



Qualidade da água superficial do Rio Tarumã-Açu/Amazonas, Brasil


Surface water quality of the Tarumã-Açu River/Amazonas, Brazil



Leitão, Matheus de Vasconcelos Lima; Wachholz, Flávio; Descovi Filho, Leônidas Luiz Volcato

 **Matheus de Vasconcelos Lima Leitão**
mdvll.gab21@uea.edu.br
Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

 **Flávio Wachholz**
fwachholz@uea.edu.br
Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

 **Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho**
leonprs@gmail.com
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

Revista Presença Geográfica
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-e: 2446-6646
Periodicidade: Frecuencia continua
vol. 10, núm. 1, Esp., 2023
rpgeo@unir.br

Recepção: 15 Abril 2023
Aprovação: 19 Abril 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744784009/>

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo principal analisar as variáveis limnológicas e verificar os possíveis agentes que provocam os impactos na qualidade da água do Rio Tarumã-Açu. Dentre os parâmetros coletados no campo realizado no dia 10 de novembro de 2021, selecionou-se três parâmetros Potencial hidrogeniônico (pH), Oxigênio dissolvido (OD), Condutividade elétrica (CE) e Sólidos totais dissolvidos (STD), que foram adquiridos com o uso do multiparâmetro portátil Hanna instruments (HI98184). O campo foi realizado no período de vazante do Rio Negro e seus afluentes, tal como o rio Tarumã-Açu. No presente estudo foi possível observar os valores de pH que apresentaram uma pequena alteração estabelecida por valores de 3,67 próximo ao igarapé do Tiú como valor mínimo, e 7,70 como valor máximo adquirido próximo ao igarapé do Gigante. Em termos de Oxigênio dissolvido obtivemos uma máxima de 9,94 mg/L na foz do igarapé da Bolívia, e uma mínima de 3,57 mg/L próximo a foz do igarapé do Panemão, adquirindo assim uma média de 7,19 mg/L. A CE vai de 7,0 μ S/cm e um STD de 13,78 mg/L em algumas partes do rio Tarumã-Açu, a uma CE de 175 μ S/cm com STD de 356,13 mg/L no Igarapé da Bolívia. É válido destacar que o baixo curso recebe influência direta do Rio Negro, tendo em vista que sua pressão e velocidade são diferentes das do rio Tarumã-Açu, causando assim uma maior facilidade para dissipar cargas advindas dessas ações antrópicas.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Variáveis Limnológicas, Qualidade da água.

Abstract: The main objective of this work was to analyze the limnological variables and verify the possible agents that cause impacts on the water quality of the Tarumã-Açu River. Among the parameters collected in the field carried out on November 10, 2021, three parameters were selected: Hydrogenionic Potential (pH), Dissolved Oxygen (DO), Electrical Conductivity (EC) and Total Dissolved Solids (STD), which were acquired using the Hanna instruments portable multiparameter (HI98184). The field was carried out during the ebb of the Rio Negro and its tributaries, such as the Tarumã-Açu river. In the present study, it was possible to observe the pH values that showed a small change established by values of 3.67 near the Tiú stream as the minimum value collected on the day, and 7.70 as the maximum value acquired

near the Tíu stream. Giant. In terms of dissolved Oxygen, we obtained a maximum of 9.94 mg/L at the mouth of the Bolivian stream, and a minimum of 3.57 mg/L near the mouth of the Panemão stream, thus acquiring an average of 7.19 mg/L. The EC ranges from 7.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and an TDS of 13.78 mg/L in some parts of the Tarumã-Açu river, to an EC of 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ with an TDS of 356.13 mg/L in the Igarapé from Bolivia. It is worth mentioning that the lower course is directly influenced by the Rio Negro, given that its pressure and speed are different from those of the Tarumã-Açu river, thus making it easier to dissipate loads arising from these anthropic actions.

Keywords: Hydrographic basin, Limnological Variables, Water quality.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida e é considerada um dos recursos naturais mais importantes do planeta Terra. Além de ser fundamental para a sobrevivência humana, a água também desempenha um papel crucial na manutenção do equilíbrio ecológico, fornecendo habitat para uma grande variedade de plantas e animais. A água também é usada em vários setores industriais, como agricultura, pecuária, mineração e energia, tornando-se um recurso vital para o desenvolvimento econômico de muitas nações. Portanto, é importante garantir a qualidade da água para preservar a saúde humana e o meio ambiente, além de assegurar o abastecimento de água para as gerações atuais e futuras.

A utilização dos recursos naturais pela humanidade, sem o conhecimento e observância de suas interações, vem potencializando impactos ambientais negativos nos ambientes naturais. Desse modo desde a antiguidade os seres humanos tendem a cada dia usufruir de maneira agressiva dos recursos naturais disponíveis, isso corrobora com que Bacci e Pataca (2008) dizem em relação ao uso, que em nossa sociedade, a exploração dos recursos naturais, dentre eles a água, de forma bastante agressiva e descontrolada, levou a uma crise socioambiental bastante profunda.

A conservação de ambientes naturais é um desafio diante da pressão exercida pela expansão das cidades, tais avanços são processos que ocorrem com o passar dos anos e estão longe de parar. O comprometimento da qualidade da água para fins de abastecimento doméstico é decorrente de poluição causada por diferentes fontes, como efluentes domésticos, efluentes industriais e alguns deflúvios superficiais tanto urbano quando agrícola (CREPALLI, 2007).

Dessa forma a água doce é um recurso natural finito cuja qualidade vem se degradando com o passar dos anos, por motivos como o aumento populacional e à ausência de saneamento básico e políticas públicas voltadas para a sua preservação.

As águas pretas, encontradas na maioria dos afluentes do rio Negro, como o rio Tarumã-açu, apresentam como o próprio nome indica, coloração escura. A química destas águas é considerada uniforme, em sua maioria de aspecto ácido, devido à presença de grandes quantidades de substâncias orgânicas dissolvidas, provenientes do escoamento de solos arenosos cobertos por vegetação, conhecida como campinarana ou caatingas amazônicas (ZEIDEMANN, 2001 apud ROCHA et al, 2019).

A qualidade da água é um fator importante para a saúde humana e o equilíbrio ecológico dos rios e riachos. No rio Tarumã-Açu, a situação da qualidade da água tem sido alvo de preocupações devido ao crescimento urbano e industrial na região, bem como à falta de medidas eficazes de proteção e preservação do meio ambiente.

A ocupação do solo na bacia do Rio Tarumã-Açu é composta, em sua maior parte, por empreendimentos, residências, assentamentos do INCRA, hotéis de selva, marinas, ocupações desordenadas, clubes de lazer e comércios fluviais (flutuantes). Além disso, apresenta processos erosivos intensos e assoreamento do leito dos rios, resultantes de atividades de extração mineral clandestinas (MELO, 2017 apud ROCHA et al, 2019).

Os estudos de variáveis limnológicas possibilitam conhecer e analisar os impactos provocados pelas ações antrópicas dentro da bacia. De acordo com Rocha et al (2019), as variáveis limnológicas possibilitam a elaboração de modelos capazes de analisar fatores sistêmicos importantes para a gestão de bacias hidrográficas, de modo integrado aos usos múltiplos e a influência sobre o meio ambiente.

Dessa forma, os parâmetros limnológicos estão interligados e quando uma variável se altera, todas as outras estão sensíveis a se alterarem, assim a caracterização limnológica realizada pelas geotecnologias, possibilita uma melhor compreensão das interações entre as variáveis, assim também contribuindo para uma melhor tomada de decisão sobre os recursos hídricos (FERNANDES, 2020).

Mediante tal problemática, este artigo tem como objetivo caracterizar espacialmente os parâmetros limnológicos do baixo curso do rio Tarumã-Açu no período da vazante, tendo como objetivos específicos: Analisar as variáveis limnológicas: pH, Oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e total sólidos dissolvidos e analisar os possíveis agentes que provocam os impactos na qualidade da água do Rio Tarumã-Açu.

METODOLOGIA

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu (BHTA) está localizada, integralmente no município de Manaus, entre as coordenadas 2°31'54.36"S a 3°5'13.96"S e 60°11'44.78"O a 59°52'16.01"O. De acordo com Wachholz *et al.* (2020), a BHTA apresenta uma área de 1.388,93 km², cerca de 12,18% da área territorial da capital amazonense, a estimativa da população dentro do perímetro urbano da BHTA, é de 496.185 habitantes (IBGE, 2010) (Figura 1).

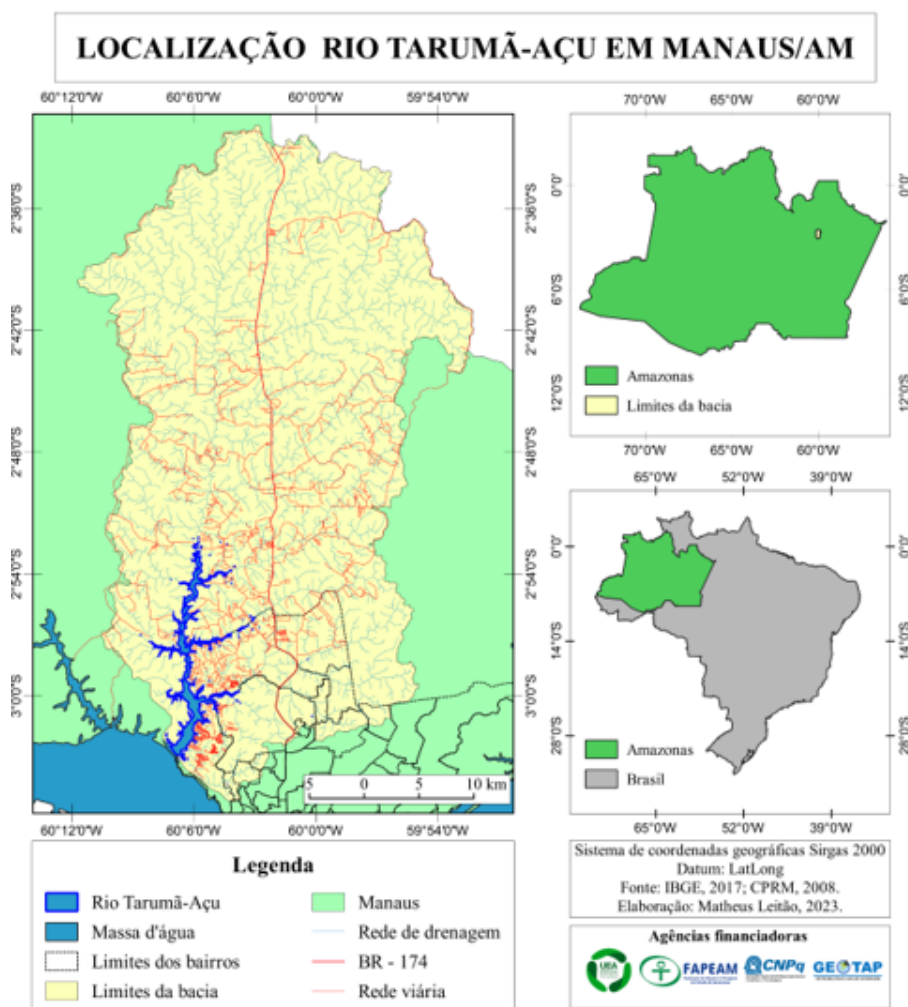


FIGURA 1
 Mapa de localização do Rio Tarumã-Açu em Manaus/Am
 Fonte: IBGE (2017); CPRM (2008). Elaboração: Leitão, M.V.L. 2023

A bacia é cortada por 57,86km da BR-174 no sentido norte-sul (Manaus-Boa Vista) e por 37,73 km da AM-010 no sentido sul-leste da bacia (Manaus-Itacoatiara). Além de apresentar cerca de 526 ramais, correspondente a 775,96 km de extensão e 188,48 km de malha urbana da zona oeste, parte da centro-oeste e norte de Manaus que está dentro da bacia (WACHHOLZ *et al.*, 2020).

Os corpos d'água da BHTA desempenham um papel importante não apenas do ponto de vista ecológico, mas também do ponto de vista do desenvolvimento socioeconômico das bacias hidrográficas e das comunidades. Consistindo em uma paisagem com grande potencial cênico, muitas das atrações turísticas e culturais de Manaus estão localizadas nos limites da bacia. O setor jusante do Tarumã-Açu se comporta como uma lagoa fluvial (alguns locais a chamam de "Lagoa do Tarumã") em decorrência das barragens construídas pelo Rio Negro muitos bares e restaurantes estão centrados em barcos aquáticos, marinas públicas e privadas, estaleiros, pousadas (onboard e onshore).

A área de estudo corresponde a um trecho de 20,6 km do baixo curso do rio Tarumã-Açu, entre as coordenadas 02°55'44,8"S a 60°06'24,0"W e 03°02'59,5"S a 60°06'34,1"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 também do igarapé do Caniço, Angola, Tiú, Panemão e Pirarucu pela margem direita do rio Tarumã-Açu.

Definição dos pontos de coleta

A definição dos pontos amostrais consistiu em aquisições de imagens de satélites PlanetScope, de julho de 2019, em projeção SIRGAS 2000 / UTM 20S, no programa de sistema de informação geográfica QGIS – versão 3.2.2 (QGIS, 2023), a fim de delimitar, através de variações espectrais de imagem (cor verdadeira), possíveis pontos de coleta na área de estudo.

A coleta de dados em campo foi realizada com auxílio de GPS portátil (GPSmap 62s - Garmin), no dia 10 de novembro de 2021, de 9:55 às 15:57h, no período de vazante, com medições in loco de 34 pontos amostrais. A coleta realizada faz parte do projeto de Monitoramento das Águas do Tarumã-Açu por Sensoriamento Remoto realizado pelo Grupo de Geotecnologias e Análise da Paisagem – GEOTAP com apoio de outras instituições, o projeto ocorreu desde o mês de agosto do ano de 2019, em 40 pontos de coleta, entretanto no dia 10 de novembro de 2021 por conta do período de vazante do rio, não foi possível realizar as coletas nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 34 com o uso de embarcação, devido à baixa profundidade (Figura 2).

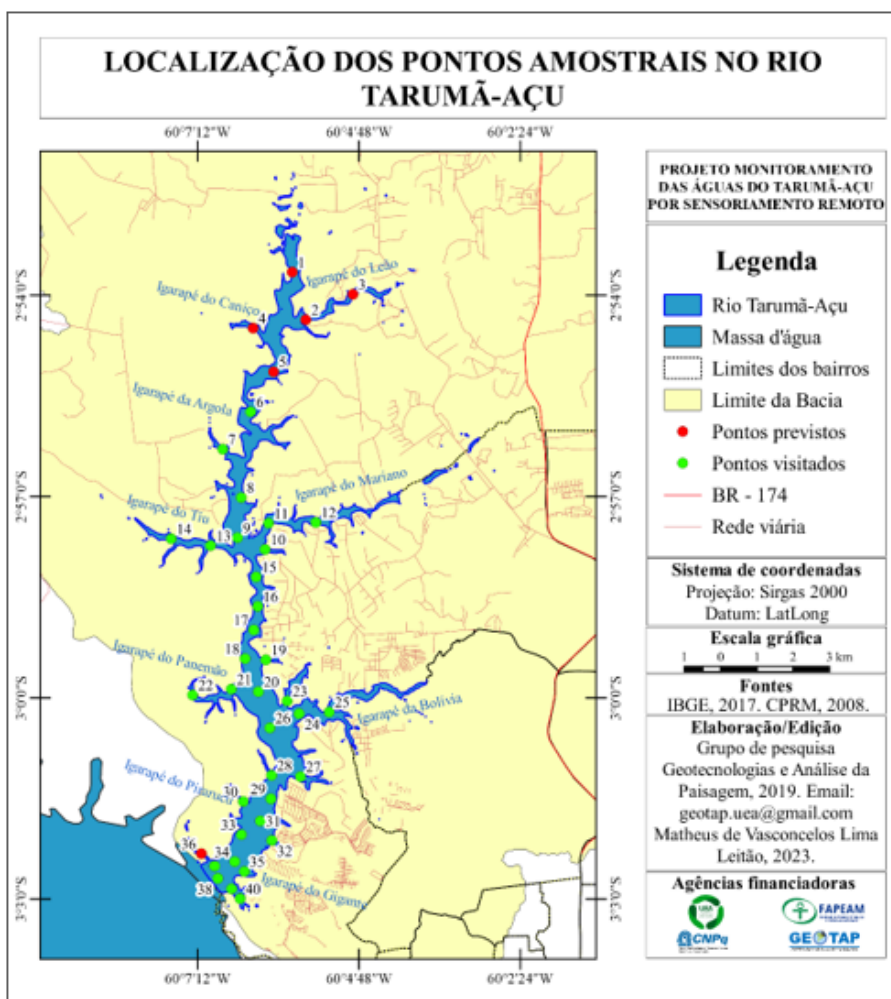


FIGURA 2
 Mapa de Localização dos pontos de coletas do campo do dia 10 de novembro de 2021
 Fonte: IBGE (2020), CPRM (2008) Elaboração: Leitão, M.V.L. 2023

Coleta dos dados

Os parâmetros coletados neste estudo foram temperatura do ar, luminosidade (Lux), umidade relativa, rugosidade, transparência, turbidez (UT), potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), temperatura da água, profundidade total, alcalinidade, fósforo total e demanda química de oxigênio (DQO). O equipamento utilizado foi o medidor multiparâmetro portátil Hanna Instruments (HI98184), para as variáveis condutividade elétrica - CE (Resolução 0,1 e precisão de $\pm 1\%$ de leitura), potencial hidrogeniônico - pH (Resolução 0,01 e precisão $\pm 0,01$), oxigênio dissolvido - OD (Resolução 0,01 e precisão de $\pm 1,5\%$ de leitura), sólidos totais dissolvidos - STD (Resolução 1ppm e precisão de 1% de leitura).

Os Registros fotográficos e informações descritivas foram coletadas em uma ficha técnica para cada ponto, com dados de cobertura vegetal, uso e ocupação do solo das margens próximas ao ponto de coleta, mata ciliar e condições do tempo.

Tabulação dos dados e espacialização

Para a tabulação foram gerados planilhas e gráficos no programa Microsoft Office Excel, com base nas estatísticas descritiva mínima, máxima, média, mediana e desvio padrão, afim de descrever e sumariza-lo. Os mapas foram elaborados por meio do programa Qgis versão 3.2.2 (QGIS, 2023), que realiza a técnica de interpolação determinística chamada: Inverso da Distância Ponderada – IDP ou (Inverse Distance Weighted - IDW).

A interpolação IDW atribui pesos ponderados aos pontos amostrais, de modo que a influência de um ponto sobre outro diminui com a distância do novo ponto a ser estimado, dessa forma foi possível gerar uma grade raster. Para RIGHI *et al.* (2016) os métodos de interpolação são ferramentas utilizadas na geração de superfícies distribuídas de uma determinada variável a partir de dados pontuais. Eles contribuem para a compreensão espacial de atributos, sem a necessidade de levantar dado em toda a área de interesse.

Os dados inseridos no processamento, após correção em tabela de Excel, foram transformados em formato vetor (pontos), contendo as informações necessárias para interpolação. No arquivo raster utilizou-se a camada de limite do rio Tarumã-Açu (polígono) para recortar a área desejada pós-interpolação. A simbologia do arquivo foi modificada em configurações da imagem, utilizando a renderização singleband/pseudocolor com o gradiente de cores Spectral. Após as modificações foi possível realizar análise dos parâmetros de forma espacializada, através da elaboração de mapas temáticos para cada parâmetro.

As classes empregadas nos mapas foram definidas de acordo com o método do quartil. Quartis são valores que dividem uma amostra de dados em quatro partes iguais, com eles você pode rapidamente avaliar a dispersão e a tendência central de um conjunto de dados, que são etapas importantes na compreensão dos dados coletados em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Características das condições de campo

Ao observar as características obtidas durante a coleta dos 34 pontos amostrais, é possível definir a água do rio Tarumã-Açu com um tonalidade barrenta esverdeada, para tal definição temos que levar em consideração que durante o mês de novembro o rio Tarumã-Açu está no período de vazante, cuja cota do rio Negro estava em 19,58 metros (PORTO DE MANAUS, 2021), ou seja, as águas tendem a carregar os sedimentos que se

encontram nas margens do rio, deixando assim a água com uma cor diferente se comparado com o período de cheia.

A transparência da água não ultrapassou 1 metro, a maior transparência foi encontrada no ponto 6, com 0,93 metros, a menor transparência foi encontrada no ponto 11 com 0,32 no compartimento superior do rio Tarumã-Açu.

A média de temperatura da água é de 32°C, tendo uma variação do ponto 6 (seis) localizado no curso principal do rio Tarumã-Açu de 32,1°C e de 31°C no ponto 40 no igarapé do Gigante. Vale destacar que em quase todos os pontos a luminosidade ultrapassou os 20.000 lúmens, o máximo quantificado pelo instrumento luxímetro. Já a umidade relativa do ar obteve seu maior valor no ponto 23 às 13:41 com 76,9%, já no ponto 14 às 12:03, a umidade relativa do ar chegou a 63,3%, devemos compreender que para a região em que o rio Tarumã-Açu está inserido, esses dados são considerados normais.

PH- Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma medida da acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa. O pH afeta o comportamento de sinalização e íons em solução, bem como a saúde e o crescimento de organismos vivos. Por isso, a medição precisa do pH é uma parte importante de muitos processos e aplicações.

É possível explicar que provavelmente a mudança de pH está relacionada a alterações provocadas por substâncias provenientes de despejos industrial, o que corrobora com Melo (2005) quando afirma que aumento de pH na região em estudo pode estar relacionado às interferências humanas.

Os valores obtidos em campo apresentam uma alteração que vai de 3,67 no ponto 15, valor mínimo coletado, e 7,70, valor máximo adquirido no ponto 35 (Figura 3).

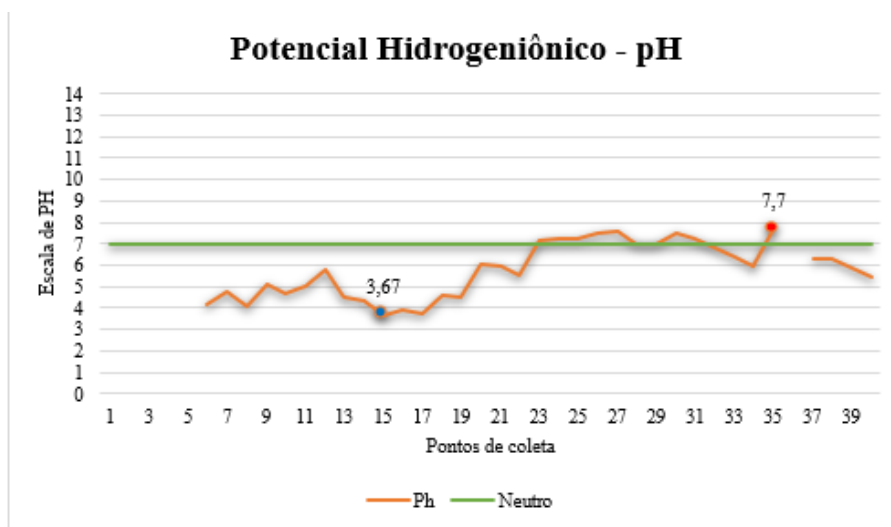


FIGURA 3
Gráfico dos parâmetros de pH coletados em campo
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Ao observamos o mapa é possível verificar que próximo aos igarapés do Leão e Caniço o pH da água encontra-se dentro da média estabelecida pelo Qgis 3.2.2. pH ácido nas águas pretas do Rio Tarumã-Açu, com valores inferiores a 6,0, é uma condição natural resultante da presença de material orgânico, como os compostos químicos solubilizados húmicos e fúlvicos, provenientes da emissão florestal (SIOLI; KLINGE, 1962).

Nas áreas próximas aos igarapés do Caniço, igarapé da Argola, igarapé do Mariano e igarapé do Tiú, observa-se que os valores de pH atingem teores de acidez, que remetem à de um ambiente aquático com pH

ácido. A partir do igarapé do Panemão até o igarapé do Gigante, o pH acaba por se estabilizar, chegando em menos ácido e em alguns pontos e em outros chega a ultrapassar a neutralidade, obtendo assim o pH básico (Figura 4). A carga de efluentes químicos e dejetos advindas de ações antrópicas na margem esquerda urbana do rio Tarumã-Açu é considerada o principal causador desses níveis.

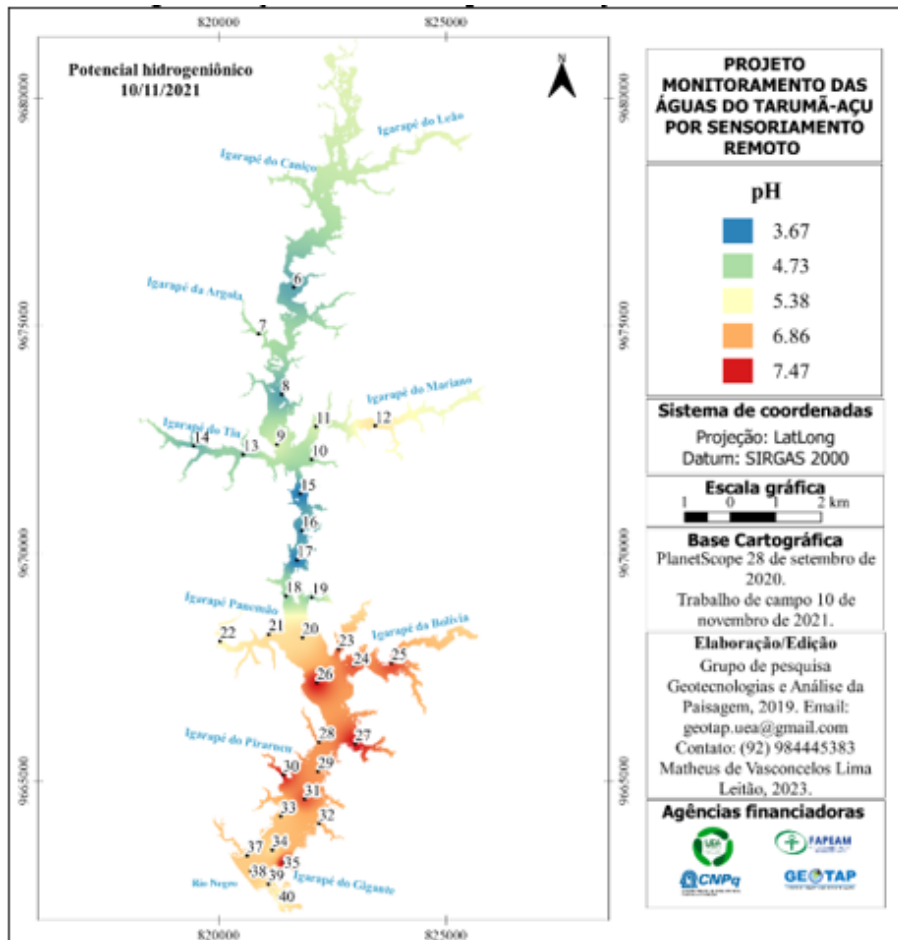


FIGURA 4
 Mapa de Potencial Hidrogeniônico dos pontos de coletados
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

É notório que o despejo de efluentes (esgotos) a partir das edificações às margens dos igarapés, bem como, dos flutuantes e das embarcações que transitam nessa área, além do vazamento de óleo dos barcos e posto de combustível podem ser os fatores responsáveis pelo aumento do pH nesse período de vazão, tendo em vista que essa não constitui uma condição natural das águas da bacia (águas pretas).

Também é válido destacar a contribuição negativa que as bacias urbanas trazem para o Tarumã-Açu, o maior exemplo disso é o Igarapé da Bolívia que se encontra na zona norte de Manaus, em que o pH assume maiores valores, sendo os impactos oriundos da carga de efluentes e resíduos sólidos despejados pelas moradias e empresas de pequeno, médio e grande porte.

Contudo é importante lembrar que as classes definidas foram de acordo com os dados coletados em campo, considerando os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA n°. 357, de 17 de março de 2005, para Águas Doces – Classes 1 e 2, de águas com destinação à proteção das comunidades aquáticas, ao abastecimento e consumo humano, à recreação de contato primário (como natação, esqui aquático e mergulho), aquicultura e pesca e irrigação o alto curso do Tarumã-Açu encontra-se abaixo da média que é de 6,0 a 9,0 conforme estabelecido na legislação.

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é a parte solúvel presente na água e pode ser facilmente consumido por organismos aquáticos. É uma medida importante da qualidade da água, pois a concentração adequada de oxigênio dissolvido é fundamental para a sobrevivência de muitas espécies de peixes e outros organismos aquáticos. O nível de oxigênio dissolvido na água pode ser afetado por diversos fatores, incluindo a temperatura, a pressão, a quantidade de matéria orgânica e a presença de nutrientes. Valores baixos de oxigênio dissolvido podem indicar problemas como eutrofização ou uso excessivo de água, enquanto valores altos podem ser sinal de contaminação química ou problemas de saneamento (SILVA *et al.* 2019).

Dentre os pontos coletados obteve-se uma máxima de 9,94 mg/L no ponto 24, e uma mínima de 3,57 mg/L no ponto 19, dessa forma temos uma média de 7,19 mg/L (Figura 5).

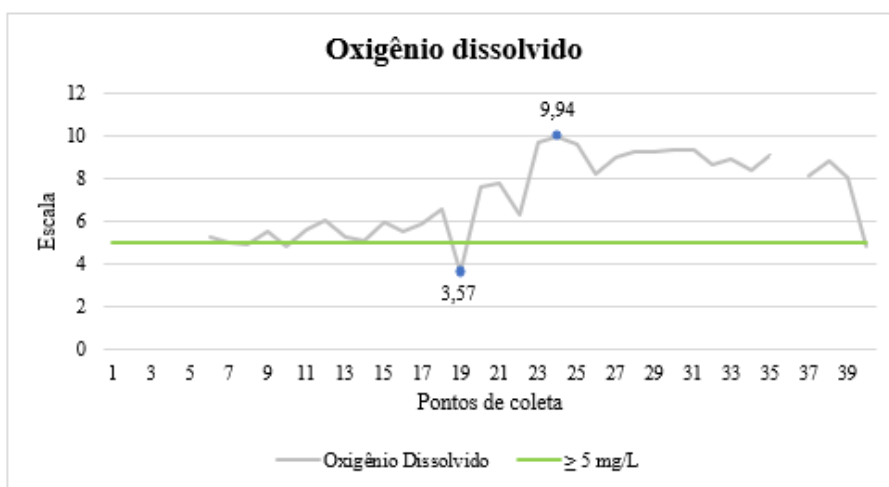


FIGURA 5
Gráfico dos parâmetros de Oxigênio dissolvido coletados em campo
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Observando o mapa (Figura 6) é possível verificar que próximo aos igarapés do Leão e Caniço o nível de OD permanece dentro da média, entretanto próximo ao igarapé da Argola, Mariano, Tiú e na margem esquerda do Tarumã no setor correspondente à margem direita do tributário denominado Bolívia o nível de OD se apresenta abaixo da média, que de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 é maior ou igual 5 mg/L. Esse fato pode ser explicado por conta do alto nível de concentração de matéria orgânica que durante a vazante do rio acaba por concentrar nessas áreas.

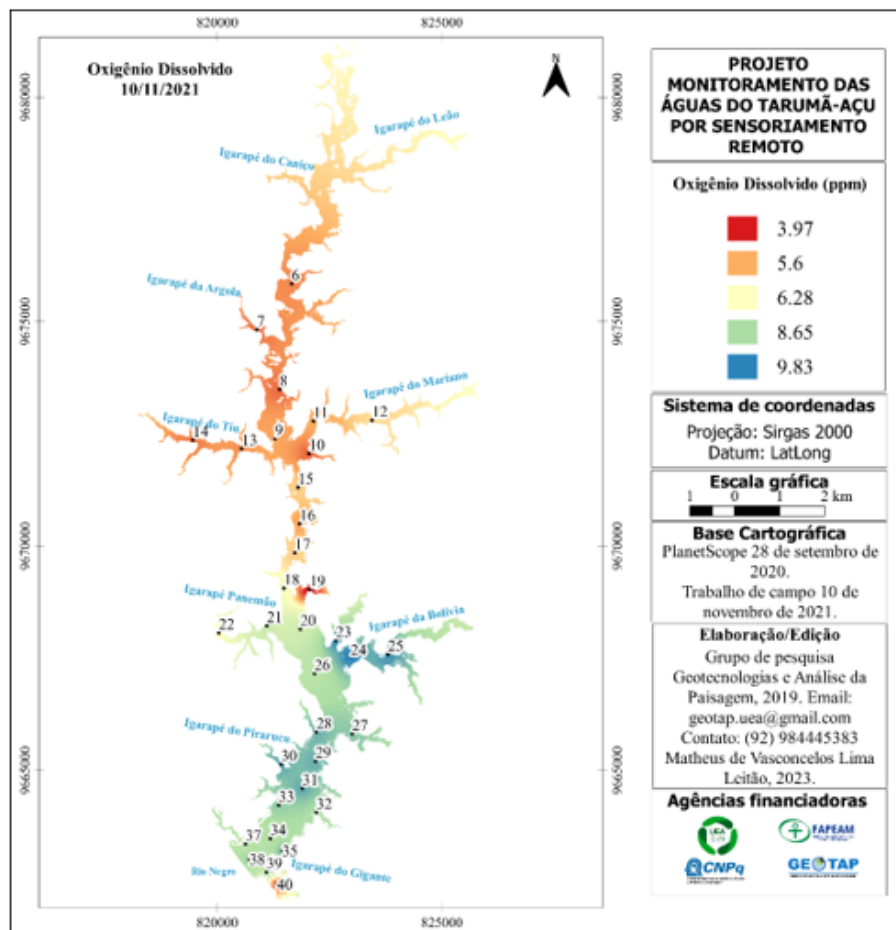


FIGURA 6
 Mapa de Oxigênio dissolvido dos pontos coletados
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Sobre essa temática de acordo com Costa *et al.* (2020, p. 57):

Essa baixa concentração de oxigênio dissolvido observada no Rio Tarumã-Açu é considerada natural para rios amazônicos. A degradação da matéria orgânica originada nas florestas e levada para o leito dos corpos d'água, seja pela ação das chuvas ou pelo próprio regime de inundação, consome o oxigênio dissolvido na água, reduzindo sua concentração. Embora constitua um fator limitante do processo de autodepuração em sistemas aquáticos, tratando-se de águas amazônicas, valores menores do que 5,00 mg/L refletem uma condição natural da bacia e não indicam, por si só, a perda de qualidade da água. Tanto é que os organismos encontrados nesses ambientes (águas pretas) estão adaptados a essa condição.

No curso principal do rio Tarumã-Açu, mais precisamente próximo aos igarapés Panemão, Bolívia, Pirarucu e Gigante é possível verificar o aumento no oxigênio dissolvido, tendo em vista que neste setor, que corresponde à jusante da bacia, o Tarumã Açú recebe a influência do sistema maior que é o Rio Negro. Para Siqueira (2019), as águas do Negro adentram o Rio Tarumã-Açu, alcançando até 17 km a montante no seu período de cheia. Como as águas do Rio Negro são mais quentes e, portanto, menos densas, elas tendem a se posicionar na superfície; sendo mais alta a temperatura quanto maior a proximidade da foz assim contribuindo para a aglomeração de OD.

Assim, ao verificar os dados obtidos em campo podemos concluir que para os níveis de OD encontrados dentro do rio Tarumã-Açu, ele segue em alguns pontos as normativas da legislação, essa que dispõe de que: para Águas Doces – Classes 1 e 2, que apresenta padronização de oxigênio dissolvido em valores superiores

a 5,0 mg/L (Resolução CONAMA n°. 357, de 17 de março de 2005) ou seja, os níveis encontrados estão dentro dos parâmetros colocados pela Resolução CONAMA.

Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos

A condutividade elétrica (CE) da água é a medida de capacidade da água conduzir corrente elétrica. A condutividade elétrica é usada como indicador da qualidade da água e como ferramenta para avaliar a concentração de minerais presentes na água, incluindo a presença de cátions e ânions. Os Totais Sólidos Dissolvidos (TSD) são uma medida da concentração total de sólidos em uma amostra de água. São parâmetros que incluem sais, minerais, metais, matéria orgânica e outras substâncias dissolvidas na água. A concentração de TSD pode afetar a qualidade da água e influenciar a vida aquática e o uso da água. A quantidade de TSD também pode ser utilizada como uma indicação da contaminação da água. Normalmente, a quantidade de TSD é medida em miligramas por litro (mg/L).

A condutividade elétrica (CE) de uma amostra de água pode ser correlacionada com a quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD) presentes na água. De forma geral, quanto mais alta a concentração de sólidos na água, maior será a condutividade elétrica, dessa forma foi encontrado o coeficiente de determinação dos pontos coletados que é $R^2=0,99$ e $CE=2,0378 \cdot TDS-0,4829$. Isto ocorre porque os sólidos em suspensão, como sais e outras substâncias inorgânicas, conduzem a corrente elétrica melhor do que a água pura. Por isso, a CE pode ser usada como uma forma de estimar a quantidade de sólidos dissolvidos na água.

A condutividade elétrica apresenta valor médio de 22,35 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando de uma condutividade elétrica de 7,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e um total sólido dissolvido de 13,78 mg/L a uma condutividade elétrica de 356 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com sólidos totais dissolvidos de 175 mg/L no igarapé da Bolívia (Figura 7 e 8).

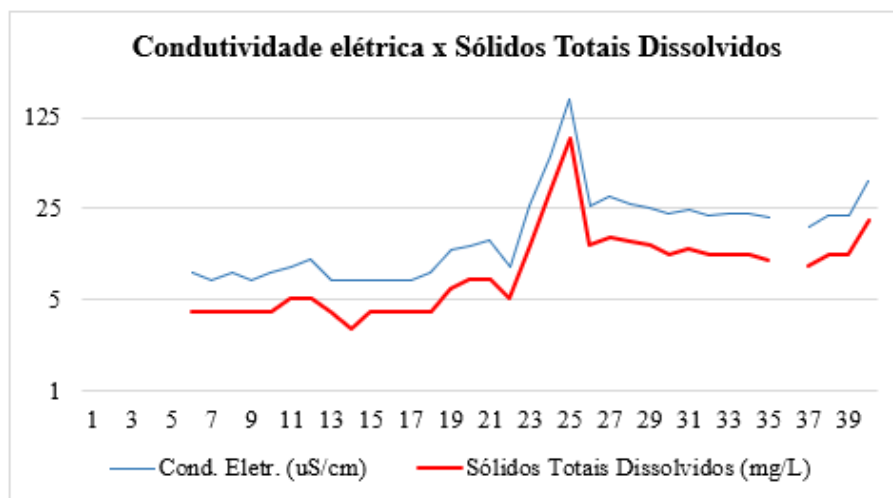


FIGURA 7
Correlação entre condutividade elétrica e Totais sólidos dissolvidos
Elaboração: Os autores, 2023

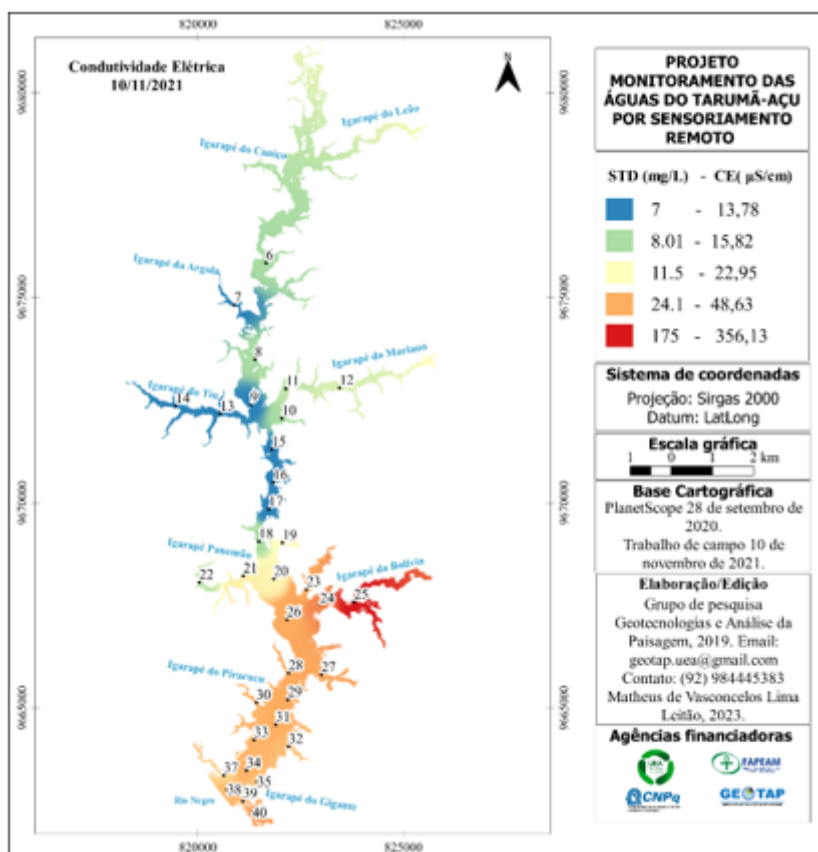


FIGURA 8
 Mapa de Condutividade elétrica e Totais sólidos dissolvidos dos pontos coletados
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

O maior valor de condutividade elétrica foi observado no ponto 25, situado no igarapé da Bolívia com um valor de 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Uma condutividade elétrica elevada na água pode indicar a presença de sais suspensos, como cloro, sulfato e nitrato, o que pode ser resultado de atividades humanas, como a agricultura, esgotos, ou de fontes naturais como mineração e fontes termais (FUNASA, 2014). Quanto maior a quantidade de sais sustentáveis, maior será a condutividade elétrica da água. Além disso, uma água com uma condutividade elétrica elevada pode afetar a saúde de organismos aquáticos, prejudicar o sabor e odor da água, e afetar o processo de tratamento de água potável.

A montante do rio Tarumã-Açu, do igarapé do Leão ao igarapé do Panemão é possível verificar que se dispõe de valores baixos, isso se dá pelo fato da área em questão ser uma área ainda em uma zona considerada rural sem muitos impactos humanos acentuados que possam interferir diretamente na condutividade elétrica da água. Mesmo a análise sendo realizada no período de vazante podemos observar que áreas próximas a foz do igarapé do Leão, igarapé do Caniço, igarapé da Argola, igarapé do Tiú, igarapé do Mariano e uma parte do igarapé do Panemão ainda se encontram com uma qualidade boa se associada a foz do rio principal, dessa forma vale destacar que os problemas de qualidade presentes na foz podem ser associados aos diversos usos ali presente.

Qualidade da água em pontos preservados e alterados

O rio Tarumã-Açu pode ser dividido em dois compartimentos, o superior que corresponde aos igarapés que depositam pouco efluentes no rio principal, são esses: igarapé do Leão, Caniço, Argola, Mariano e Tiú. No

compartimento inferior temos os igarapés que despejam uma carga maior de efluentes e acaba por alterando assim a qualidade da água do rio Tarumã-Açu, são eles: igarapé do Panemão, Bolívia, Pirarucu e Gigante. A deterioração da qualidade da água, com alteração de suas características físico-químicas e microbiológicas, é produto do desarranjo nos elementos que compõem a bacia hidrográfica, causado pela crescente pressão exercida sobre esses ecossistemas, a partir da dinâmica de cobertura e uso da terra (COSTA, 2020 apud FIGUR *et al.* 2017).

Os resultados dos parâmetros de qualidade da água são apresentados na Tabela 1. No trecho analisado, o pH médio foi de 5,78, variando de 7,70 no ponto 35 (compartimento inferior) e 3,67 no ponto 15 (compartimento superior). Nas águas pretas, como as do Rio Tarumã-Açu, o pH ácido, com valores abaixo de 6,0 estão relacionados à presença de material orgânico (ácidos húmicos e fúlvidos) provenientes da decomposição dos restos de vegetação.

O oxigênio dissolvido teve a média de 7,19 mg/L, variando de 9,94 mg/L no ponto 24 (compartimento inferior) e 3,57 mg/L no ponto 19 (compartimento superior). De acordo com Costa (2018) o OD é um fator limitante do processo de autodepuração em sistemas aquáticos naturais, e uma variável importante na avaliação da qualidade da água. Contudo, tratando-se de águas amazônicas, mesmo valores abaixo de 5,00 mg/L, não indicam por si só a degradação da qualidade, por se tratar de condição natural.

A condutividade elétrica obteve média de 22,35 µS/cm, variando de 7 µS/cm nos pontos dentro do compartimento superior e 175 µS/cm no compartimento inferior. Os STD obtiveram média de 11,21 mg/L, variando de 3 mg/L no compartimento superior e 86 mg/L no compartimento inferior, os STD, a erosão é um dos principais fatores de impacto sobre os recursos hídricos associados ao uso da terra (PÉREZ; CARVALHO, 2012). Já o aumento da CE, além dos sedimentos erodidos e resíduos sólidos, pode refletir, ainda, a influência de efluentes domésticos (SOUZA; GASTALDINI, 2014).

TABELA 1

Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água do baixo curso do rio Tarumã-Açu, no período de 10 de novembro de 2021

		OD mg/L	CE µS/cm	STD mg/L
Mínimo	3,67	4,81	7,00	3,00
Máximo	5,82	6,55	10,00	5,00
Desvio Padrão	0,59	0,49	0,91	0,47
Média	4,49	5,47	7,69	4,08
Mediana	4,53	5,48	7,00	4,00

Compartimento Inferior - Ponto 19 a 40				
Funções/medidas	PH	OD mg/L	CE µS/cm	STD mg/L
Mínimo	4,52	3,57	9,00	5,00
Máximo	7,70	9,94	175,00	86,00
Desvio Padrão	0,82	1,57	33,93	16,67
Média	6,58	8,25	31,43	15,62
Mediana	6,81	8,81	23,00	11,00

Elaboração: os autores, 2023

Dessa forma é possível identificar que no compartimento superior a qualidade da água segue dentro do padrão dos rios de água preta, pois recebem pouca interferência antrópica dos igarapés que se localizam naquela área. E importante citar que os igarapés presentes dentro desse compartimento estão em áreas consideradas rurais.

O compartimento inferior se tornou o mais atingido por conta das ações antrópicas, vale destacar o igarapé da Bolívia que dentre todos os igarapés presentes no rio Tarumã-Açu, é o mais poluído, o destaque pode se dar pela grande pressão urbana exercida sobre as suas margens tais como instalações de novas moradias e deposição de efluentes advindas do meio urbano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados levantados em campo podemos observar que os impactos que ocorrem dentro do rio Tarumã-Açu, vem se intensificando e causando prejuízos que podem ser irreversíveis para a qualidade da água. Apesar do poder de depuração do rio, ainda ser um grande fator que ajuda para dissipação dos afluentes, faz-se necessária a busca por soluções para essas problemáticas.

Foi possível verificar que os igarapés da margem direita como o igarapé Panemão e igarapé do Pirarucu e os igarapés da margem esquerda como o igarapé da Bolívia e do Gigante, lançam diversos poluentes no rio principal, tal fato pode ser explicado por esses igarapés estarem presentes dentro da área urbana de Manaus ou praticarem ações que jogam esses efluentes diretamente dentro da bacia. No percurso do igarapé do Leão, igarapé do Caniço, igarapé da Argola, igarapé do Mariano e igarapé do Tiú, foi notório o baixo impacto que eles causam ao rio principal, isso se deve ao fato dos igarapés ainda estarem dentro de uma área rural contígua à cidade de Manaus.

Os impactos provocados no leito do Rio Tarumã-Açu, ocasionaram resultados preocupantes na sua análise. Vale destaca que a classificação padronizada dos corpos hídricos e o seu enquadramento em classes pela resolução CONAMA 357/2005, mostram ser inconsistentes dentro do estudo do rio Tarumã-Açu, tendo em vista que os parâmetros obtidos pela legislação levam em consideração as características do estudo do Rio Tiête em São Paulo (CETESB, 2022), desse modo não podemos classificar de forma consistente os rios da região norte dentro desses parâmetros, pelo fato dos rios terem características parcialmente ou totalmente diferentes. Tal problema para uma classificação acarreta outros efeitos como a falta de tomadas de decisões de forma correta para a regulação dos corpos hídricos.

Diante disso, destacam a importância de preservar a qualidade da água nesse rio, que é uma fonte vital de recursos hídricos para a região. É necessário que sejam implementadas medidas efetivas para controlar e prevenir a contaminação da água, tanto por parte da população quanto por empresas locais e também de adequação da legislação de enquadramento impostar pela CONAMA (357/2005). Além disso, é importante investir em tecnologias e práticas de gestão de água mais ecológica para garantir a preservação dessa fonte de vida para as gerações futuras. É fundamental que sejam promovidos a conscientização e a educação ambiental para garantir a preservação desse importante recurso natural.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE No. 2717/2015 e ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, instituição fomentadora do PROJETO POSGRAD - Edital: RESOLUÇÃO N. 008/2021 – POSGRAD UEA – Edição 2021 e pelo apoio técnico científico disponibilizados pelo Grupo de Geotecnologias e Análise das Paisagens (GEOTAP). Ainda a Universidade do Estado do Amazonas pela gratificação à pesquisa ao segundo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCI, D. de La C.; PATACA, E. M. Educação para a água. *Estudos avançados*, v. 22, p. 211-226, 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS* / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º. 357*, de 18 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. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2005. p. 58-63.
- CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. *Índice de Qualidade das Águas*. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguassuperficiais/108-indices-de-qualidade-das-aguas-01.pdf/02.pdf/03.pdf>> Acesso em: 07 de fevereiro de 2023.
- COSTA, J. S. da. *Relatório de situação Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu*: transformações antrópicas e qualidade da água. Universidade do Estado do Amazonas. Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, 1. ed. Manaus, 2020.
- COSTA, J.S. da. *Potenciais impactos da transformação da paisagem para a gestão da bacia hidrográfica do Tarumã-Açu (Amazônia Central)* / Jamerson Souza da Costa. Manaus: [s.n], 2020. 130f.: color.; 30cm.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Relatório anual. Brasília: *Serviço Geológico do Brasil*, CPRM. 2008.
- CREPALLI, M. da S. et al. *Qualidade da água do Rio Cascavel*. Paraná, 2007.
- FERNANDES, M. R. Relação entre variáveis limnológicas de canais fluviais da UGRHI-22 e do uso e cobertura da terra. Presidente Prudente, 2020, 112 p. *Dissertação (mestrado profissional)* - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientadora: Renata Ribeiro de Araújo2020.
- FIGUR, C.; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 352-365, maio/ago.2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X24335>.
- Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4ª ed. Brasília. *Fundação Nacional de Saúde*, FUNASA. 2006.
- MANAUS. Medição cota do Rio Negro. Amazonas: *Porto de Manaus*. 2021. <https://www.portodemanaus.com.br/?pagina=nivel-do-rio-negro-hoje>. Acesso em 10 de abril de 2023.
- MELO, E.G.F; SILVA, M.S.R; MIRANDA, S.A.F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. *Caminhos de geografia*, v. 5, n. 16, p. 40-47, 2005.
- MELO, S.F.S. Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas: o caso da Bacia do Tarumã-Açu. *Dissertação (mestrado)*. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2017.
- PÉREZ, D. J.; CARVALHO, S. L. Aplicação de dois indicadores ambientais para quantificação da antropização na microbacia do córrego do Ipê (Sp)–Brasil/Application of two environmental indicators for quantification of anthropization in the watershed of the stream of Ipê (Sp). *Revista de Ciências Agrícolas*, v. 29, n. 2, p. 93-107, 2012.
- QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System*. 2023.
- RIGHI, E.; BASSO, L.A. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. *Revista Ambiência Guarapuava (PR)* v. 12 n. 1; p. 101-118, 2016.
- ROCHA, A. R.; PESSOA, B. D.; RODRIGUES, L. S.; WACHHOLZ, F.; GONCALVES, A. T. S.; OLIVEIRA, H. S.; TEIXEIRA, J. P.; SOUZA, J. M.; ABITOL NETO, R.; SANTOS, W. S. Caracterização limnológica dos baixos cursos d'águas do Bolívia e Tarumã-açu, Manaus/AM. In: Lidriana Pinheiro; Adryane Gorayeb. (Org.). *Geografia Física e as Mudanças Globais*. 1ed.Fortaleza: Edições UFC, 2019, v. 1, p. 10-22.
- SILVA, R. S.; BARBOSA, C. O.; MONTEIRO, F. G.; CORREA, D. L.; GOMES, A. S. Análise multitemporal de parte da Reserva do Alto Rio Guamá, Paragominas, PA. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 39, p. 1-10, 2019.

- SIOLI, H.; KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, [Belém], n. 1, p. 01-18, 1962.
- SOUZA, M. M. de; GASTALDINI, M. do C. C.. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, p. 263-274, 2014.
- 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: Carlossandro 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.
- XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. *Geoprocessamento & meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- ZEIDEMANN, V. K. O Rio das Águas Negras. In: DALY, Douglas A. et al. *Florestas Rio Negro*, 2001. Disponível <http://ecologia.ib.usp.br/guiaigapo/florestas.html>. Acesso em 01 fev. 2023.