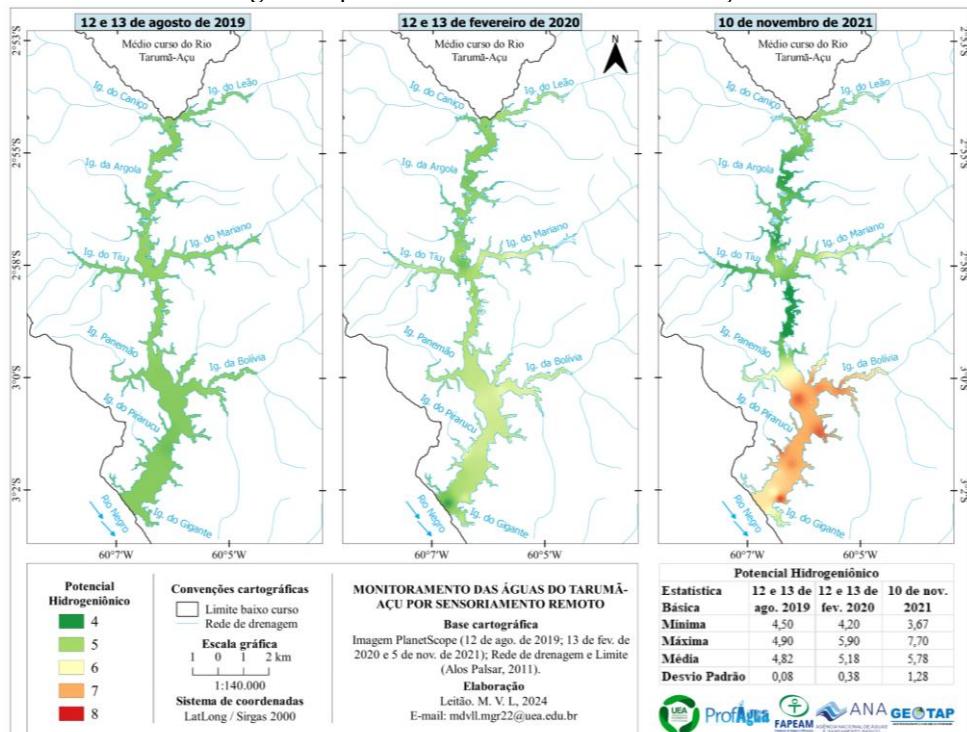
A análise da qualidade da água no baixo curso do Rio Tarumã-Açu evidenciou um cenário ambiental marcado por fortes influências antrópicas, sobretudo nas regiões adjacentes à malha urbana de Manaus. Os dados foram coletados em diferentes pontos ao longo da bacia e processados com o uso de geotecnologias, o que permitiu a espacialização das variáveis limnológicas, fornecendo uma visão detalhada das condições ambientais do sistema hídrico.

Entre os parâmetros físicos, observou-se alta turbidez - 32,79 UNT, nos igarapés com presença de solo exposto e atividade urbana intensa, como no igarapé do Mariano. Isso comprometeu diretamente a transparência da água que obteve uma transparência entre 0,32 e 0,93 metros, além da BHTA estar no período de estiagem, quando há maior concentração de sedimentos em suspensão. A

temperatura da água variou de forma significativa (27°C a 32°C), influenciada tanto pela radiação solar quanto pelo fluxo reduzido em determinados trechos, o que afeta o equilíbrio térmico e a solubilidade do oxigênio.

Nos parâmetros químicos, a acidez da água foi evidente em diversos pontos, com valores de pH inferiores a 5,0, indicando acidificação por decomposição orgânica e lançamentos de efluentes, porém no campo do dia 10 de novembro podemos observar uma neutralidade dentro da bacia que estar entre o igarapé do Bolívia e do Gigante foz do rio Tarumã-açú (Figura 4), esses valores se destacam negativamente, levando em consideração a característica do rio de água preta.

Figura 4: pH no baixo curso do rio Tarumã-Açu.

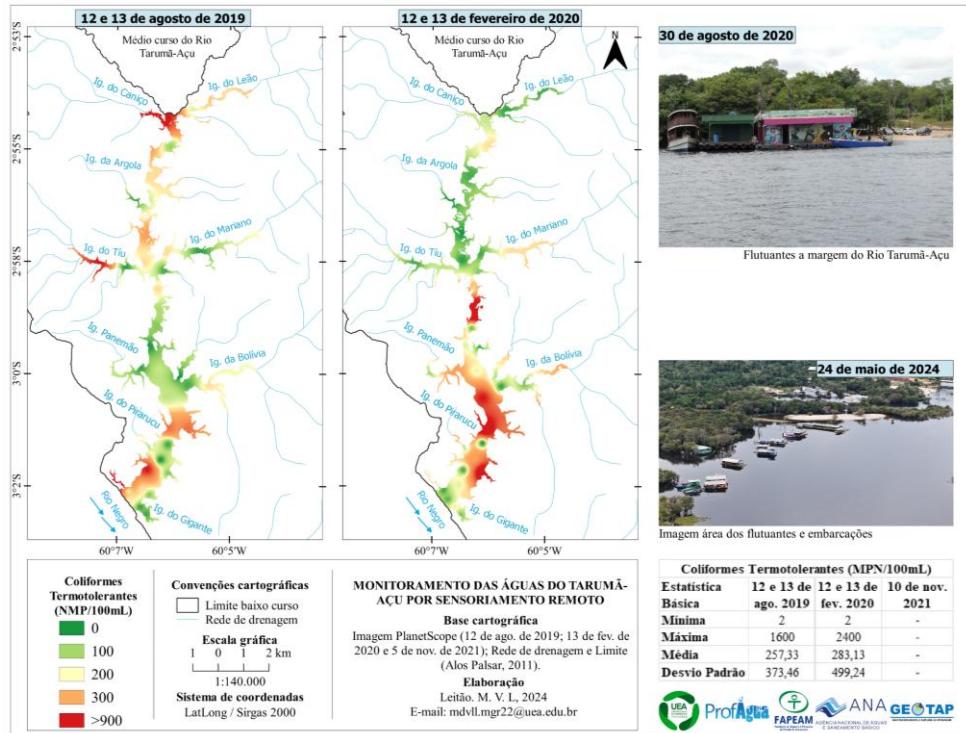


Fonte: LEITÃO, M.V.L. 2024

A condutividade elétrica, sobretudo no igarapé da Bolívia, ultrapassou 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sugerindo alta carga de íons dissolvidos, típica de águas contaminadas. O fósforo total também ultrapassou amplamente os limites estabelecidos pela legislação ambiental (CONAMA 357/2005), alcançando valores acima de 300 $\mu\text{g}/\text{L}$, o que indica forte tendência à eutrofização.

No aspecto biológico, a concentração de clorofila-a esteve elevada em áreas com maior aporte de nutrientes, como na foz do igarapé do Panemão com 23,91 $\mu\text{g}/\text{L}$, sugerindo alta produtividade primária. Além disso, os níveis de coliformes termotolerantes excederam 2.400 NMP/100 mL em vários pontos, tornando essas águas impróprias para recreação e exposição humana direta (Figura 5).

Figura 5: Coliformes Termotolerantes no baixo curso do rio Tarumã-Açu.



Fonte: LEITÃO, M.V.L. 2024

A espacialização dos dados possibilitou a construção de mapas temáticos que revelam, com precisão, a distribuição geográfica das variáveis de qualidade da água, permitindo assim comparação visual direta entre os diferentes indicadores e facilitando a identificação das áreas mais impactadas.

CONCLUSÕES

A elaboração do Atlas de Qualidade da Água e Ambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu representa uma contribuição fundamental para o fortalecimento da gestão dos recursos hídricos em Manaus. Como ferramenta técnica e educativa, o Atlas organiza e espacializa informações ambientais de forma clara e acessível, apoiando tanto o diagnóstico quanto a gestão territorial e a tomada de decisões. Os resultados evidenciam uma relação direta entre o avanço do desmatamento, da mineração, das ocupações desordenadas e a degradação dos corpos hídricos, com os piores índices de qualidade da água nas áreas mais impactadas. Em contrapartida, as sub-bacias com maior cobertura vegetal apresentam melhores condições ambientais, reforçando a importância da preservação dos ambientes naturais.

Diante desse cenário, torna-se evidente a urgência na implementação de políticas públicas que priorizem o ordenamento territorial, o controle das fontes de poluição e a recuperação de áreas degradadas. A metodologia adotada e os produtos gerados são replicáveis para outras bacias urbanas da Amazônia, contribuindo para ampliar os instrumentos de gestão e conservação ambiental na

região. Este trabalho reforça que a integração entre ciência, geotecnologia, gestão participativa e educação ambiental é essencial para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a melhoria da qualidade de vida da população que depende desse ecossistema.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua apoio técnico científico aportado até o momento. Agradeço o apoio e incentivo da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas-FAPEAM.

REFERÊNCIAS

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

Damasceno, Solange Batista et al. **Restruturação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu:** Comitê de Bacia / Solange Batista Damasceno, Manaus: [s.n], 2018, 84f.:color.; 01 cm. Dissertação – Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018.

LEITÃO, M. V. L. **Atlas de qualidade da água e ambiental do baixo curso do Rio Tarumã-Açu – Manaus/AM.** 2024. 130 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2024.

LEITÃO, Matheus de Vasconcelos Lima; WACHHOLZ, WACHHOLZ, Flávio; MAIA, Samara Aquino. USO E COBERTURA DA TERRA NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TARUMÃ-AÇU EM MANAUS/AM.. In: **Anais do Simpósio Internacional Selper: Além do dossel – Tecnologias e Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Anais...Belém(PA) UFPA, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxi-selper-2024/879115-USO-E-COBERTURA-DA-TERRA-NO-BAIXO-CURSO-DA-BACIA-HIDROGRAFICA-DO-RIO-TARUMA-ACU-EM-MANAUSAM>. Acesso em: 20 jun. 2025.

WACHHOLZ, F.; COLARES, I.S.; FERREIRA JUNIOR, J.C.; MAIA, S.A. Caracterização física e socioeconômica da bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açú - Amazonas. In: Carlsson Carvalho de Albuquerque; Ieda Hortêncio batista. (org.). **VII Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas.** 7ed. Boa Vista: UFRR, 2020, v. 1, p. 592- 600.