

## Artigo de Pesquisa

# AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ANTRÓPICOS NA ÁGUA DO IGARAPÉ ÁGUA BRANCA, MANAUS/AM

## Assessment of Anthropogenic Impacts on the Water of the Água Branca Stream, Manaus/Am

Alan Kristian Nunes Machado<sup>1</sup>, Flavio Wachholz<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil. E-mail: aknm.geografia@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0006-1296-5119>

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil. E-mail: fwachholz@uea.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-1241-4844>

Recebido em 23/02/2025 e aceito em 09/07/2025

**RESUMO:** Os impactos antrópicos comprometem a qualidade dos igarapés urbanos de Manaus, manifestando-se em processos como assoreamento, poluição difusa e lançamento de efluentes. Este estudo avaliou tais impactos na bacia do igarapé Água Branca, com base em parâmetros físico-químicos da água, uso e cobertura da terra, condições climáticas e características do canal. Três pontos de coleta foram definidos conforme a acessibilidade e evidências de ocupação humana. As análises de campo indicaram variações significativas entre os locais: o Ponto 1 apresentou maior turbidez e menor oxigênio dissolvido; o Ponto 3 registrou temperatura elevada e pH mais ácido; e o Ponto 2 apresentou os melhores indicadores de qualidade. Os resultados demonstram não conformidades em relação aos padrões ambientais e evidenciam correlação entre a degradação da água e fatores como desmatamento, solo exposto e poluição urbana. O estudo destaca a necessidade de políticas públicas voltadas à gestão do solo e à preservação dos igarapés urbanos de Manaus.

**Palavras-chave:** Igarapés Urbanos; Poluição Difusa; Poluição Pontual; Ações antrópicas; Qualidade da água.

**ABSTRACT:** Anthropogenic impacts compromise the quality of urban streams in Manaus, resulting in processes such as siltation, diffuse pollution, and the discharge of effluents. This study assessed these impacts in the Água Branca stream basin, based on the analysis of physicochemical water parameters, land use and land cover, climatic conditions, and channel characteristics. Three sampling points were selected according to accessibility and evidence of human occupation. Field analyses revealed significant variation among the locations: Point 1 showed higher turbidity and lower dissolved oxygen; Point 3 recorded higher temperature and more acidic pH; and Point 2 presented the best quality indicators. The results indicate non-compliance with environmental standards and demonstrate a correlation between water degradation and factors such as deforestation, exposed soil, and urban pollution. The study highlights the need for public policies focused on land management and the preservation of urban streams in Manaus.

**Keywords:** Urban Streams; Diffuse Pollution; Point Pollution; Anthropogenic Actions; Water Quality.

**RESUMEN:** Los impactos antrópicos comprometen la calidad de los arroyos urbanos de Manaos, manifestándose en procesos como el asolvamiento, la contaminación difusa y el vertido de efluentes. Este estudio evaluó dichos impactos en la cuenca del igarapé Água Branca, con base en parámetros fisicoquímicos del agua, uso y cobertura del suelo, condiciones climáticas y características del canal. Se definieron tres puntos de muestreo según la accesibilidad y las evidencias de ocupación humana. Los análisis de campo indicaron variaciones significativas entre los sitios: el Punto 1 presentó mayor turbidez y menor oxígeno disuelto; el Punto 3 registró mayor temperatura y pH más ácido; y el Punto 2 mostró los mejores indicadores de calidad. Los resultados revelan incumplimientos con respecto a los estándares ambientales y evidencian una correlación entre la degradación del agua y factores como la deforestación, el suelo expuesto y la contaminación urbana. El estudio destaca la necesidad de políticas públicas orientadas a la gestión del suelo y a la preservación de los arroyos urbanos de Manaos.

**Palabras-Clave:** Arroyos Urbanos; Contaminación Difusa; Contaminación Puntual; Acciones Antropogénicas; Calidad del Agua.

## INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são sistemas naturais complexos, compostos por volumes de água e materiais sólidos, como solos, sedimentos e detritos, que interagem dinamicamente na superfície terrestre sob influência de processos atmosféricos. Essa interação regula os fluxos de matéria e energia nas redes fluviais e abrange desde os canais principais até as áreas marginais, influenciando diretamente a dinâmica ambiental e a formação dos solos (RODRIGUES e ADAMI, 2009, p. 147-149). Ao longo da história, esses sistemas foram fundamentais para o desenvolvimento humano, servindo como fontes de água, transporte, subsistência e expansão urbana. No entanto, a distribuição dos recursos hídricos não responde à lógica socioeconômica, mas sim a fatores ecológicos e geológicos, o que torna a gestão sustentável dessas áreas um desafio urgente (RIBEIRO, 2008, p. 17-34).

Esse desafio é especialmente evidente em contextos urbanos, onde a expansão desordenada e o uso inadequado do solo comprometem a qualidade dos corpos hídricos. A ausência de vegetação ciliar, como se observa em grande parte dos igarapés de Manaus, agrava o processo de degradação ambiental, influenciando diretamente variáveis como temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido (Pinto et al., 2009, p. 628; SILVEIRA, 2004, p. 13-14). A remoção da vegetação ripária, por exemplo, tende a elevar a temperatura da água e reduzir o oxigênio disponível, contribuindo para processos de eutrofização e desequilíbrio ecológico. Além disso, parâmetros como pH e condutividade elétrica também se alteram em decorrência da poluição e da exploração urbana intensiva (VON SPERLING, 1996, p. 28-39).

A situação se torna ainda mais crítica quando se considera o cenário do saneamento em Manaus, uma das capitais com pior desempenho em coleta e tratamento de esgoto no Brasil (SOUZA FILHO e ALVES, 2022, p. 1). A poluição dos corpos hídricos, tanto de forma pontual quanto difusa, é resultado direto das atividades humanas e dos déficits estruturais, com reflexos na saúde pública e no meio ambiente (MONTE et al., 2021, p. 2). Isso se manifesta também na composição biológica dos cursos d'água,



com perda de biodiversidade e redução de organismos bioindicadores, como os macroinvertebrados aquáticos (COUCEIRO, 2005, p. 73).

No caso do igarapé Água Branca, situado na zona oeste de Manaus, a pressão urbana tem alterado significativamente seu entorno. Dados recentes apontam que 76,41% da área da bacia ainda mantém cobertura vegetal, mas há um crescimento expressivo de áreas com solo exposto (8,06%) e ocupações humanas (15,52%) (MACHADO e WACHHOLZ, 2023, p. 2804). Regiões como os arredores do Aeroporto Eduardo Gomes e o condomínio Residencial Tarumã apresentam sinais visíveis de degradação, com ravinas, voçorocas e assoreamento dos canais.

Diante desse contexto, o presente estudo busca avaliar os impactos antrópicos na qualidade da água do igarapé Água Branca, considerando parâmetros físico-químicos, uso e cobertura da terra, condições climáticas e características do canal. Parte-se da hipótese de que as ações humanas na bacia têm comprometido a qualidade da água do igarapé. A problemática que se evidencia nessa pesquisa é de que os impactos antrópicos na bacia, estariam alterando a qualidade da água do Igarapé Água Branca em Manaus.

Este estudo aborda uma análise crítica sobre a situação do igarapé Água Branca, o que pode servir de base para o desenvolvimento científico, políticas públicas e estratégias de preservação na bacia. Apesar da relevância do igarapé Água Branca como recurso hídrico urbano em Manaus, não há registros anteriores que documentem detalhadamente suas condições sob as variáveis de qualidade da água. Assim, esta pesquisa se posiciona como pioneira, oferecendo uma análise inédita que visa preencher essa lacuna de conhecimento sobre o Igarapé Água Branca em Manaus.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é uma análise da bacia hidrográfica do igarapé Água Branca, utilizando o método hipotético-dedutivo. A hipótese formulada sugere que as águas do igarapé Água Branca estão levemente alteradas devido a fontes de poluição pontuais e difusas provenientes de ações antrópicas na bacia.

A bacia hidrográfica do igarapé Água Branca está localizada na zona oeste da cidade de Manaus (AM), está situada entre o paralelo 3°2'15.31"S/3° 0'9.66"S de latitude Sul e meridiano 60° 3'33.67"W/60° 3'58.16"W de longitude Oeste, possui uma área aproximada de 4,95km<sup>2</sup> e faz parte da bacia do Tarumã-Açu. Essa área se insere no contexto urbano da capital amazonense, integrando-se ao sistema hidrográfico do rio Tarumã-Açu, afluente do rio Negro (MACHADO e WACHHOLZ, 2023, p. 2802; MACHADO e WACHHOLZ, 2025, p. 3).

O igarapé Água Branca possui uma extensão superior a 7 km e, por se tratar de um curso d'água natural, está legalmente inserido em Área de Preservação Permanente (APP), conforme determina o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que estabelece a obrigatoriedade da faixa de proteção nas margens de corpos hídricos, independentemente de estarem ou não formalmente demarcadas. Essas áreas são



legalmente protegidas com o objetivo de conservar os recursos hídricos, garantir a estabilidade geológica, preservar a biodiversidade e a paisagem, além de assegurar o bem-estar das populações humanas em seu entorno (GARCIA, 2022, p. 1).

O levantamento bibliográfico incluiu a leitura de livros, artigos e outros trabalhos sobre temas relacionados a bacias hidrográficas, ações antrópicas, uso da terra, qualidade da água, e poluição pontual e difusa, além de estudos específicos sobre o igarapé Água Branca. Esse levantamento teve como objetivo a compreensão dos principais conceitos abordados na pesquisa, com a leitura das obras dos autores mais relevantes (Quadro 1).

**Quadro 1.** Temáticas e principais autores.

Temática	Autores
Bacia Hidrográfica	Christofoletti (1980), Rodrigues e Adami (2009), Macena e Costa (2012).
Igarapé Água Branca	Machado e Wachholz (2023).
Variáveis de qualidade da Água	Von Sperling (1996), Silveira (2004), Ribeiro, Maia e Medeiros (2005) e Tomaz (2006).
Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento	Brasil (2005).
Poluição Pontual e Difusa	Tomaz (2006).

**Fonte:** Os autores (2025).

A análise através de imagens de satélite foi realizada utilizando imagens temporais do Google Earth. O mapeamento da área iniciou-se com a delimitação da bacia utilizando curvas de nível fornecidas pela IPAAM/SEMEF/Manaus (2025), derivadas do Modelo Digital do Terreno da Ortofoto Manaus de 2010. O processo de delimitação foi feito de forma manual seguindo os passos descritos conforme o quadro 2.

**Quadro 2.** Passo a passo para a delimitação de bacia.

Passos	Descrição da atividade
1	Identificação da rede de drenagem do Igarapé Água Branca.
2	Localização da foz do Igarapé Água Branca.
3	Identificar o curso d'água principal.
4	Preencher a rede de drenagem por meio das curvas de níveis.
5	Identificação dos cursos d'água secundários ou afluentes do curso principal.
6	Identificar as maiores altitudes nas proximidades das nascentes dos cursos d'água por meio das curvas de níveis.
7	Traçar os divisores de água, ligando os pontos de maiores altitudes e sempre perpendicular às linhas de cotas (Divisores de águas).
8	Verificar por meio da diferença de cota (da maior para menor, em trajetória perpendicular ao traçado das linhas) para onde uma gota de água escoaria nas proximidades dos divisores traçados.

**Fonte:** CHRISTOFOLETTI (1980); GUERRA (2008). Elaborado pelos autores (2025).



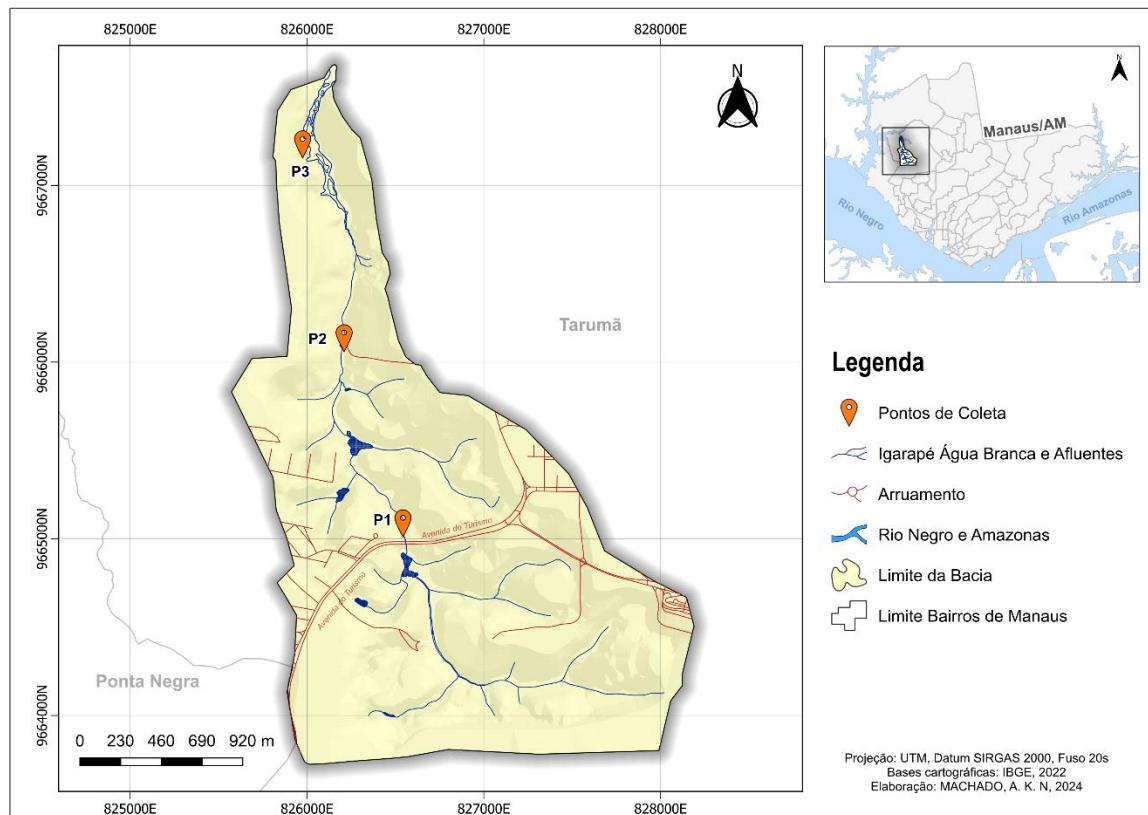
Os trabalhos de campo (Figura 1) tiveram como objetivo validar a delimitação da bacia, analisar os possíveis pontos de coleta e verificar as atividades antrópicas na área. Os pontos de coleta foram distribuídos ao longo do curso principal, levando em consideração o estado de preservação, ocupação antrópica e principalmente a acessibilidade.



**Figura 1.** Campo de planejamento dos pontos de coleta. **Legenda:** A: Drone utilizado (Parrot Anafi Work). B: Localização do curso d'água e possível acesso para coleta. **Fonte:** Os autores (2025)

A primeira visita de campo, realizada em 12 de junho de 2023, teve como propósito o reconhecimento da área e dos possíveis pontos de coleta. Nesse dia foi feito o levantamento de voo de drone para levantamento fotográfico, verificação de acesso para coleta e localização do curso principal do igarapé e afluentes. Foram definidos três pontos de coleta: Ponto 1 na Avenida do Turismo, Ponto 2 na ONG Mata Viva e Ponto 3 no Condomínio Residencial Tarumã (Figura 2).

Os pontos foram definidos de acordo com a acessibilidade do local. A distância aproximada entre os pontos de coleta foi estimada com base nas coordenadas geográficas obtidas em campo. O Ponto 1 (Avenida do Turismo) e o Ponto 2 (ONG Mata Viva) estão separados por cerca de 1.170 metros. Entre o Ponto 2 e o Ponto 3 (Residencial Tarumã), a distância é de aproximadamente 1.044 metros. Já entre o Ponto 1 e o Ponto 3, a distância linear é de cerca de 2.210 metros. Esses valores indicam um espaçamento regular ao longo do curso do igarapé Água Branca, permitindo a análise comparativa das condições ambientais em diferentes trechos da bacia.



**Figura 2.** Mapa dos pontos de coleta no igarapé Água Branca. **Fonte:** Os autores (2025).

Com os pontos definidos, no dia 07 de julho de 2023 ocorreu uma visita de campo para a coleta e avaliação da qualidade da água no curso principal da bacia. Foi feito uma ficha de campo para preenchimento dos resultados obtidos (Quadro 3).

A avaliação da cobertura e uso da terra como foi realizada de forma qualitativa nos pontos de coleta, por meio de observações diretas em campo. Foram considerados aspectos como a presença ou ausência de vegetação arbórea e mata ciliar, indícios de processos erosivos, exposição do solo e evidências de ações antrópicas (como construções, despejo de resíduos e alterações no entorno imediato do igarapé). Essas informações foram registradas em ficha padronizada e permitiram associar as condições da cobertura vegetal e da ocupação do solo com os dados físico-químicos da água coletados nos mesmos pontos, assim como das condições do tempo.

As variáveis climáticas, como temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), e velocidade do vento (km/h), foram obtidas por meio do uso do Termo-Hidro-Anemômetro-Luxímetro Digital Portátil modelo THAL-300, equipamento multifuncional que possibilita medições ambientais rápidas e precisas em campo.

**Quadro 3.** Modelo de ficha feita para coleta dos dados a campo.

Uso e Cobertura da Terra	
Tipo de cobertura Vegetal:	Presença de Mata Ciliar:
Presença de Erosão:	Ação Antrópica:
Condições do Tempo	

Temperatura do ar (°C):	Velocidade do Vento (km/h):
Umidade (%):	Condições do Céu:
Qualidade da água	
Temperatura da água (°C):	Transparência (m):
Cor:	Odor:
pH:	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ):
Turbidez (NTU):	Oxigênio dissolvido (mg/L):
	Sólidos Totais Dissolvidos. (mg/L):
Características do Canal	
Largura X profundidade:	Correnteza:
Sinuosidade:	Material de fundo:

**Fonte:** Os autores (2025).

A caracterização do uso e cobertura vegetal foi realizada com base na observação da presença ou ausência de vegetação arbórea, mata ciliar, sinais de processos erosivos e ações antrópicas. As características do canal foram descritas na ficha de campo a partir da análise visual, considerando aspectos como largura (estreita ou muito largo), profundidade (superficial ou acentuada), presença e intensidade da correnteza (fraca ou forte), sinuosidade (retilínea ou sinuosa) e o tipo de material predominante no leito, conforme as evidências observadas *in loco*. A medição da largura e profundidade do leito do igarapé foi realizada exclusivamente no Ponto 2 (ONG Mata Viva), utilizando-se uma fita métrica de 150 centímetros. Essa limitação se deve às condições de acesso restrito às margens nos demais pontos de coleta, onde não foi possível transpor o curso d'água ou alcançar a margem oposta com segurança, inviabilizando a obtenção das medidas nos Pontos 1 e 3.



**Figura 3.** Coleta *in loco*. **Legenda:** A: Coleta com o balde de inox. B: Multiparâmetro (HI98194) com sonda (HI7698194) e Turbidímetro portátil (HI93703C). C: Análise d'água. D: Anotação dos resultados em fichas. **Fonte:** Os autores (2025).

A coleta de dados se deu por meio de observações, anotações e obtenção de coordenadas com receptor GPS (Quadro 4). A coleta da água foi feita com o balde de Inox. As variáveis de qualidade da água foram determinadas pelo medidor Multiparâmetro (HI98194) com sonda (HI7698194) (temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido (OD) e turbidímetro portátil (HI93703C) (turbidez). Os equipamentos foram calibrados anteriormente com solução padrão (pH 4, 7 e 10; CE 1413 µS/cm; OD Solução Zero). Após a obtenção dos resultados, os dados foram registrados em fichas padronizadas previamente elaboradas para o protocolo de coleta e análise. (Figura 3).

**Quadro 4.** Informações espaciais e temporais dos pontos de coleta.

Ponto de Coleta	Data	Hora	Coordenada	Altitude Ortométrica
P1 – Avenida do Turismo	07/07/2023	10:10	S 03°01'36.1" – W 060°03'45.2" (WGS 84)	63,52 metros
P2 – Ong Mata Viva	07/07/2023	09:20	S 03°00' 59.6" – W 060°03' 56.0" (WGS 84)	55,52 metros
P3 – Condomínio Residencial Tarumã	07/07/2023	11:17	S 03°00'26.2" – W 060°04'02.2" (WGS 84)	43,51 metros

**Fonte:** Os autores (2025).

A confirmação ou não da hipótese se deu pela avaliação das condições da qualidade da água nos diferentes pontos, preservados e não-preservados, assim como a presença de fontes pontuais e difusas na bacia e sua direta interferência na qualidade d'água do igarapé. Os resultados das análises desses parâmetros foram comparados aos valores máximos e mínimos (VMP) da Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005, p. 13-14), com a classificação de corpos d'água doce de classe tipo II, uma vez que o igarapé Água Branca não possui classificação e é inserido nesta classe de acordo como descrito na resolução para corpos d'água ainda não classificados.

A discussão dos resultados se deu por meio do mapeamento e identificação das fontes de poluição pontuais e difusas e da qualidade da água. O mapeamento das fontes de poluição forneceu dados da distribuição dos despejos de sedimentos na rede de drenagem da bacia. Os dados de qualidade da água forneceram informações, se o corpo hídrico ainda apresenta características naturais ou se possuem alteração antrópica.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

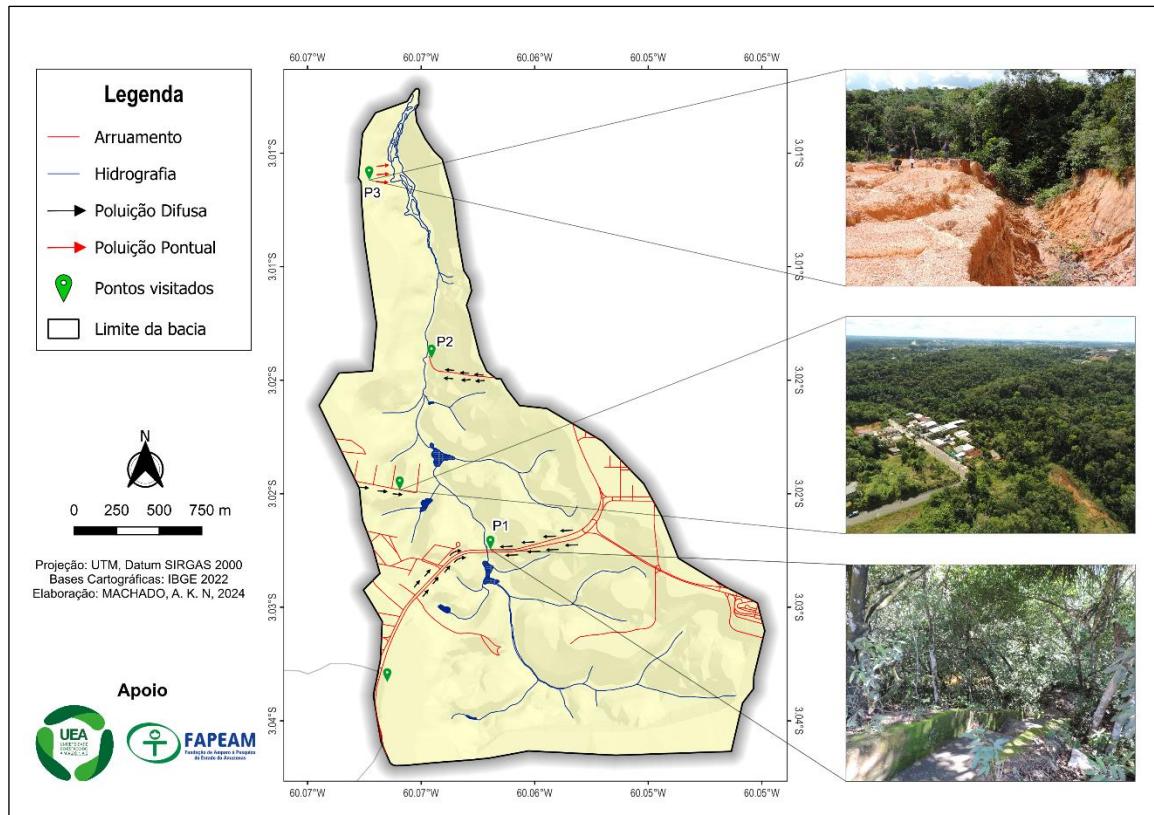
A distribuição dos principais impactos antrópicos na bacia está próximo a foz do igarapé, assim como no curso principal que é cortado pela Avenida do Turismo.

A Figura 4 é resultado do levantamento aéreo realizado com drone no primeiro trabalho de campo. A imagem permite a identificação e análise do curso principal e dos afluentes do Igarapé Água Branca. Observa-se que há moradias nas margens de um dos afluentes, as quais, direta ou indiretamente, afetam a qualidade da água. Próximo à nascente de um dos afluentes do igarapé está localizada a empresa Oliveira Energia S.A. Através do mapeamento, é possível analisar a magnitude do terreno, notando-se que a empresa contribui com uma área de solo exposto, o que poderia prejudicar a nascente devido ao assoreamento causado pela proximidade. Também foi possível identificar a implantação do empreendimento denominado Smart Tarumã nas proximidades da bacia hidrográfica, cuja execução envolve extensas atividades de terraplenagem para a viabilização das estruturas de engenharia civil.



**Figura 4.** Identificação do curso principal e afluentes. **Fonte:** Os autores (2025).

No limite da bacia, foram visitados cinco pontos para análise e confirmação dos impactos antrópicos e das fontes de poluição pontuais e difusas na bacia, na Figura 5 estão os pontos de visitação para a validação do escoamento de águas da chuva e seu direcionamento, assim como a validação do limite da bacia.



**Figura 5.** Mapa das fontes de poluição pontual e difusa na bacia do Igarapé Água Branca.  
**Fonte:** Os autores (2025).

O levantamento dos impactos antrópicos está diretamente ligado com os pontos de coleta e possuem interferência direta com os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos da água. Foram analisados impactos antrópicos dos três pontos referentes à coleta e análise de qualidade da água.

Sobre o primeiro ponto (P1), localizado na Avenida do Turismo. O local analisado apresenta cobertura vegetal arbórea com presença de mata ciliar, mas também evidências claras de ação antrópica. No local, observa-se uma escada hidráulica que direciona o escoamento superficial da Avenida do Turismo diretamente para as margens do igarapé, promovendo o transporte de sedimentos. Esse processo tem contribuído para o acúmulo de material no leito, configurando uma situação de assoreamento. Embora não tenham sido identificadas formas erosivas acentuadas, como ravinas ou voçorocas, a presença de sedimentos em suspensão e deposição indica a ocorrência de processos erosivos laminares ou difusos, que podem ser intensificados pelo grau de impermeabilização e pela ausência de manejo adequado nas áreas adjacentes ao curso d'água (Figura 6).



**Figura 6.** Ponto de coleta 1, localizado no entorno da Avenida do Turismo. **Legenda:** A: Escoamento da avenida do turismo. B: Escada Hidráulica. C: Material escoado pela Avenida do Turismo e Lixo jogado no local. D: Assoreamento do canal por meio de poluição difusa. **Fonte:** Os autores (2025).

A presença significativa de sedimentos e resíduos sólidos identificada no local, provenientes de poluição difusa da Avenida do Turismo e do lançamento direto de materiais como pneus, sacolas, marmitas e lixo orgânico, compromete não apenas a qualidade físico-química da água, mas também o equilíbrio ecológico do igarapé.

Segundo Oliveira (2022, p. 53), sólidos suspensos e dissolvidos em excesso podem prejudicar a estabilidade de organismos aquáticos, tais como peixes e organismos bentônicos, além de destruir áreas de desova e comprometer as fontes de alimento desses seres. Essa deposição de materiais no leito, somada ao represamento e à baixa renovação hídrica, favorece o assoreamento e a redução do oxigênio disponível.

Em comparação com três pontos analisados, o primeiro foi o que mais se destacou em impacto antrópico, causado por poluição difusa e lançamento de materiais poluentes. Segundo Costa (2020, p. 61), o acúmulo de resíduos sólidos em áreas urbanas pode provocar impactos ambientais significativos, sobretudo em microbacias com baixa vazão, onde a disposição inadequada do lixo tende a agravar problemas localizados nos cursos d'água.

O segundo ponto (P2) (Figura 7), não foi identificado lançamento de efluentes ou materiais no leito do igarapé, entretanto há moradias próximo à margem do curso

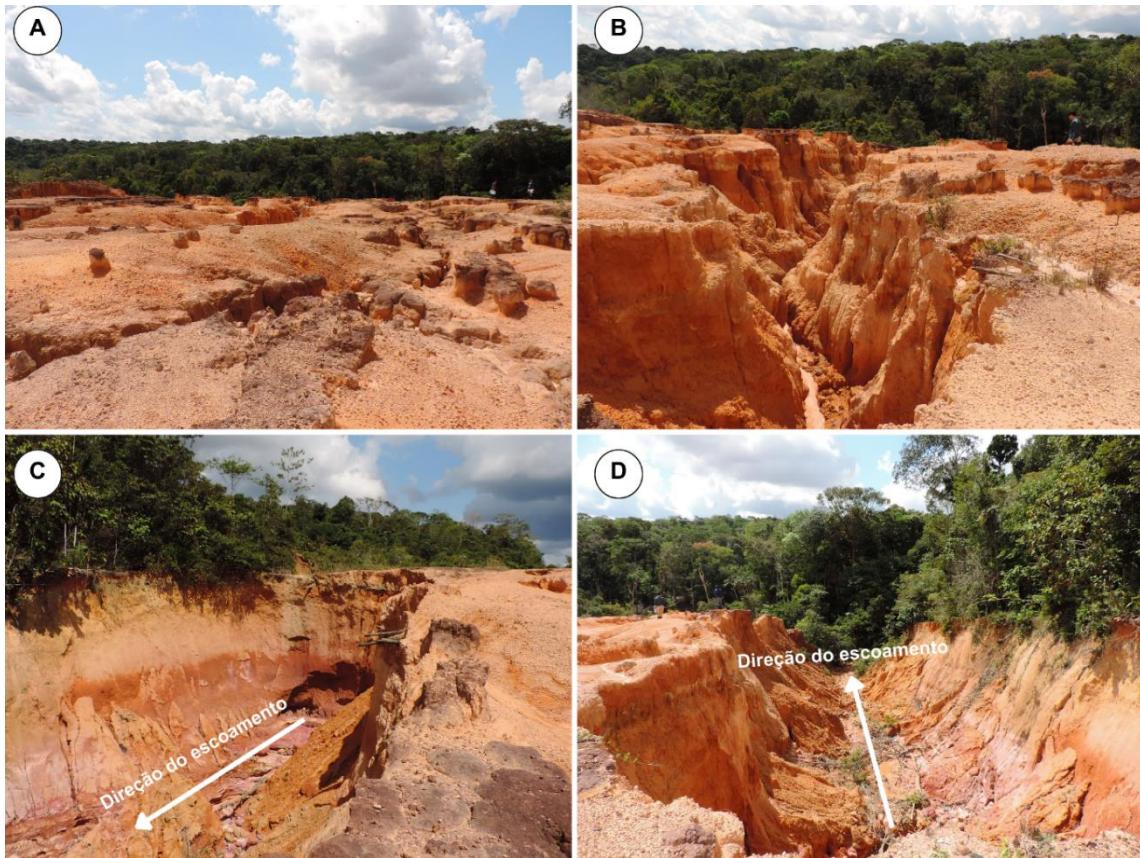
principal e a presença de pontes que atravessam o igarapé. Apesar dessas características, este ponto possui o menor impacto antrópico em comparação com os demais visitados. O local possui mata ciliar preservada, com o leito do igarapé estreito (1,20m) e de profundidade superficial (0,25m). As ações antrópicas identificadas incluem a presença de pontes e lixeiras. Devido à cobertura vegetal e à correnteza, a sensação térmica era mais agradável em comparação com os demais pontos.

De acordo com Castro, Castro e Souza (2013, p. 230), as matas ciliares desempenham papel essencial na proteção ambiental, atuando como barreiras naturais contra o assoreamento e a degradação dos corpos hídricos. Essas formações vegetais, situadas ao longo de rios, nascentes e lagos, contribuem significativamente para o equilíbrio dos ecossistemas, favorecendo o manejo e a conservação dos recursos naturais.



**Figura 7.** Ponto de coleta 2, localizado na Ong Mata Viva. **Fonte:** Os autores (2025).

Entretanto, no terceiro ponto de visita (P3), há a presença de impacto antrópico extremo que estão afetando de forma direta e pontual a qualidade da água e a morfologia do igarapé (Figura 8).



**Figura 8.** Solo exposto no ponto de coleta 3 – Residencial Tarumã. **Legenda:** A: Solo exposto e processos erosivos. B: Processo de Voçorocamento. C: Direção do escoamento de sedimento da maior voçoroca do local. D: Direção do fluxo da água e escoamento para o igarapé. **Fonte:** Os autores (2025).

A área de solo exposto juntamente com os impactos antrópicos no local ocasionaram o processo de erosão neste ponto. A presença de ravinhas e voçorocas explica a não presença de cobertura vegetal na margem esquerda do igarapé e os resultados nas variáveis de qualidade da água.

Devido a presença dos processos erosivos existentes, o lançamento de sedimentos sobre o igarapé Água Branca é intensivo. A quantidade de sedimentos transportados cada vez que chove ocasionou no assoreamento do canal neste ponto. De acordo com Vieira (2008, p.165-207), as voçorocas influenciam diretamente o assoreamento de vales e cursos d’água, provocando também impactos negativos na vegetação ao acumular sedimentos que alteram as condições do solo, resultando na morte de diversas espécies. Além disso, o processo torna as áreas adjacentes inutilizáveis, enquanto a perda de solo intensifica o assoreamento nos cursos d’água situados a jusante dessas formações (Figura 9).



**Figura 9.** Assoreamento do canal no ponto de coleta 3 – Residencial Tarumã. **Legenda:** A: Falta de cobertura vegetal na margem esquerda. B: Assoreamento do canal. **Fonte:** Os autores (2025).

Acredita-se que esta parte desmatada do igarapé formava um igapó em época de cheia, uma vez que na outra margem do igarapé há a presença dessa característica, assim como, a presença de tronco de árvores mortas onde seria o leito do igarapé assoreado. Apesar do canal assoreado, os níveis de turbidez neste ponto foram menores do que nos demais pontos de coleta, isso acontece devido ao represamento do local, que possuía características de Igapó sem muita velocidade de fluxo do igarapé, o que explica a menor quantidade de sedimentos em suspensão.

A presença de sedimentos argilosos no corpo d'água pode estar associada a processos de carreamento decorrentes da perda de cobertura vegetal e da movimentação de solo em áreas próximas. Soares (2025, p. 78) identificou que obras de infraestrutura, como o Rapidão — localizado nas imediações da bacia hidrográfica — resultaram na deposição intensa de sedimentos argilosos no igarapé Tarumã-Açu, receptor do igarapé Água Branca. Esse material, transportado pelas chuvas, altera significativamente os parâmetros físico-químicos da água, intensificando a degradação ambiental.

Em épocas de cheia, o igarapé é utilizado para navegação e pesca (Figura 10). A navegação pode causar a suspensão de sedimentos do fundo do canal, o que poderá elevar os níveis de turbidez e pode introduzir substâncias que afetam negativamente a flora e a fauna aquática.

A movimentação intensa de embarcações no trecho inferior do curso d'água pode gerar perturbações hidrodinâmicas, como a formação de ondas (banzeiros), que, associadas às alterações antrópicas na cobertura do solo, intensificam os processos de erosão nas margens dos igarapés. Esse aumento no carreamento de sedimentos compromete a qualidade da água e interfere diretamente na navegabilidade local,

devido à redução da profundidade e à modificação do perfil da calha fluvial (COSTA, 2020, p. 33).



**Figura 10.** Ponto de coleta 3 - Uso para navegação. **Fonte:** Os autores (2025).

## ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO IGARAPÉ

Os dados coletados revelam variações significativas nas condições da água entre os três pontos de coleta demonstrados no quadro 5. Os resultados apresentados à qualidade da água no quadro 3 referem-se aos pontos 1(Avenida do Turismo), 2 (Ong Mata Viva) e 3 (Residencial Tarumã) em comparação com os valores máximos e mínimos da resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 2.

**Quadro 5.** Comparativo das variáveis de qualidade d'água.

Parâmetros Físico-químicos	Avenida do Turismo	Ong Mata Viva	Residencial Tarumã	RES.CONAMA, 357/2005
pH	5,62	5,96	5,36	Entre 6 e 9
Temperatura da água (C°)	27,31	27,05	31,85	--
Condutividade Elétrica (µS/cm)	14	14	3	--
Sólidos Totais dissolvidos (mg/L)	7	7	1	Máximo 500mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,27	4,15	2,74	não inferior a 5,0 mg/L O <sub>2</sub>
Turbidez (NTU)	22,2	13,8	8,19	Máximo 100 NTU
Cor	Marrom avermelhado	Branca/turva	Preta	--
Odor	Folhas decompostas	Sem odor	Mofo	substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes

**Fonte:** Os autores (2025).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas doces classificadas como classe 2 são apropriadas para diversos usos, incluindo o abastecimento público, desde que submetidas a tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, atividades de recreação com contato direto, como natação e mergulho, irrigação de culturas sensíveis como hortaliças e plantas frutíferas, além de serem adequadas à aquicultura e à pesca (BRASIL, 2005, p. 5–6).

Nesse sentido, o ponto de coleta 1 (Avenida do Turismo) apresentou o maior valor de turbidez entre os três pontos analisados (22,2 NTU), embora esse valor permaneça dentro do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2 (100 NTU). O ponto de coleta 2 (ONG Mata Viva) apresentou turbidez moderada (13,8 NTU) e o ponto 3 (Residencial Tarumã), o menor valor registrado (8,19 NTU). Já para outros parâmetros, como oxigênio dissolvido e pH, os resultados obtidos em todos os pontos indicaram não conformidades em relação aos padrões da mesma resolução.



**Figura 11.** Ponto 1 – Avenida do Turismo. **Fonte:** Os autores (2025).

Neste primeiro ponto (Figura 11), o pH da água foi de 5,62, valor que, embora esteja abaixo do intervalo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de Classe 2 (entre 6 e 9), é compatível com a característica natural das águas pretas amazônicas, cuja leve acidez decorre da elevada concentração de matéria orgânica humificada. Estudos realizados por Soares (2025, p. 73) apontam que valores de pH entre 6,04 e 6,91 são comuns nessa tipologia de água, enquanto medições no Rio Tarumã-Açu revelaram médias de até  $5,35 \pm 0,25$ , reforçando que

essa condição é intrínseca ao bioma e não necessariamente um indicador de degradação ambiental (Soares, Wachholz e Pereira Filho, 2023, p. 147).

Apesar de alterações pontuais em parâmetros isolados nem sempre comprometerem o uso imediato da água, em bacias hidrográficas com múltiplos usos — como é o caso do Tarumã-Açu — deve-se considerar a compatibilidade com os usos mais restritivos, como o abastecimento público e a recreação de contato primário. De acordo com o que determinam a Lei nº 9.433/97 e a Resolução CONAMA nº 357/2005, a qualidade da água precisa atender prioritariamente aos padrões exigidos para esses fins. No entanto, é importante reconhecer que o pH naturalmente ácido das águas pretas da região amazônica é uma característica intrínseca do bioma e não representa, por si só, um sinal de contaminação ou degradação ambiental (Costa, 2020, p. 58–61).

A própria aplicação da Resolução CONAMA nº 357/2005 deve considerar os usos mais restritivos previstos em lei, como a recreação em balneários e o abastecimento, mas também reconhecer que a padronização de critérios baseada em rios de outras regiões, como São Paulo, pode gerar incongruências técnicas na interpretação dos dados hidrológicos da Amazônia (Soares, Wachholz e Pereira Filho, 2023, p. 152).

Vale destacar que a bacia do Tarumã-Açu, da qual o igarapé Água Branca faz parte, é amplamente utilizada para atividades de lazer, recreação e balneabilidade, especialmente nos afluentes da margem esquerda, onde há maior acesso terrestre (Costa, 2020, p. 31). Isso reforça a necessidade de considerar o contexto socioambiental e ecológico da região amazônica na análise da qualidade da água, evitando interpretações equivocadas que possam indicar impropriedade em ambientes naturalmente ácidos e biologicamente equilibrados.

A temperatura da água foi de 27,31°C. A condutividade elétrica foi de 14 µS/cm, um valor baixo que sugere uma baixa concentração de íons dissolvidos. Os sólidos totais dissolvidos foi de 7 mg/L, indicando baixa presença de materiais dissolvidos.

O nível de oxigênio dissolvido foi de 2,27 mg/L, abaixo do mínimo recomendado de 5 mg/L, o que pode impactar negativamente a vida aquática do local. Além disso, o resultado de oxigênio dissolvido inferior ao exigido para águas de classe 2 pode estar diretamente relacionado à entrada de matéria orgânica no corpo hídrico, como indicam Souza *et al.* (2018, p. 9), o que afeta negativamente a respiração dos organismos aeróbios aquáticos e limita os usos dessa água para atividades como recreação, abastecimento e conservação da vida aquática.

A turbidez foi de 22,2 UNT, dentro do limite de 100 UNT para águas de Classe 2, mas indicando uma presença considerável de partículas em suspensão. As condições climáticas no momento da coleta incluíam uma temperatura do ar de 29,5°C, velocidade do vento de 0 km/h, umidade de 79,9% e luminosidade de 2.550 lux, com o tempo parcialmente nublado.

A água apresentou uma cor marrom avermelhada, típica de áreas com alto conteúdo de material orgânico, e um odor de folhas decompostas, sugerindo a presença de matéria orgânica em decomposição. O canal de água no ponto de coleta era caracterizado por represamento apenas a jusante, com sinuosidade retilínea e fundo assoreado e arenoso.





**Figura 12.** Ponto de coleta 2, denominado Ong Mata Viva. **Fonte:** Os autores (2025).

A área no entorno do ponto de coleta 2 (Figura 12) possui cobertura vegetal arbórea predominante com presença de mata ciliar e ausência de erosão, embora haja ação antrópica visível. As condições climáticas no momento da coleta incluíam uma temperatura do ar de 28,2°C, velocidade do vento de 0 km/h, umidade de 80,3% e luminosidade de 3.170 lux, com o tempo ensolarado.

Em relação à qualidade da água neste ponto, o pH foi de 5,96, indicando acidez moderada, porém próximo do limite inferior da faixa recomendada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (6,0 a 9,0). A temperatura da água foi registrada como 27,05 °C, pois está dentro do padrão regional esperado para águas superficiais da Amazônia (entre 27 e 31 °C), conforme também registrado por Soares (2025, p. 71), que identificou médias similares em áreas urbanas da bacia do Tarumã-Açu, refletindo o clima quente e úmido da região.

A condutividade elétrica foi de 14 µS/cm, semelhante à registrada na Avenida do Turismo, o que demonstra consistência na baixa concentração de íons dissolvidos. Essa baixa condutividade, aliada ao valor de sólidos totais dissolvidos (7 mg/L), indica que a água possui baixa carga mineral. Como observa Montovani (2021, p. 19–20), valores reduzidos de CE e STD são comuns em períodos de maior vazão hídrica, quando há diluição dos sais, ou em regiões de baixa atividade antrópica direta, embora episódios de chuva intensa possam, em alguns casos, aumentar a condutividade devido à lixiviação de nutrientes.

O nível de oxigênio dissolvido (4,15 mg/L) foi superior aos demais pontos amostrados, mas ainda está abaixo do recomendado para águas de classe 2. Esse resultado pode indicar um ambiente com menor presença de matéria orgânica em decomposição, reforçado pela ausência de odor perceptível e pela coloração branca/turva da água. A transparência até o fundo também reforça a ideia de baixa turbidez relativa, o que é coerente com o valor de 13,8 NTU registrado — inferior ao de pontos mais impactados por escoamento superficial. O canal, nesse trecho, apresentava características físicas de correnteza suave, leito arenoso com folhas e largura estreita (1,20 m), o que pode favorecer oxigenação leve, ainda que insuficiente.



**Figura 13.** Ponto de coleta 3, localizado no Condomínio Residencial Tarumã. **Fonte:** Os autores (2025).

O local do ponto de coleta 3 (Figura 13) possui cobertura vegetal arbórea apenas na margem direita do igarapé, com presença de erosão (voçoroca) e ação antrópica visível na margem esquerda. As condições climáticas no momento da coleta incluíam uma temperatura do ar de 35,1°C, velocidade do vento de 0 km/h, umidade de 63,1% e luminosidade superior a 20.000 lux, com o tempo ensolarado. A falta de cobertura vegetal explica a temperatura da água neste ponto de coleta que foi de 31,85°C.

Esse padrão de aquecimento pode estar associado à exposição direta à radiação solar, especialmente em áreas com ausência de mata ciliar, o que também foi observado por Maia *et al.* (2015, p. 5) em estudo semelhante realizado em Manaus, onde a temperatura da água variou de 29,6 °C a 30,6 °C ao longo do curso do igarapé, sendo mais elevada nos trechos dragados e desprovidos de cobertura vegetal.

Em relação aos dados dos parâmetros físico-químicos da água, o pH foi de 5,36, o mais ácido entre os três pontos de coleta, novamente fora do intervalo recomendado pela resolução Conama 357/2005, entre 6 e 9. A temperatura da água foi de 31,85°C, a mais alta registrada, o que pode influenciar negativamente os níveis de oxigênio dissolvido. A condutividade elétrica foi de apenas 3 µS/cm, indicando a menor concentração de íons dissolvidos entre os três pontos. O total de sólidos dissolvidos foi de 1 mg/L, também o mais baixo, sugerindo uma água com baixa concentração de materiais dissolvidos.

O nível de oxigênio dissolvido foi de 2,74 mg/L, ainda abaixo do recomendado para ambientes lóticos de classe 2 ( $\geq 5$  mg/L) segundo a resolução 357/2005 do Conama, indicando uma possível dificuldade para a vida aquática. De maneira semelhante, Maia *et al.* (2015, p. 7) identificaram concentrações de oxigênio dissolvido variando entre 4,2 e 4,8 mg/L, com quedas pontuais associadas à ausência de vegetação ripária, à presença de barragens e à recarga subterrânea.

Essa condição pode comprometer seriamente a sobrevivência de organismos aeróbios. Oliveira (2022, p. 55–56) enfatiza que o equilíbrio do OD é altamente sensível à temperatura e à pressão atmosférica, sendo essencial para a manutenção da vida aquática. Em ambientes estagnados como o observado, com matéria orgânica em decomposição, baixa renovação hídrica e calor intenso, os níveis de OD tendem a cair drasticamente, inviabilizando o uso da água para atividades como recreação, abastecimento, aquicultura ou conservação da biodiversidade local.

A turbidez foi de 8,19 UNT, a mais baixa registrada, indicando menos partículas em suspensão. No estudo de Maia *et al.* (2015, p. 7), observou-se que a turbidez era menor na nascente (9 NTU) e aumentava em áreas com intervenções como barramentos, chegando a 68 NTU. Isso corrobora a interpretação de que o represamento do canal no ponto analisado pode estar associado à retenção de partículas, ainda que neste caso a turbidez permaneça baixa.

Apesar da baixa turbidez registrada, resultado que inicialmente poderia indicar boas condições, o quadro geral sugere um ambiente estagnado e com baixa oxigenação, o que pode ser altamente prejudicial à fauna aquática. Como observa Vianna (2014) apud Oliveira (2022, p. 50), em ambientes lênticos a deposição de partículas em suspensão é favorecida, o que reduz a turbidez, mas também limita a oxigenação da coluna d'água, especialmente quando associada à alta temperatura e acúmulo de matéria orgânica.

A água apresentou uma cor preta, típica de águas ricas em matéria orgânica e taninos, e um odor de mofo, sugerindo a presença de decomposição orgânica. O canal de água no ponto de coleta era caracterizado por represamento, correnteza lenta e fundo arenoso siltoso. A temperatura elevada observada no ponto analisado (31,85 °C), associada à ausência de cobertura vegetal e à falta de movimentação da água, pode ser explicada, em parte, pelo efeito do barramento hidráulico na foz do igarapé Água Branca com o Tarumã-Açu (Cachoeira Alta e Bolívia mais a jusante) (Figura 14).



**Figura 14.** Barramento Hidráulico do igarapé Tarumã-Açu sob o igarapé Água Branca – Foz do igarapé Água Branca próximo ao ponto de coleta 3. **Fonte:** Os autores (2025).

Conforme destacado por Siqueira (2019, p. 35), as confluências fluviais são zonas de intensa interação hidrológica, onde ocorrem alterações significativas no fluxo e nas características físico-químicas da água, resultado da sobreposição de massas d'água com diferentes energias e propriedades.

A elevação térmica também pode estar relacionada à entrada de água mais quente oriunda do Rio Negro no Tarumã-Açu, como apontado por Siqueira (2019, p. 45), que atribui esse aumento à diferença de densidade entre as águas, especialmente em sistemas com baixa velocidade de escoamento. Essa condição se agrava devido ao barramento hidráulico natural promovido pelo Rio Negro, que interfere no escoamento do Tarumã-Açu por meio do represamento da foz, fenômeno recorrente durante o período de cheia (SIQUEIRA, 2019, p. 50).

Esse mesmo processo já foi descrito em maior escala por Filizola (2009, p. 1004) e Meade *et al.* (1991, p. 105), que observaram que rios tributários, como o Negro e o Madeira, podem ter seu escoamento retardado por rios de maior volume, como o Solimões/Amazonas, configurando um tipo clássico de remanso hidrodinâmico.

De acordo com Oliveira (2022, p. 52), a temperatura é um dos parâmetros mais importantes no controle da vida aquática, pois influencia diretamente propriedades físico-químicas como a tensão superficial, viscosidade e até mesmo a disponibilidade de oxigênio dissolvido. Temperaturas elevadas fora da faixa de tolerância afetam negativamente o metabolismo, o crescimento e a reprodução de diversos organismos aquáticos, como peixes, plantas e fitoplâncton.

As diferenças nos resultados entre os três pontos de coleta podem ser atribuídas a variáveis locais como a cobertura vegetal, a presença de erosão e a ação antrópica. Como destaca Soares (2025, p. 87) a relação entre as alterações nas variáveis físico-químicas da água e a ação antrópica é direta, sendo que modificações em parâmetros

como pH, turbidez e condutividade elétrica impactam negativamente a biodiversidade aquática. A intensificação da urbanização nas áreas de entorno dos igarapés provoca mudanças ambientais que afetam tanto a qualidade da água quanto a sobrevivência da fauna aquática, sobretudo das espécies mais sensíveis. As medidas de oxigênio dissolvido em todos os pontos foram abaixo do recomendado conforme descrito pela resolução Conama 357/2005, indicando possíveis problemas para a sustentabilidade da fauna aquática local conforme descrito por Oliveira (2022, p. 55). É necessário continuar monitorando esses pontos e expandir a análise para incluir parâmetros químicos e biológicos adicionais para uma avaliação mais abrangente da qualidade da água e dos impactos ambientais na bacia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na análise da bacia hidrográfica do igarapé Água Branca em Manaus/AM revelaram variações nos parâmetros físico-químicos da água entre os pontos amostrados, com destaque para o oxigênio dissolvido, cujo valor esteve abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Embora parâmetros como turbidez, pH e temperatura tenham apresentado diferenças entre os pontos, todos se mantiveram dentro dos padrões legais. Esses resultados indicam possíveis influências de ações antrópicas locais, como desmatamento e presença de solo exposto, sobre a dinâmica da qualidade da água, especialmente nos trechos com menor cobertura vegetal. No entanto, reconhece-se que, para estabelecer com maior precisão a relação entre o grau de antropização e a degradação ambiental, seria necessária a inclusão de parâmetros adicionais (como DBO, DQO, nutrientes e coliformes), além da aplicação de testes estatísticos que confirmem diferenças significativas entre áreas de diferentes níveis de impacto.

A presença de áreas com solo exposto e a falta de vegetação ciliar, especialmente em pontos críticos como o Condomínio Residencial Tarumã, exacerbaram processos erosivos e assoreamento, modificando o leito igarapé. O baixo nível de OD registrado em todos os pontos de coleta é um indicador preocupante para a sustentabilidade da fauna aquática, destacando a necessidade urgente de medidas de mitigação e preservação. A poluição difusa pela Avenida do Turismo e despejo pontual de resíduos sólidos trazem impactos a qualidade da água do curso principal da bacia.

Observou-se no entorno da bacia do igarapé Água Branca a expansão de empreendimentos urbanos, como condomínios residenciais e unidades empresariais, o que representa um risco potencial à qualidade ambiental da bacia hidrográfica. Diante desse cenário, torna-se necessário o fortalecimento de políticas públicas de proteção e preservação dos recursos hídricos, voltadas especialmente para a gestão urbana e uso do solo. Tais políticas devem incluir ações de educação ambiental direcionadas às comunidades locais, moradores das áreas linderas ao igarapé, empresas instaladas na região e gestores públicos, promovendo o engajamento social na conservação dos ecossistemas aquáticos.

Recomenda-se, ainda, a implementação de ações de controle e monitoramento contínuo sob responsabilidade dos órgãos ambientais competentes, como a

Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS), Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) e em articulação com a sociedade civil e instituições acadêmicas. Essas ações devem visar à recuperação de áreas degradadas e à preservação dos atributos ecológicos da bacia hidrográfica, por meio da fiscalização, mapeamento de fontes poluidoras e monitoramento de parâmetros ambientais.

Para aprimorar a compreensão dos impactos antrópicos, sugere-se a ampliação do escopo analítico do estudo, incluindo análises químicas como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), presença de metais pesados (como chumbo e mercúrio), nitrato, nitrito, amônio e fósforo total, todos parâmetros recomendados pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Também se recomenda a realização de análises biológicas, como o Índice Biótico de Macroinvertebrados Bentônicos (BMWP), que permite avaliar a integridade ecológica do ambiente por meio da composição da fauna aquática.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.º 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 e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 58-63, 18 mar. 2005.
- CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 4, p. 230–241, 2013.
- CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Ed. Blücher, 1980.
- COSTA, Jamerson Souza da. **Relatório de situação bacia hidrográfica do Tarumã-Açu: transformações antrópicas e qualidade da água**. 1. ed. Manaus, AM: Edição do Autor, 2020. ISBN 978-65-00-11771-4.
- COUCEIRO, S. R. M. **Efeitos do desmatamento e da poluição sobre a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados aquáticos de igarapés urbanos de Manaus, Amazonas**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Curso de Entomologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Inpa, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2005.
- FILHO, E. A. S.; ALVES, S. B. S. M. Análise do esgotamento sanitário em Manaus-AM. **Revista Geofronter**, v. 9, n. 3, p. 1–10, 2022.
- FILIZOLA, N.; SPÍNOLA, N.; ARRUDA, W.; SEYLER, F.; CALMANT, S.; SILVA, J. The Rio Negro and Rio Solimões confluence point–hydrometric observations during the 2006/2007 cycle. **River, Coastal and Estuarine Morphodynamics**: RCEM, p. 1003–1006, 2009.
- GARCIA, Ivina. Água Branca: último igarapé limpo de Manaus resiste ao avanço da urbanização. **Agência Cenarium**, Manaus, 04 out. 2022. Disponível em: <https://revistacenarium.com.br/agua-branca-ultimo-igarape-limpo-de-manaus-resiste-ao-avanco-da-urbanizacao/>. Acesso em: 30 abr 2025.



- GUERRA, Antônio José Teixeira. **Processos erosivos nas encostas.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 149–209.
- IPAAM. **INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS.** Repositório de Dados Espaciais – Bases Cartográficas. Manaus: IPAAM, 2025. Disponível em: <https://gis.ipaam.am.gov.br/repositorio-de-dados/?group=Bases>. Acesso em: 20 maio 2025.
- MACENA, L. S. L.; COSTA, R. C. A cidade como espaço do risco: estudo em bacias hidrográficas de Manaus, Amazonas – BR. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 4, p. 318–330, 2012.
- MACHADO, A. K. N; WACHHOLZ, F. Análise das ações antrópicas e mapeamento da Bacia Hidrográfica do Igarapé Água Branca, Manaus/AM. In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. São José dos Campos, INPE, 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/analise-das-acoes-antropicas-e-mapeamento-da-bacia-hidrografica-do-igarape-agua?lang=pt-br>> Acesso em: 05 de Jun. 2024.
- MACHADO, Alan Kristian Nunes; WACHHOLZ, Flávio. Índice de dissecação do relevo na bacia hidrográfica do igarapé Água Branca, Manaus/AM. In: **Anais do Simpósio Internacional Selper: Além do dossel – Tecnologias e Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Belém (PA): UFPB, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxi-selper-2024/871451>. Acesso em: 10 maio 2025.
- MAIA, Samara Aquino *et al.* Os impactos da agricultura urbana na qualidade da água na nascente do igarapé do Mindu – Comunidade Nova Esperança (Manaus–AM). Manaus: **UEA**, 2015.
- MEADE, R. H.; Rayol, J. M.; Conceição, S. C. da; Natividade J. R. G. Backwater Effects in the Amazon River of Basin. **Environmental Geology and Water Sciences**, v. 18, n. 2, p. 105–114, 1991.
- MONTE, C. do N. A influência antrópica na qualidade da água do rio Tapajós, na cidade de Santarém–PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 60–70, 2021.
- MONTOVANI, Camila Pereira. **Condutividade elétrica e cloretos como indicador da qualidade de água.** 2021. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Recursos Hídricos) – Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2021.
- OLIVEIRA, Simone Almeida. **Parâmetros físico-químicos da água em igarapés urbanos de Manaus.** 2022. 96 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: <https://pos.uea.edu.br/data/area/dissertacao/download/52-14.pdf>. Acesso em: 19 maio 2025.
- PINTO, A. G. N. et al. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus, AM. **Acta amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3. p. 627-638, set. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300018>.
- RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água

de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.15-22, 2005.

RIBEIRO, Wagner Costa. **Geografia Política da Água**. São Paulo: Editora Annablume, 2008.

RODRIGUES, Cleide; ADAMI, Samuel Fernando. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In. Venturi, L.A.B. **Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: oficina de Textos, 2009.

SILVEIRA, Mariana Pinheiro. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. 2004.

SIQUEIRA, L. F. **Estudo Hidrológico do Efeito de Barramento Hidráulico do Rio Tarumã-Açú, Manaus-Am**. Dissertação (Programa de pós-graduação em Clima Ambiente do INPA) Manaus, 2019.

SOARES, B. de S; WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W. Caracterização do pH, total de sólidos dissolvidos, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido no baixo rio Tarumã-Açu (Amazonas, Brasil). **Revista Presença Geográfica**, v. 10, n. 1, p. 140-155, 2023. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/10820>. Acesso em: 11 maio 2025.

SOARES, Bianca de Souza. **Monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura da terra na Cachoeira Alta do Tarumã, Manaus/AM**. 2025. 110 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2025.

SOUZA, D. N. S. et al. Análise da qualidade das águas do igarapé do parque do Mindu da cidade de Manaus com base nas condições físico-químicas. **Revista Científica Semana Acadêmica**, p. 000142, 2018.

TOMAZ, P. **Poluição difusa**. São Paulo: Navegar Editora, 2006.

VIEIRA, Antônio Fábio Sabbá Guimarães. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM)**: principais fatores controladores e impactos urbanos-ambientais. 2008. 310 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. EditoraUFMG, 1996.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0