
Caracterização do pH, total de sólidos dissolvidos, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido no baixo rio Tarumã-Açu (Amazonas, Brasil)



Characterization of pH, total dissolved solids, electrical conductivity and dissolved oxygen in the lower Tarumã-Açu River (Amazonas, Brazil)

de Souza Soares, Bianca; Wachholz, Flávio; Pereira Filho, Waterloo

 Bianca de Souza Soares

biancadesouzasouares2903@gmail.com
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

 Flávio Wachholz

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

 Waterloo Pereira Filho

waterloopf@gmail.com
Universidade Federal de Santa Maria, 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: 14 Abril 2023
Aprovação: 19 Abril 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744784010/>

Resumo: Este estudo objetivou caracterizar a qualidade da água do baixo curso do rio Tarumã-Açu, a partir das variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), total de sólidos dissolvidos (TDS), condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD). Para alcançar este objetivo utilizou-se da abordagem metodológica quali-quantitativa. As amostras foram coletadas e analisadas in loco, no dia 11 de março de 2020, período hidrológico de enchente do rio Negro. As águas coletadas em subsuperfície (-15 cm) nas 18 estações amostrais do rio Tarumã-Açu apresentaram características menos ácidas, com média de pH de $5,35 \pm 0,25$, baixa concentração no TDS, com média de $4,06 \pm 0,87$ mg/L, baixa CE, com média de $8,11 \pm 1,49$ μ S/cm e maior concentração de OD, com média de $6,03 \pm 0,47$ mg/L. Não obstante, as águas profundas (-4 metros) apresentaram características mais ácidas, com média de pH de $4,87 \pm 0,34$, baixa concentração no TDS, com média de $5,61 \pm 2,45$ mg/L, baixa CE, com média de $10,72 \pm 3,71$ μ S/cm e menor concentração de OD, com média de $3,17 \pm 1,98$ mg/L. Concernente a caracterização das margens do rio Tarumã-Açu, observou-se que os Igarapés, do Mariano, da Bolívia e do Gigante, situados à margem esquerda do canal principal, contribuem para o lançamento de carga poluente na Bacia do rio Tarumã-Açu. Dado o exposto, os resultados indicam que existem condições favoráveis a diluição de sólidos dissolvidos no baixo setor da bacia hidrográfica, observou-se ainda, que apesar das múltiplas formas de usos da água o seu corpo hídrico ainda é capaz de dissolver e reduzir os impactos negativos provenientes da ação antrópica.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Recursos hídricos, Qualidade da água.

Abstract: This study aimed to characterize the water quality of the lower course of the Tarumã-Açu River, based on the variables: hydrogen potential (pH), total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC) and dissolved oxygen (DO). To achieve this objective, the qualitative and quantitative methodological approach was used. The samples were collected and analyzed in loco, on March 11, 2020, the hydrological period of flooding on the Negro River. The water collected in the subsurface (-15 cm) in the 18 sampling stations of the Tarumã-Açu River showed less acid characteristics, with an average pH of 5.35 ± 0.25 , low concentration in the TDS, with an average

of 4.06 ± 0.87 mg/L, low EC, with a mean of 8.11 ± 1.49 μ S/cm and higher concentration of DO, with a mean of 6.03 ± 0.47 mg/L. However, the deep waters (-4 meters) showed more acidic characteristics, with an average pH of 4.87 ± 0.34 , low concentration in the TDS, with an average of 5.61 ± 2.45 mg/L, low EC, with a mean of 10.72 ± 3.71 μ S/cm and lower DO concentration, with a mean of 3.17 ± 1.98 mg/L. Concerning the characterization of the banks of the Tarumã-Açu river, it was observed that the Igarapés, of Mariano, Bolivia and Gigante, located on the left bank of the main channel, contribute to the release of pollutant load in the Tarumã-Açu river basin. Given the above, the results indicate that there are favorable conditions for the dilution of dissolved solids in the lower sector of the watershed, negative consequences from anthropic action.

Keywords: River basin, Water resources, Water quality.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com elevada dimensão territorial. Comporta espaços naturais e artificiais com diferentes aspectos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2006) a sua grande disponibilidade hídrica abriga cerca de 12% das reservas de água doce do mundo. Apesar da abundância, a qualidade da água é apresenta problemas entre as regiões do território brasileiro. Um dos principais fatores está atrelado a má gestão dos recursos hídricos, que exige dos governos e da sociedade cuidados especiais no que se refere a questões de planejamento, regulação, distribuição e qualidade das águas (BRASIL, 2006a; BRASIL, 2006b; DIAS, MATOS, 2020; NEVES et al. 2020).

As cidades da Amazônia brasileira, encontram-se vulneráveis aos problemas socioambientais que atingem de forma direta e indireta os corpos hídricos, especialmente os pertencentes aos espaços mais urbanizados. Um exemplo é a cidade de Manaus, capital do Amazonas, que passa por constantes modificações no seu espaço urbano, decorrentes dos projetos de expansão territorial. Estruturando assim, novas paisagens, novos lugares e territórios, além dos novos valores e culturas. As modificações ocasionadas pela visão moderna e arquitetônica alcançam notadamente, a rede dos rios (NASCIMENTO, 2011; LACHI, SOUZA, ALBUQUERQUE, 2020).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021), a capital amazonense possui uma população estimada de 2.255.903 habitantes. Situada à margem esquerda do rio Negro, conta com a presença de cinco bacias principais: São Raimundo, Puraquequara, Educandos, Colônia Antônio Aleixo e a Tarumã-Açu. Conta com a presença de dois Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), que são responsáveis por estudos em duas grandes áreas da cidade, leste e oeste. Estes comitês são os únicos existentes no estado. O primeiro, é o Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu, instituído pelo decreto n°. 29.249, de 19 de outubro de 2009. O segundo, é o Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Puraquequara, instituído pelo decreto n°. 37.412, de 25 de novembro de 2016, que ainda não está em funcionalidade (DAMASCENO, 2018; MAIA et al. 2019).

A problemática em questão é a configuração das múltiplas formas de uso e ocupação do limite territorial da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu. Bem como, a existência de sinais de poluição dos corpos d'água, que ameaçam a segurança hídrica da bacia. Justifica-se este estudo por abranger uma bacia responsável por conduzir o crescimento territorial da zona oeste da cidade de Manaus e pelas suas diferentes formas de uso. O que desafia o seu Comitê, no que tange os trabalhos de harmonização entre os diferentes atores sociais envolvidos.

Nesse contexto, o objetivo que norteia este estudo é caracterizar a qualidade da água do baixo curso do rio Tarumã-Açu, a partir das variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), total de sólidos dissolvidos (TDS), condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD). Contemplando ainda, verificar se os parâmetros analisados estão de acordo com os usos e legislação vigente e analisar as características das margens esquerda e direita do baixo curso do rio Tarumã-Açu.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo utilizou-se a combinação de abordagens qualitativas e quantitativas. Quanto aos objetivos da pesquisa, são classificados por tipologia exploratória. Utilizou-se das técnicas e instrumentos de pesquisa dos tipos: campo e experimental.

Características da área de estudo

O presente estudo tem como objeto a Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu, situada na zona oeste do município de Manaus, Amazonas, entre as coordenadas 02°31'54,36"S a 03°5'13,96"S e 60°11'44,78" W a 59°52'16,01"W (MAIA et al. 2019). Compreende uma área de 1.388,94 km², cerca de 12,18% do município. A localização central desta bacia é próxima ao ramal do Pau Rosa e da BR 174, com coordenadas: 02°47'52,4"S e 60°02'25,9"W. Destaca-se ainda que, ela é considerada uma bacia de 5ª ordem (SIQUEIRA, 2019).

O rio Tarumã-Açu é um dos tributários da margem esquerda do rio Negro. Os tributários da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu são 13 (treze): o Igarapé Santo Antônio, Igarapé Cabeça Branca, Igarapé do São José, Igarapé do Leão, Igarapé do Mariano, Igarapé do Branquinho, Igarapé do Caniço, Igarapé do Argola, Igarapé do Tiú, Igarapé do Panemão, Igarapé da Bolívia, Igarapé do Gigante e o Tarumãzinho (COSTA, SILVA, SILVA, 2013; VASCONCELOS, COSTA, OLIVEIRA, 2015).

O perímetro da bacia é de 229.122 km. O comprimento do canal principal é de 42.105 km, o comprimento vetorial do canal principal de 37.612 km e por fim, o comprimento total dos canais da bacia de 1.065,387 km. Ela possui pouca tendência a enchentes, devido a sua forma mais alongada e maior área. Pode ser considerada ainda, uma bacia de baixa declividade, pouco dissecada e com resposta hidrológica lenta (COSTA, SILVA, SILVA, 2013).

A caracterização litológica e estrutural da bacia é a Formação Alter do Chão, constituída por rochas sedimentares siliciclásticas avermelhadas, que incluem argilitos, folhelhos, siltitos, arenitos e conglomerado. A vegetação é do tipo Floresta Ombrófila Densa, observa-se ainda, tipologias típicas de Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Aluvial periodicamente inundada (Floresta de Igapó), Campinarana e áreas com uso antrópico (urbana, agroindustrial e comunidades tradicionais (VASCONCELOS, 2012; COSTA et al. 2021).

Com base no processamento de dados de satélite (Landsat 8) no ano de 2016, 79,31% da área da bacia é recoberta por floresta, sendo 64,78% correspondente a áreas de floresta primária e secundária e 14,53%, referente à classe campestre, que abrange a vegetação não florestal, natural ou antropizada. O baixo curso do rio Tarumã-Açu conta com apenas 43,49% de florestas, 18,84% de áreas campestres, 10,42% de área urbanizada, 19,23% de área descoberta, 1,23% de área utilizada para mineração e 6,80% de cobertura por água (COSTA, 2020).

O clima da área é caracterizado pela estação seca suave e moderada, abrangendo um período de três meses: de julho, agosto e setembro. Úmido, abrangendo um período de seis meses: dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio. O mês de junho é descrito como um mês de transição entre a estação seca e o de outubro de transição para a estação chuvosa. De modo geral, o clima da bacia é classificado como superúmido (ANTONIO, 2017; SIQUEIRA, 2019).

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 Igarapé Tarumã-Açu, é influenciado por cargas de sedimentos advindos dos Igarapés do Leão, do Mariano, da Bolívia e do Gigante (pela margem esquerda do rio Tarumã-Açu) e dos Igarapés do Caniço, da Angola, do Tiú, do Panemão e do Pirarucu (pela margem direita). Destaca-se ainda que a região abrange: sítios, chácaras, marinas, praias, flutuantes, hotéis, restaurantes, posto flutuante, clubes, empresa de fabricação de flutuantes, estaleiro, museu, aldeias, Recanto Yupiruga Karapãna e a Área de Preservação Waikiru.

Definição das estações amostrais

Esta etapa consistiu inicialmente na aquisição da base de dados. Os arquivos em formato vetorial (shapefile) de rodovias, municípios, estados e países, foram adquiridos a partir da plataforma do IBGE. Os limites territoriais dos bairros de Manaus, são oriundos da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS). Finalmente a coleta dos dados da rede de drenagem urbana, foi realizada com busca no Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

A distribuição espacial das estações de amostragem está representada na Figura 1. As variáveis pH, TDS, CE e OD, foram amostradas tanto em subsuperfície, com imersão de uma sonda multiparâmetro na água em aproximadamente -15 cm, quanto em profundidade, com medidas realizadas em -4 metros.

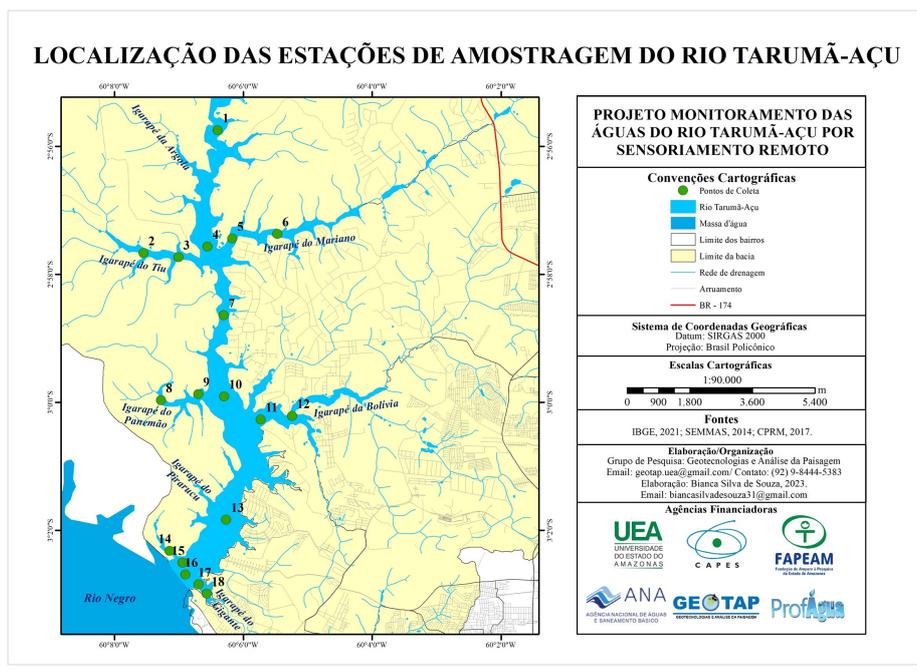


FIGURA 1

Localização das estações de amostragem na área do baixo curso da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu
 Fonte: SEMMAS (2014), CPRM (2017), IBGE (2021). Elaboração: AUTORA (2023).

Para a distribuição das estações de amostragem foi utilizado o programa Qgis 3.6.1, que também auxiliou na compilação dos dados das estações de amostragem com as suas coordenadas. Estas, foram coletadas em formato Geográfico (Grau, Minuto e Segundo) e convertidas para Geográfico (Grau decimal) e para o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000. Para a criação do shapefile da estação de amostragem, estas foram convertidas e inseridas no software Qgis a partir do complemento Numerical Digitize, enumeradas de 1 a 18, com as respectivas coordenadas (longitude e latitude).

A caracterização das margens do baixo rio Tarumã-Açu, seguiu a numeração atribuída com base na relação espacial das estações de amostragem, considerando as coletas realizadas de montante a jusante do rio Tarumã-Açu. A estação de amostragem 1P é a primeira estação do canal principal, 2D e 3D são estações do Igarapé do Tiú (situado à margem direita), 4P é a quarta estação do canal principal, 5E e 6E são estações do Igarapé do Mariano (margem esquerda). E assim, sucessivamente, 7P, 10P, 13P e 16P são estações de amostragem do canal principal e percorrem em direção a foz, 8D e 9D são estações do Igarapé do Panemão (situado à margem direita), 11E e 12E são estações do Igarapé da Bolívia (situados à margem esquerda), 14D e 15D são estações da margem direita (próximos a foz) e por fim, estações 17E e 18E, são da margem esquerda do rio e recebem carga do Igarapé do Gigante.

Coleta de dados em campo

As coletas e análises foram realizadas no dia 11 de março de 2020, de 09h00 às 15h30, no período hidrológico de enchente do rio Negro, definido por Bittencourt, Amadio (2007) como nível do rio ascendente, entre as cotas 20 e 26 m. De acordo com o Porto de Manaus (2020) o dia do campo registrou cota fluvial de 24,67 metros.

Com o auxílio da ferramenta de GPS portátil (GPS 62S - Garmin) foi realizado o georreferenciamento das estações de amostragem. As medições foram realizadas in situ em 18 estações de amostragem. Sendo 18 coletas realizadas em subsuperfície e profundidade.

Os procedimentos de coleta e análise das amostras foram realizados a partir dos protocolos preestabelecidos pela Resolução n°. 724, de 03 de outubro de 2011, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2011) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2011), a qual define o Guia Nacional de coleta e preservação de amostras de água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.

A sonda multiparâmetro modelo Hanna HI98194, foi utilizada a partir da proposta metodológica de Ramos, Wachholz e Silva Neto (2020), para medir os parâmetros de pH em escala adimensional (Resolução 0,01 e precisão $\pm 0,01$), TDS em mg/L (Resolução 1ppm e precisão de $\pm 1\%$ de leitura), CE em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Resolução 0,1 e precisão de $\pm 1\%$ de leitura) e OD em mg/L (Resolução 0,01 e precisão de $\pm 1,5\%$ de leitura). O equipamento foi calibrado 12h00 antes da realização do campo, a partir das soluções padrões: pH 4, pH 7 e pH 10, condutividade 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e solução padrão zero de OD.

No campo foram realizados registros fotográficos e anotações descritivas em ficha técnica para cada um das 18 estações de amostragem, com os dados obtidos das condições de campo e dos parâmetros de pH, TDS, CE e OD.

Padrões de qualidade da água

De acordo com Merten e Minella (2002) o termo qualidade da água não se refere a sua pureza, mas sim, as suas características químicas, físicas e biológicas, por meio dessas características que são estabelecidas distintas finalidades para a água. O comportamento da qualidade da água reflete as condições ambientais de uma bacia hidrográfica. O processo de ocupação e uso do solo por atividades antrópicas modificam os processos biológicos, físicos e químicos dos recursos naturais. As modificações dentro de uma bacia podem ser avaliadas a partir do monitoramento da qualidade água.

O enquadramento da água em classes, de acordo com as suas formas de uso é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. O enquadramento objetiva: a) assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e b) diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997; ANA, 2020).

A resolução Conama n.º 357, de 17 de março de 2005, em seu estabelece critérios de classificação para águas superficiais e diretrizes para o enquadramento de águas doces:

Art. 4º As águas doces são classificadas em: I - classe especial: águas destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. II - classe 1: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. III - classe 2: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca. IV - classe 3: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais. V - classe 4: águas que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

Concernente a qualidade da água na natureza, destaca-se que ela precisa estar de acordo com o que é estabelecido na legislação vigente. As suas classes precisam apresentar determinados padrões entre as distintas variáveis existentes. As variáveis escolhidas para este estudo foram: pH, TDS e OD. Visto que, não existe uma estimativa de padrão limite da variável de CE na legislação Conama 357/2005.

O pH é uma medida de acidez ou alcalinidade de uma solução, indica a concentração de íons hidrogênio (H⁺) presentes em uma determinada solução. Na água os seus valores variam de 0 a 14. Sendo que, valores inferiores de 7,0 demonstram maior acidez e acima de 7,0, maior alcalinidade. Águas com pH 7,0 são consideradas neutras. Quanto mais próximo de 0, maior é a acidez da água (VON SPERLING, 2005; BRASIL, 2006c; ANA, 2012).

O TDS é o somatório dos materiais dissolvidos na água. Neste parâmetro são incluídos sais minerais e demais metais, que por sua vez, podem ser substâncias orgânicas ou inorgânicas. Destaca-se a existência de uma proporcionalidade entre o TDS e a CE. A CE mede a capacidade de um material transportar uma carga elétrica (ANA, 2004; DIAS, MATOS, 2020).

O OD é considerado primordial para a manutenção da vida aquática de variados organismos, que necessitam de oxigênio dissolvido para respirar. Corpos hídricos poluídos por despejos orgânicos, demonstram baixa concentração de oxigênio dissolvido. Visto que, ele é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica (ANA, 2004; ANA, 2020).

Para verificar se os parâmetros contemplados neste estudo estão de acordo com os limites permitidos na legislação vigente e apresentados na Tabela 1, considerou-se apenas as Classes 1 e 2 das águas doces e o enquadramento pelos tipos de uso e contato apresentados (Quadro 1).

TABELA 1
Padrão de qualidade segundo a resolução CONAMA n.º 357,
de 17 de março de 2005 para Águas Doces – Classe 1 e Classe 2

Parâmetro de qualidade	Limites
pH	6,0 a 9,0
TDS	≤ 500 mg/L
OD	≥ 5,0 mg/L

Adaptado: BRASIL (2005). Elaboração: AUTORES (2023).

QUADRO 1
Parâmetros de qualidade da água relacionados aos usos dos recursos hídricos na bacia de estudo

Usos das águas doces	Parâmetros	Classes
Proteção das comunidades aquáticas	pH e OD	I
Abastecimento humano	pH	I e II
Recreação do contato primário	pH	II
Aquicultura e pesca	pH e OD	II
Irrigação	pH e TDS	II
Dessedentação de animais	TDS	I e II

Adaptado: ANA (2020). Elaboração: AUTORES (2023).

Desse modo, com base na Resolução Conama n.º 357/2005, os usos da água do baixo curso do rio Tarumã-Açu, são caracterizados pelo contato primário e secundário. O primeiro está relacionado aos usos que podem propiciar ingestão da água, abastecimento humano após tratamento convencional, a recreação do contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), a dessedentação de animais. O segundo, está relacionado a menor possibilidade de ingestão, como a atividades de aquicultura e pesca e a irrigação.

Tabulação e análise dos dados

A tabulação de todos os dados obtidos em campo ocorreu de forma manual, através de planilhas estruturadas no programa Microsoft Office Excel. Estas, possibilitaram a produção de materiais visuais (gráficos e tabelas) essenciais para a análise das variáveis: pH, TDS, CE e OD.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Características das condições de campo

Ao levar em consideração aspectos gerais das 18 estações de amostragem aponta-se que, a cor da água do rio Tarumã-Açu é caracterizada como preta. As condições de tempo ao decorrer do dia 11 de março de 2020, no horário de 09h00 às 15h30, eram de sol e sol entre nuvens.

A temperatura do ar variou de 30,30 °C, às 09h00 na estação 1P a 39 °C, às 15h30 na estação 18E. Em todas as estações de amostragem a luminosidade atingiu valores maiores que 20.000 lx, o máximo quantificado pelo instrumento luxímetro. A umidade relativa do ar apresentou índices de 69,90% na estação 1P a 50,20% na estação 18E. Todas estas estimativas são consideradas normais para a região amazônica.

As águas apresentaram duas variações de rugosidade: baixa (estações de amostragem 8D, 9D e 14D) e média (estações 1P, 2D, 3D, 4P, 5E, 6E, 7P, 10P, 11E, 12E, 13P, 15D, 16P, 17E e 18E). A transparência da água atingiu valores de 2,50 metros (estação 3D) e 1 metro (estação 14D). A profundidade da área amostrada no curso d'água variou de 6,02 metros (estação 14D) a 16,70 metros (estação 18E).

Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores obtidos com o parâmetro químico de pH (Figura 2), não demonstraram grandes variações entre os resultados das 18 estações de amostragem, tanto em subsuperfície (-15 cm), quanto em profundidade (-4

metros). Os resultados encontrados em subsuperfície foram de 4,98 a 5,95, com média e desvio padrão (18 estações de amostragem) com resultado de $5,35 \pm 0,25$ e em profundidade foram de 4,53 a 5,79, com média e desvio padrão de $4,87 \pm 0,34$.

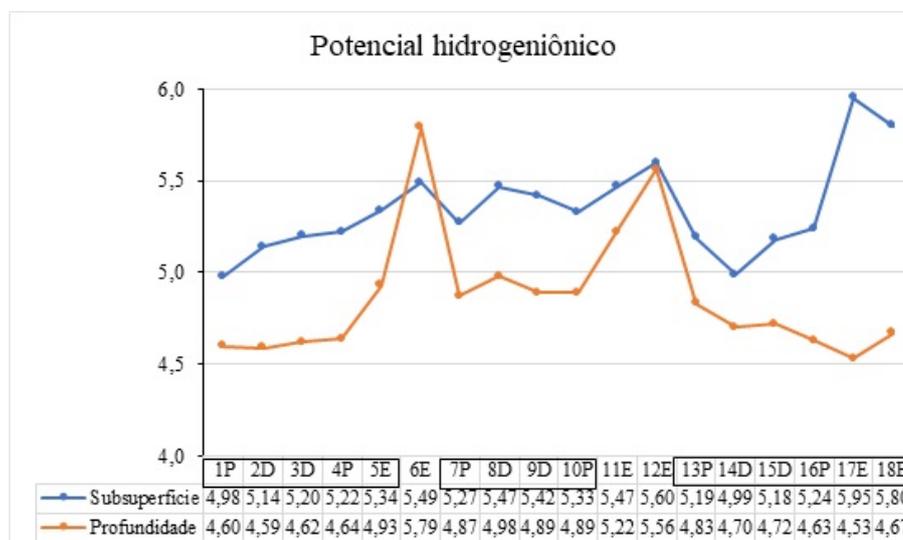


FIGURA 2
Gráfico dos valores obtidos de potencial hidrogeniônico (pH)
Elaboração: AUTORES (2023)

Considerando os valores de pH obtidos em subsuperfície com resultados inferiores a 5,0, notou-se que, a estação de amostragem 1P, situada na parte central do rio Tatumã-Açu e a estação 14D, localizada à margem esquerda, próximo a foz, apresentaram características mais ácidas, com valores respectivamente de 4,98 e 4,99. Apenas os resultados obtidos nestas duas estações de amostragem corroboram com o estudo de Cleto Filho e Walker (2001), que encontraram nos ecossistemas aquáticos não alterados na região de Manaus, indicadores de pH entre 3,0 e 5,0.

Em contrapartida, as estações de amostragem 2D, 3D, 4P, 5E, 6E, 7P, 8D, 9D, 10P, 11E, 12E, 13P, 15D, 16P, 17E e 18E (subsuperfície), apresentaram valores superiores a 5,0. Estes resultados demonstram as águas destas estações são menos ácidas. Os resultados alcançados nestas estações corroboram com o estudo de Melo e Franken (2002) em trechos da Bacia do rio Tatumã-Açu, no qual concluíram que os maiores valores obtidos de pH não caracterizam as águas da região, que são consideradas altamente ácidas.

Não obstante, com os dados obtidos em profundidade, observou-se o maior quantitativo de resultados de pH inferiores a 5,0 nas estações de amostragem 1P, 2D, 3D, 4P, 5E, 7P, 8D, 9D, 10D, 14D, 15D, 16P, 17E e 18E. As estações 6E, 11E e 12E, com dados respectivos de 5,79, 5,22 e 5,56, situadas à margem esquerda, demonstraram maiores valores de pH e menor acidez. Sioli (1985) destaca que, quanto maior a alcalinidade da água, mais elevada é indicação de alterações ambientais. Destaca-se ainda que, os valores de pH possuem tendência a diminuição (maior acidez) com o aumento da profundidade na coluna de água e tendência de crescimento dos valores em direção ao rio negro, caracterizando-se assim, por menor acidez em profundidade na coluna d'água.

Contudo, os resultados obtidos com a variável pH nas análises realizadas em subsuperfície e profundidade não estão de acordo aos valores estabelecidos pela Resolução Conama n.º 357, de 17 de março de 2005, para Águas Doces – Classes 1 e 2, que estabelece limites de pH entre 6,0 a 9,0 para a proteção das comunidades aquáticas, abastecimento e consumo humano, recreação de contato primário (como natação, esqui aquático e mergulho), aquicultura, pesca e irrigação.

Total de sólidos dissolvidos (TDS) e condutividade elétrica (CE)

Os parâmetros de TDS e CE, apresentaram proporcionalidade, com baixa variação em subsuperfície (-15 cm) e tendência de leve aumento em algumas estações de amostragem analisadas em profundidade (-4 metros). Os resultados de TDS (Figura 3) e CE em subsuperfície foram respectivamente de 3 mg/L a 6 mg/L e de 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com médias e desvios padrão (18 estações de amostragem) com resultados de $4,06 \pm 0,87$ mg/L e $8,11 \pm 1,49$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em profundidade variaram de 4 mg/L a 15 mg/L e 9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com médias e desvios padrão respectivos de $5,61 \pm 2,45$ mg/L e $10,72 \pm 3,71$ $\mu\text{S}/\text{cm}$.

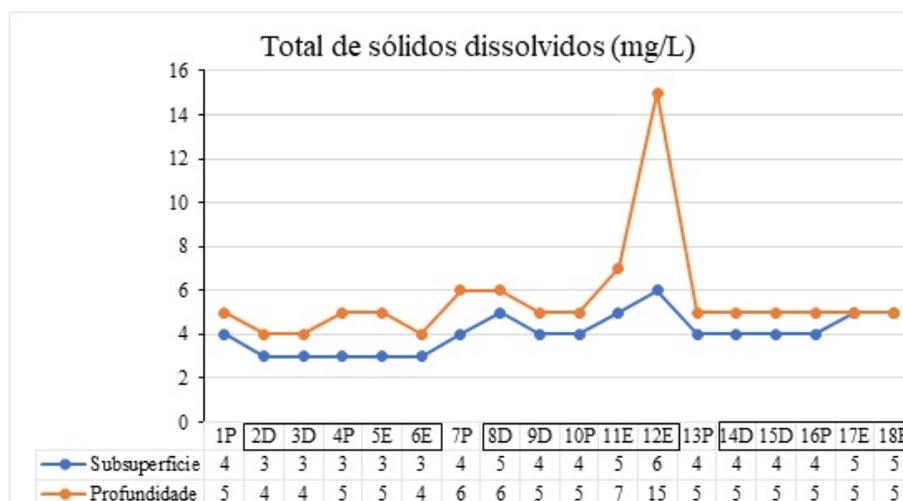


FIGURA 3
Gráfico dos valores obtidos de total de sólidos dissolvidos (mg/L)
Elaboração: AUTORES (2023)

Os dados obtidos em subsuperfície apresentaram baixa concentração no TDS com valores de 3 mg/L (estações de amostragem 2D, 3D, 4D, 5E, 6E), 4 mg/L (estações 1P, 7P, 9D, 10D, 13P, 14D, 15D e 16P), 5 mg/L (estações 8D, 11E, 17E e 18E) e 6 mg/L na estação de amostragem 12E. Por conseguinte, os dados de condutividade elétrica demonstraram baixa variação com valores de 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estações 2D e 3D), 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estações 1P, 4P, 5E, 6E e 7P), 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estações 14D, 15D e 16P), 9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estações 8D, 9D, 10P, 11E e 17E), 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estação 18E) e 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estação 12E).

Em profundidade, observou-se um leve aumento no TDS e na CE, sendo os menores valores encontrados respectivamente de 4 mg/L e 9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estações de amostragem 2D, 3D e 6E). Os maiores valores obtidos foram de 7 mg/L e 13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estação 11E) e 15 mg/L e 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estação 12E). Os maiores valores obtidos com os parâmetros de TDS e CE estão atrelados a posição espacial das estações de amostragem (11E e 12E), situadas à margem esquerda do canal principal e pertencentes ao Igarapé da Bolívia, que é considerado uma microbacia densamente populosa. O lançamento de carga polui o rio principal da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu.

Não obstante, todos valores obtidos com o parâmetro de CE em subsuperfície e profundidade, são considerados baixos em comparação a um estudo realizado por Elias e Silva (2001), que encontraram em corpos hídricos de águas pretas da região de Manaus, valores em torno de 215 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Em consonância, um estudo recente realizado por Rocha et al. (2019) no baixo curso da bacia do rio Tarumã-Açu, abrangendo o Igarapé da Bolívia, apresentou valores discrepantes para os parâmetros: TDS e CE, demonstrou alta concentração com valores de 140 mg/L de TDS e 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de CE, no Igarapé da Bolívia. Para Silva (2016) altos valores de CE e TDS são provenientes da grande emissão de esgoto doméstico na água.

Para Santos et al. (1984) é possível que, no período de enchente e cheia dos rios amazônicos, os resultados sejam modificados, as amostras sofram aumento de substâncias na água, diminuição ou aumento de sais minerais dissolvidos, provenientes dos solos e subsolos da região.

Ao verificar se os dados obtidos de TDS em subsuperfície e em profundidade estão de acordo com os usos e legislação vigente (Resolução Conama n°. 357, de 17 de março de 2005, para Águas Doces – Classes 1 e 2), que apresenta padronização de TDS em valores ≤ 500 mg/L, percebeu-se que todas as águas analisadas nas 18 estações de amostragem do baixo rio Tarumã-Açu, apresentaram valores em conformidade ao que é determinado por esta resolução para os usos de irrigação e dessedentação de animais.

Oxigênio dissolvido (OD)

Concernente aos valores obtidos com o parâmetro de OD, percebeu-se maiores variações nas análises realizadas em profundidade (-4 metros) em relação as realizadas em subsuperfície (-15 cm). Os resultados mínimos e máximos variaram de 5,50 mg/L a 6,90 mg/L, com média e desvio padrão (18 estações de amostragem) com resultado de $6,03 \pm 0,47$ mg/L em subsuperfície e de 0,70 mg/L a 6,80 mg/L, com média e desvio padrão de $3,17 \pm 1,98$ mg/L em profundidade (Figura 4).

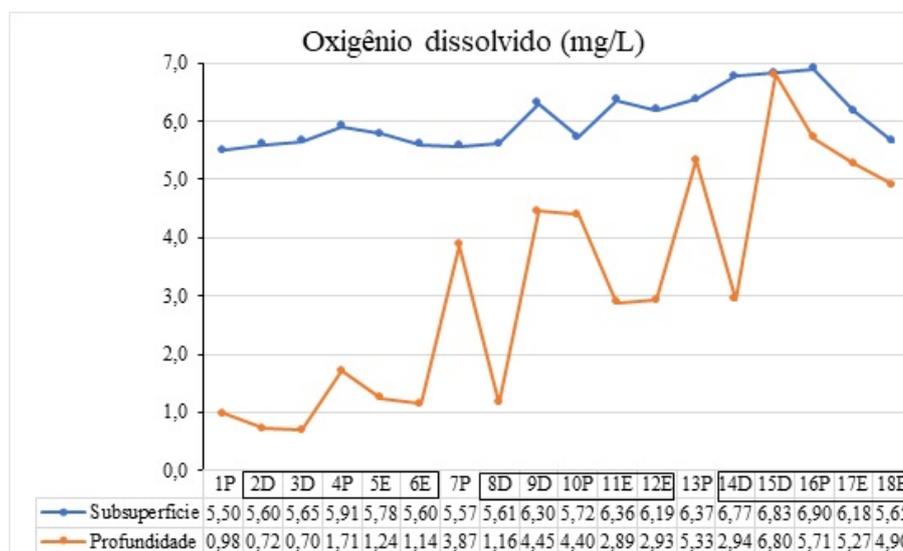


FIGURA 4
Gráfico dos valores obtidos de oxigênio dissolvido (mg/L)
Elaboração: AUTORES (2023)

O parâmetro de OD em subsuperfície, apresentou valores superiores a 5,5 mg/L (estação de amostragem 1P). Ao observar as estações de amostragem centrais (1P, 4P, 7P, 10P, 13P e 16P) percebeu-se que, elas apresentaram tendência de leve aumento em direção a foz (mais urbanizada), com o valor máximo de 6,90 mg/L na estação 16P. Estes resultados corroboram com a ideia de Von Sperling (2005) de que, os corpos hídricos não poluídos apresentam maiores concentrações de OD, geralmente superiores a 5,0 mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem menores valores deste parâmetro.

Os resultados obtidos em profundidade apresentaram tendência de maior variação de 0,70 mg/L a 6,80 mg/L. Considerando os resultados obtidos abaixo de 2 mg/L, observou-se que os menores valores encontrados foram nas estações de amostragem 1P, 2D, 3D, 4P, 5E, 6E e 8D, com valores respectivos de 0,98 mg/L, 0,72 mg/L, 0,70 mg/L, 1,71 mg/L, 1,24 mg/L, 1,14 mg/L e 1,16 mg/L.

As maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas nas estações 9D, 10P, 13P, 15D, 16P, 17E e 18E, com os seguintes dados: 4,45 mg/L, 4,4 mg/L, 5,33 mg/L, 6,80 mg/L, 5,71 mg/L, 5,27 mg/L e 4,90

mg/L. Com base nisso, observou-se que os resultados obtidos foram similares na foz, devido a movimentação mais intensa de embarcações e maior ação do vento sobre o corpo d'água.

Os dados obtidos com as análises em profundidade corroboram com o estudo realizado por Melo, Silva e Miranda (2005) o qual destacaram que, valores baixos de oxigênio dissolvido estão relacionados à decomposição da matéria orgânica proveniente de despejo industrial e/ou esgotos domésticos. Desse modo, corpos hídricos que recebem esgotos in natura tem modificações significativas, como a eutrofização, reduzindo de forma drástica a qualidade da água e propiciando a intensificação na diminuição de OD.

Ao verificar se os dados obtidos com as análises estão de acordo com os usos e legislação vigente, notou-se que, apenas os resultados encontrados em subsuperfície enquadram-se em totalidade ao que é observado na Resolução Conama n°. 357, de 17 de março de 2005, para Águas Doces – Classes 1 e 2, que apresenta padronização de oxigênio dissolvido em valores superiores a 5,0 mg/L. Referente aos valores obtidos em profundidade (-4 metros), somente 4 estações de amostragem apresentaram valores conforme determinado na legislação (estações de amostragem 13P, 15D, 16P e 17E), outras 14 estações (1P, 2D, 3D, 4P, 5E, 6E, 7,P, 8D, 9D, 10P, 11E, 12E, 14D e 18E) não se enquadram nos parâmetros de qualidade da água relacionados aos usos dos recursos hídricos para proteção das comunidades aquáticas e aquicultura e pesca.

Caracterização das margens e qualidade da água

Para analisar as características da coluna de água nas margens esquerda e direita do baixo curso do rio Tarumã-Açu, calculou-se as médias e os desvios padrão dos resultados obtidos com os parâmetros de qualidade da água (pH, TDS, CE e OD), verificados em subsuperfície e em profundidade nas 18 estações de amostragem. A partir disto, apresenta-se os seguintes resultados de médias e desvios padrão para o canal principal, margem direita e margem esquerda (Tabela 2).

TABELA 2
Médias (Med) e desvios padrão (DP) dos parâmetros analisados em subsuperfície e profundidade nas 18 estações de amostragem

Canal principal (P)								
pH	OD (mg/L)		TDS (mg/L)		CE (µS/cm)			
	Subsuperfície	Profundidade	Subsuperfície	Profundidade	Subsuperfície	Profundidade	Subsuperfície	Profundidade
Med.	5,21	4,74	6,0	3,37	3,83	5,17	7,67	9,83
DP±	0,12	0,14	0,54	1,93	0,41	0,75	0,82	0,75
Margem direita (D)								
Med.	5,23	4,75	6,13	2,80	3,83	5,0	7,67	9,67
DP±	0,18	0,15	0,58	2,46	0,75	-	1,37	0,82
Margem Esquerda (E)								
Med.	5,61	5,12	5,96	3,06	4,50	6,67	9,0	12,67
DP±	0,23	0,50	0,32	1,75	1,22	4,23	1,90	6,22

Elaboração: AUTORES (2023)

pH - potencial hidrogeniônico; OD - oxigênio dissolvido; TDS - sólidos dissolvidos totais; CE - condutividade elétrica.

O canal principal apresentou médias e desvios padrão de $5,21 \pm 0,12$ (subsuperfície) e $4,74 \pm 0,14$ (profundidade) para o parâmetro de pH, médias de $3,83 \pm 0,41$ mg/L (subsuperfície) e $5,17 \pm 0,75$ mg/L (profundidade) para o TDS, médias de $7,67 \pm 0,82$ µS/cm (subsuperfície) e $9,83 \pm 0,75$ µS/cm (profundidade) para a variável CE e médias de $6,0 \pm 0,54$ mg/L (subsuperfície) e $3,37 \pm 1,93$ mg/L (profundidade) para a variável de OD. Com base nisso, observou-se que a coluna d'água (-15 cm) do canal principal não é caracterizada como ácida, mas as suas águas profundas (-4 metros) sim. As médias de TDS e CE possuem tendência de leve crescimento nas águas profundas, de que nas águas subsuperficiais, mas ainda assim, são considerados valores baixos. Em contrapartida os níveis de OD são inferiores nas águas profundas. Observou-

se em campo que, as margens do canal principal (estações de amostragem 1P, 4P, 7P, 10, 13P e 16P) são caracterizadas por vegetação, solo exposto. Sua lâmina d'água é caracterizada pela presença de flutuantes, embarcações, marinas, posto de combustível e resíduos na foz.

A margem direita apresentou médias e desvios padrão de $5,23 \pm 0,18$ (subsuperfície) e $4,75 \pm 0,15$ (profundidade) para o pH, médias de $3,83 \pm 0,75$ mg/L (subsuperfície) e $5,0 \pm$ mg/L (profundidade) para o TDS, médias de $7,67 \pm 1,37$ μ S/cm (subsuperfície) e $9,67 \pm 0,82$ μ S/cm (profundidade) para a variável CE e média de $6,16 \pm 0,58$ mg/L (subsuperfície) e $2,80 \pm 2,46$ mg/L (profundidade) para a variável de OD. Assim como o canal principal, a margem direita possui suas águas profundas ácidas e as superficiais não ácidas, os valores de TDS em subsuperfície foram menores que os de profundidade, assim como os de CE. No entanto, o resultado deste dois parâmetros (TDS e CE) são considerados baixos. Destaca-se ainda, que esta margem possui maior concentração de OD em subsuperfície e menor concentração em profundidade.

De acordo com o IBGE (2010) a margem direita é considerada uma área rural (estações de amostragem 2D, 3D, 8D, 9D 14D, 15D). Destaca-se ainda que, esta margem possui microbacias quase totalmente vegetadas. Ela é influenciada pelos cursos d'água denominados Igarapé da Argola, Igarapé do Tiú, Igarapé do Panemão e Igarapé do Pirarucu. As estações de amostragem desta margem são caracterizadas por maior vegetação e hotel de selva. O seu espelho d'água possui alguns flutuantes. O Igarapé do Tiú conta com a presença da Comunidade Nova Esperança e da Aldeia Inhãa-Bé.

A margem esquerda apresentou médias e desvios padrão de $5,61 \pm 0,23$ (subsuperfície) e $5,12 \pm 0,50$ (profundidade) para a variável de pH, médias de $4,50 \pm 1,22$ mg/L (subsuperfície) e $6,67 \pm 4,23$ mg/L (profundidade) para o parâmetro de TDS, $9,0 \pm 190$ μ S/cm (subsuperfície) e $12 \pm 6,22$ μ S/cm (profundidade) na variável de CE e $9,96 \pm 0,32$ mg/L (subsuperfície) e $3,06 \pm 1,75$ mg/L (profundidade) para o parâmetro de OD. A partir disso, percebeu-se que as águas desta margem não são consideradas ácidas, tanto em subsuperfície, quanto em profundidade. Ao comparar as águas profundas e subsuperficiais da margem esquerda, observa-se que, as águas subsuperficiais apresentaram menor índice de TDS, menor CE e maior concentração de OD.

As estações de amostragem 5E, 6E, 11E, 12E, 17E e 18E integram a margem esquerda do canal principal e recebem grande quantidade de carga poluente advindas do Igarapé do Mariano, Igarapé da Bolívia e Igarapé do Gigante. Por sua vez, são caracterizadas como estações mais urbanizadas e conseqüentemente, mais modificadas. As suas margens contam com presença de áreas com menos vegetação, casas de médio e alto padrão, clubes, sítios, chácaras, prédios e solo exposto. O espelho d'água conta com a presença de embarcações, marinas, flutuantes, macrófitas e presença de óleo próximo a foz.

A elevada carga orgânica oriunda do lançamento de resíduos e efluentes domésticos/industriais propiciam a alteração nos níveis de qualidade da água de um corpo hídrico, que por sua vez, possibilitam o aumento no quantitativo de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, como os metais pesados (SILVA, 1999; ANA, 2004).

Portanto, todas as informações e dados obtidos em campo corroboram com os estudos realizados por Rocha et al. (2019) e Costa (2020), que constataram interferências provenientes da ação antrópica nas margens da bacia de estudo, principalmente na margem esquerda e nas proximidades com a foz. Além da constatação dos diferentes usos da água relacionados aos comércios flutuantes, pesca predatória, balneabilidade, deposição irregular de resíduos sólidos nas margens e na massa d'água, navegação, turismo e recreação no sentido da foz.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o exposto, o estudo realizado demonstrou que, as relações natureza diante às interferências humanas são complexas. Os múltiplos usos da água e a ocupação do limite territorial do baixo curso da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu, influenciam na qualidade da água e conseqüentemente, favorecem o aumento nos sinais

de poluição dos corpos hídricos. À vista que, a região encontra-se densamente populosa e frequentada por diferentes sujeitos sociais.

Observou-se que, os Igarapés do Mariano e da Bolívia, situados à margem esquerda do canal principal e o do Gigante, também localizado à margem esquerda, porém, próximo a foz, contribuem para o lançamento de carga poluente na Bacia do rio Tarumã-Açu. Não obstante, entende-se que as modificações ocorridas no limite territorial da bacia e na qualidade da água provenientes da ação antrópica, evidenciam a precarização socioeconômica decorrente do processo global de urbanização das cidades, que assola as classes baixas e as condicionam a residir em lugares distantes dos grandes centros urbanos, como o caso dos bairros Tarumã e Tarumã-Açu, zona oeste de Manaus, Amazonas.

A presença de atividades antrópicas irregulares no baixo curso do rio Tarumã-Açu, favorecem o despejo industrial e doméstico de resíduos, lançamento de efluentes diretamente no corpo hídrico, a erosão das margens, comprometem a qualidade da água e conseqüentemente, a segurança hídrica da bacia. Contudo, com os resultados obtidos com os parâmetros de pH, TDS, CE e OD atrelados a literatura, observou-se que, o rio Tarumã-Açu ainda é capaz de dissolver e reduzir os impactos negativos de origem antrópica que ocorrem no seu corpo hídrico.

Concernente a classificação padronizada dos corpos hídricos e o seu enquadramento em classes pela resolução Conama 357/2005, aponta-se a não coerência na associação dos parâmetros de qualidade da água de pH, OD e TDS para a bacia de estudo. O principal fator, é a utilização de atributos particulares baseados em rios de São Paulo. À vista que, corpos hídricos da região amazônica, como o rio Tarumã-Açu, possuem características distintas das demais regiões do Brasil, conseqüentemente, obtêm em seus estudos resultados antagônicos ao que propõe a legislação vigente no país, dificultando assim, a tomada de decisão e a prevenção de alterações na qualidade da água dos rios.

Desse modo, sugere-se a continuação de estudos de monitoramento, que visem a caracterização da qualidade da água no baixo curso do rio Tarumã-Açu e a revisão e adequação da legislação de padronização e o enquadramento dos corpos hídricos (Conama 357/2005) com a adoção de limites específicos para rios amazônicos. Propõe-se ainda, a correta implementação de instrumentos de planejamento, regulação, distribuição e qualidade das águas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu, que envolvam o poder público e os diferentes atores sociais que nela residem. Objetivando assim, efetivar políticas públicas e ambientais, além de promover a sustentabilidade da bacia estudada.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Especialização em Geografias da Amazônia Brasileira (Pós - GAB) e a todo seu corpo docente. À Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua - UEA). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). À Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). À Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam). Ao Grupo Geotecnologias e Análise da Paisagem (Geotap).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Indicadores de qualidade. Índice de qualidade das águas (IQA)*. Brasília: ANA, 2004.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil*. Brasília: ANA, 2012, 264p.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Enquadramento dos corpos d'água em classes / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico*. Brasília: ANA, 2020.

- ANTONIO, I. C. Índices climáticos e caracterização climática do entorno de Manaus. *Revista brasileira de Geografia*, v. 50, n. 4, 2017. p. 1120–1133.
- BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, v. 37, n. 2, 2007.
- BRASIL. *Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: DF, 1997, 470p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Caderno da Região Hidrográfica Amazônica*. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: DF, MMA, 2006a. 124p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil*. Brasília: DF, MMA, 2006b. 74p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Áreas Protegidas - PNAP*. Brasília: DF, MMA, 2006c.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução Conama nº. 274, de 29 de novembro de 2000*. Define os critérios para a classificação de águas destinadas à recreação de contato primário. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução Conama nº. 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. *Guia Nacional de coleta e preservação de amostra: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido*. Org. PINTO, M. C. F. Brasília: CPRM, 2007.
- CLETO FILHO, S. E. N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus – AM – Amazônia Central. *Acta Amazonica*, n. 31, v. 4, 2001. p. 69-89.
- COSTA, F. E. V. Uma experiência amazônica de gestão dos recursos hídricos: a criação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus - AM - Brasil. *Dissertação (Mestrado em Geografia)*. Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2011.
- COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L.; SILVA, M. L. Caracterização física das Bacias Hidrográficas na região de Manaus (AM). *Caminhos da Geografia: Uberlândia*, v. 14, n. 46, 2013. p. 93-100.
- 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 et al. Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central. *Scientia Plena*, v. 17, 2021.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1980, p. 65-121.
- DAMASCENO, S. B. Reestruturação do comitê de bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus, AM. 2018. 82f. *Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua)*. Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018.
- DIAS, D. C.; MATOS, C. L. DOS S. Análises de pH, condutividade e dureza em águas superficiais em Caçapava do Sul/RS. *Anais do 9º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 9, n. 2, Universidade Federal do Pampa. Santana do Livramento, 2020.
- ELIAS, A. S. S.; SILVA, M. S. R. Hidroquímica das águas e quantificação de metais pesados nos sedimentos das bacias hidrográficas de área urbana de Manaus, que deságuam no rio Negro. In: *Anais do X Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA*, Manaus: INPA, 2001. p. 402-405.
- HOUAISS, A. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa: novo*. Rio de Janeiro, ed. Objetiva, 2009.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2010*. Características da população e domicílios: resultados do universo. Manaus: AM, IBGE, 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. Manaus panorama. Manaus: AM, IBGE, 2021.
- LACHI, A. M. C.; SOUZA, M. G. de; ALBUQUERQUE, A. R. da C. O processo de crescimento urbano e os impactos nas Bacias Hidrográficas do Município de Manaus entre 1860-1990. *Anais do XVI Fórum Ambiental. Meio ambiente e seus desafios: Estudos Contemporâneos*, Alta Paulista, 2020. p. 10.
- MAIA, S. A. et al. *Caracterização e localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus-AM*. Boletim da Bacia Hidrográfica do Rio do Tarumã-Açu. Monitoramento das águas do rio Tarumã-Açu por sensoriamento remoto. *Geotecnologias e Análise da Paisagem – GEOTAP*, n. 1, jul., 2019. p. 1-3.
- MELO, E. G. de F.; FRANKEN, W. K. Estudo Físico-Químico nas Águas da Bacia do Rio Tarumã-Açu. *Anais do XI Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA*, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2002.
- MELO, E. G. de F.; SILVA, M. S. R da; MIRANDA, S. A. F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. *Caminhos de geografia*, v. 5, n. 16, 2005. p. 40-47.
- MERTEN, G. H; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável: Porto Alegre*, v. 3, n. 4, out./dez. 2002. p. 33-38.
- NASCIMENTO, F. R. do. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. *Revista da ANPEGE*, v. 7, n. 1, número especial, p. 81-97, out. 2011. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6555>. Acesso em: 20 nov. 2022.
- NEVES, R. K. R. et al. Usos múltiplos da água na Bacia do Rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 9, n. 12, 2020.
- OLIVEIRA, J. F. de. Monitoramento dos impactos ambientais causados pela extração de areia na região metropolitana de Manaus. 2020. 100f. *Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia)* - Universidade Federal do Amazonas, 2020.
- PORTO DE MANAUS. Nível do rio Negro. 2020. Disponível em: <https://www.portodemanau.com.br/?pagina=nivel-do-rio-negro- hoje>. Acesso em: 24 jan. 2023.
- RAMOS, M. F. L.; WACHHOLZ, F.; SILVA NETO, J. C. A. da. Qualidade dos recursos hídricos na comunidade flutuante Lago do Catalão, Iranduba-AM. *Caminhos da Geografia*, v. 21, n. 73, 2020. p. 98-115.
- ROCHA, A. R. et al. Caracterização limnológica dos baixos cursos d'águas do Bolívia e Tarumã-Açu, Manaus/AM. *Anais do XVIII do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Fortaleza, 2019.
- SANTOS, U. de M. et al. Rios da bacia Amazônica. I. Afluentes do rio Negro. *Acta Amazonica*, v. 14, 1984. p. 222-237.
- SILVA, M. L. Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio no aquífero de Manaus – Am. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. 82 p. *Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos)* - Centro de Estudos Ambientais/ Universidade Estadual Paulista. 1999.
- SILVA, J. A. da. Aplicação de indicadores ambientais para o cálculo do IQA (Índice de Qualidade da Água) em zona urbana de Manaus. 65f. *Dissertação de Mestrado* apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas, 2016.
- SIOLI, H. *Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. Rio de Janeiro: Vozes, 1985. 72p.
- SIQUEIRA, L. F. Estudo hidrológico do efeito de barramento hidráulico no Rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. 66f. *Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Clima e Ambiente)*. Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2019 2019.
- VASCONCELOS, M. A.; COSTA, L. A.; OLIVEIRA, M. A F. Estudo da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus, Amazonas, utilizando imagens de radar. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE, João Pessoa: PB, 25 a 29 de abril de 2015, p. 6459- 6466.
- VASCONCELOS, M. A. Estudo da paisagem no setor sul da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus, usando imagens multipolarizadas do radar Alos/Palsar. 75f. *(Dissertação de Mestrado em Geografia)*. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1, ed. 3, *DESA*, Ed. UFMG, 2005.