

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL EM UMA COMUNIDADE RIBEIRINHA DA REGIÃO AMAZÔNICA

Laís. L. da C. Nunes<sup>1</sup>; Isabela. D. Lopes<sup>1</sup>; Jean S. Siqueira<sup>1</sup>; Meuris G. C. da Silva<sup>2</sup>; Melissa G. A. Vieira<sup>2</sup>; Samira M. L. de Carvalho<sup>1</sup>.

*1 Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Brasil.*

*2 Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil.*

**Palavras-Chave:** Qualidade da água, Comunidade ribeirinha, Água superficial.

### 1 Introdução

A água cobre aproximadamente três quartos da superfície terrestre e ocupa um volume total de 1.386 milhões de km<sup>2</sup>, sendo composta por oceanos, rios, lagos, geleiras, calotas polares, pântanos e áreas alagadas. Em contrapartida, apenas 2,5% desse total corresponde a água doce, enquanto 97,5% são inadequados para consumo humano e somente 0,3% encontram-se acessível e constituem os corpos d'água superficiais e subterrâneos (Alves *et al.*, 2019; Tubbs Filho *et al.*, 2024).

A qualidade da água superficial e subterrânea é um fator que determina sua disponibilidade para diversos usos, tais como o abastecimento humano, recreação, produção de alimentos, geração termelétrica e a indústria, sendo o uso mais nobre da água o abastecimento humano (Von Sperling, 2014). A qualidade da água é condicionada por variáveis naturais ligadas, por exemplo, ao regime de chuvas, escoamento superficial, geologia e cobertura vegetal, e por impactos antrópicos, provenientes de fontes pontuais e fontes difusas de contaminação, como o lançamento de efluentes, os usos da terra e manejo dos solos, cargas contaminantes manipuladas, despejadas ou dispostas em superfície ou subsuperfície, entre outros. A qualidade das águas subterrâneas também é influenciada pela dinâmica de interação com as rochas dos aquíferos e pelo tempo de circulação no subsolo (ANA, 2024). A falta de planejamento na ocupação do solo, combinada com a ausência de práticas conservacionistas e ações humanas inadequadas, resulta em alterações na qualidade da água. Estudos mostram que a urbanização das bacias hidrográficas causa impactos ambientais adversos, como erosão e sedimentação nos corpos d'água, exacerbados pela impermeabilização do solo (Oliveira *et al.*, 2023; Dechen *et al.*, 2015).

Dos 255 mil m<sup>3</sup>/s de água que escoam em média pelo território brasileiro, quase 80% encontram-se na bacia Amazônica. Além disso, a vazão de estiagem corresponde a aproximadamente 30% da vazão média, sendo 63 mil m<sup>3</sup>/s na bacia Amazônica e 13,5 mil m<sup>3</sup>/s no restante do país, com variações significativas entre as bacias (ANA, 2024). No entanto, na Região Amazônica, a crescente urbanização, atividades humanas inadequadas e a ausência de saneamento básico têm impactado negativamente a qualidade das águas superficiais e tem afetado a saúde pública e o equilíbrio ecológico (Mendonça *et al.* 2023; Da Silva *et al.* 2021).

O presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água superficial de uma comunidade ribeirinha, localizada na região metropolitana de Belém (RMB). A localidade sofre influência direta do rio Guamá e durante os meses de dezembro a abril ocorrem constantes inundações, daí então a caracterização do solo de várzea. A água da captação direta do corpo hídrico é utilizada nas atividades humanas. A localidade não possui água potável, energia sustentável e saneamento básico.

## 2 Material e Métodos

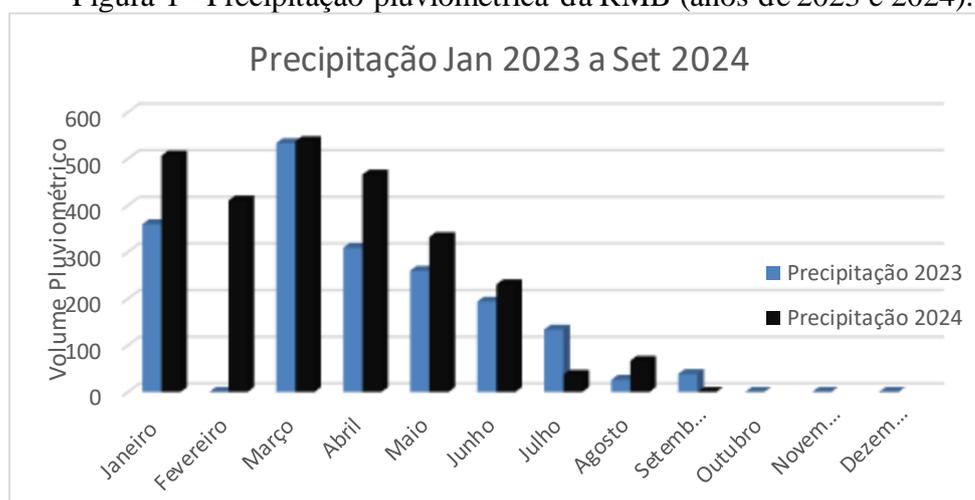
A região ribeirinha, local do estudo, está localizada próxima à desembocadura do Rio Guamá, na Baía do Guajará (coordenadas são 1° 25' S e 48° 25' W), integra um importante conglomerado insular em Belém. A ilha, que é a quarta maior de Belém, fica a 1,5 km ao sul da cidade e é delimitada ao norte pelo Rio Guamá, ao sul pelo Furo São Benedito, a leste pelo Furo da Paciência e a oeste pela Baía do Guajará (Barbosa *et al.*, 2020).

As amostras foram coletadas levando em consideração a variação sazonal da precipitação na região, com coletas realizadas em maio/junho (período chuvoso) e julho/setembro de 2024 (verão amazônico, o período menos chuvoso), como mostrado na Figura 1 (a distribuição pluviométrica da região nos anos de 2023 e 2024), bem como as diferenças nas marés (baixa-mar e preamar). As coletas foram realizadas em cinco pontos, conforme as coordenadas georreferenciadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas geográfica

Pontos de amostragem	Descrição referencial	Coordenadas Geográficas (GPS)
P1	Foz do rio (Preamar)	-1.489349, -48.461943
P2	Foz do rio (Baixa-mar)	-1.489349, -48.461943
P3	Comunidade ribeirinha (Baixa-mar)	-1.499373, -48.461440
P4	Comunidade ribeirinha (Preamar)	-1.500677, -48.461380
P5	Comunidade ribeirinha (Preamar)	-1.503542, -48.462300

Figura 1 - Precipitação pluviométrica da RMB (anos de 2023 e 2024).



As amostras foram coletadas em frascos apropriados e preservadas seguindo as recomendações estabelecidas na norma NBR 9898 (ABNT 1998). Estas foram transportadas para o laboratório, em caixas térmicas refrigeradas e foram analisadas. Os parâmetros analisados e as metodologias analíticas utilizadas são mostradas na Tabela 2. As metodologias analíticas utilizadas foram de acordo com as recomendações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2023).

Tabela 2 - Parâmetros Físico-químicos

Parâmetro	Unidade	Método
Temperatura (T)	(°C)	SMEWW, 24ª Ed. 2550 B

pH	(U)	SMEWW, 24ª Ed. 4500-H+B
Salinidade	(PSU)	SMEWW, 24ª Ed. 2520 B
Oxigênio dissolvido (OD)	(mg/L)	SMEWW, 24ª Ed. 4500-O G
Turbidez	(UNT)	SMEWW, 24ª Ed. 2130 B
Cor aparente	(PCU)	SMEWW, 24ª Ed. 2120
Cor real	(PCU)	SMEWW, 24ª Ed. 2120
Alcalinidade total (AT)	(mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	SMEWW, 24ª Ed. 2320 B
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	(mg/L)	SMEWW, 24ª Ed. Ed. 5210 B
Coliformes totais	(NMP.100/mL)	SMEWW, 24ª Ed.9221 D
Coliformes termotolerantes	(NMP.100/mL)	SMEWW, 24ª Ed. 9223 B
Sólidos Totais (ST)	(mg/L)	
Sólidos em Suspensão Totais	SST (mg.L-1)	SMEWW, 24ª Ed. 2540 D

### 3 Resultados e Discussão

Na Tabela 3 são mostrados os resultados dos parâmetros analisados e os pontos de coleta investigados.

**Temperatura:** A temperatura nos pontos P1 e P2, com valores de 27,3 °C e 27,2 °C, respectivamente, apresenta variação mínima de 0,1 °C, indicando homogeneidade na preamar e baixa-mar durante o período chuvoso. O fluxo contínuo de água de diversas fontes, como afluentes e rios pode introduzir água mais fria, distribuindo o calor e uniformizando a temperatura entre os pontos (Peixoto et al., 2020). O ponto P4 registrou a maior temperatura (30,5 °C) e o ponto P3 a menor (29,0 °C), com uma diferença de 1,5 °C. Esses valores mais altos ocorreram no verão amazônico em Igarapés, onde o movimento da água é menor (Marques et al., 2020). A Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), não define um valor específico para a temperatura da água, mas estabelece que a variação não deve exceder 3°C em relação à sua condição natural.

**pH:** no período de baixa-mar na estiagem, no ponto P3 o valor de pH foi de (5,8) mais ácido, em comparação aos valores apresentados no ponto P1, (6,1), P2, (6,5) P4(6,2), P5 (6,6) que não aprestaram uma grande variação entre eles mesmo considerando a sazonalidade e o tipo de maré (preamar ou baixa-mar). Na baixa-mar, em um período (menos chuvoso, como período de verão amazônico), pode ocorrer a concentração de compostos orgânicos e minerais que podem tornar a água mais ácida com uma alcalinidade mais baixa (Peixoto et al., 2016; Santos et al., 2021). O valor do pH dos cursos d'água superficiais costuma variar entre 6 e 9. Valores muito ácidos ou alcalinos indicam possíveis lançamentos de efluentes (Esteves, 2011). Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), os valores limites de pH podem variar entre (6,0 a 9,5). Conforme mostrado na Tabela 3 com exceção do ponto P3, os valores de pH dos demais pontos investigados estão dentro dos valores limites citados e legislação brasileira

**Salinidade:** durante o período chuvoso no ponto P1(0,1 PSU) (*Practical Scale Salinity*) é relativamente baixa, devido à influência da preamar (alta diluição). A salinidade em P3 é idêntica à de P2 (0,02 PSU), apesar do tipo de maré (baixa-mar) e a diferente sazonalidade entre esses pontos. O ponto P4 apresentou o maior valor de salinidade (0,4 PSU) entre todos os pontos durante a preamar. Segundo Ferreira et al., (2023), as altas temperaturas e longo período sem chuva e fatores como lixiviação, evaporação e variações ambientais da região afetam a

salinidade, Em P5, o valor de salinidade é mais baixo (0,03 PSU), mesmo havendo uma variação entre esses pontos dando destaque ao ponto máximo P4 ainda atende as diretrizes da Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), cujo valor limite é de 0,5 g/L.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros analisados

Parâmetro	Unidade	Ponto de coleta				
		P1	P2	P3	P4	P5
		Preamar (chuvoso)	Baixa-mar (chuvoso)	Baixa-mar (verão Amaz.)	Preamar (verão Amaz.)	Preamar (verão Amaz.)
Temperatura (T)	(°C)	27,3	27,2	29,0	30,5	30,0
pH	(U)	6,1	6,5	5,8	6,2	6,6
Salinidade	(PSU)	0,1	0,02	0,02	0,4	0,03
Oxigênio dissolvido (OD)	(mg/L)	5,5	5,4	5,6	5,1	6,6
Turbidez	(UNT)	-	37,45	110,4	49,35	41,7
Cor aparente	(PCU)	>100	> 100	> 100	> 100	> 100
Cor real	(PCU)	40	85	60	70	> 100
Alcalinidade total (AT)	(mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	22,0	13	7,50	7,50	7,50
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	(mg/L)	40	118	10	5	9,6
Coliformes totais	(NMP.100/mL)	Ausência	Ausência	202,5	189,5	140,4
Coliformes termotolerantes	(NMP.100/mL)	Ausência	Ausência	202,5	189,5	140,4
Sólidos Totais (ST)	(mg/L)	125	65	162	211	62
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	(mg/L)	8	110	72	89	48,9

**Oxigênio dissolvido:** Os valores de OD em P1, P2, P3 e P4 (5,5, 5,4, 5,6, 5,1 mg/L) apresentam pouca variação e estão dentro da faixa aceitável, indicando níveis adequados para a vida aquática (Gomes et al., 2014). O período chuvoso e a preamar favorecem maior circulação de água e aumento de OD em P1 e P2. P3 apresenta o menor OD devido à estagnação durante a baixa-mar. O P4, com OD de 6,6 mg/L, é beneficiado pela renovação de água na preamar. Todos os valores atendem ao limite de 5,0 mg/L para corpos de classe 2, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005).

**Turbidez:** no ponto P2, a turbidez é moderada. No ponto P3 foi medido o maior valor de turbidez (110,4 UNT). Durante o período de verão amazônico e baixa-mar, há pouca renovação de água e acúmulo de sedimentos, o que eleva a turbidez. O valor de turbidez em P4 é moderado (49,35 UNT) durante a preamar no período (verão amazônico). No entanto, devido o baixo índice de precipitação, ainda há partículas em suspensão que aumentam a turbidez em comparação com os valores observados em P2. Em P5, a turbidez é um pouco menor (41,7 UNT), devido a alta diluição da preamar. O valor limite de turbidez é  $\leq 100$  NTU (Brasil, 2005).

**Cor real e Cor aparente:** no ponto P1 o valor foi de 40 PCU (período chuvoso e preamar), que ajudam a reduzir a cor visível; no ponto P2 o valor foi de 85 PCU a cor aumenta devido à concentração de substâncias na baixa-mar, mesmo em período chuvoso. A cor é influenciada

pelo período chuvoso ou menos chuvoso (verão amazônico) e pelo regime de marés. A cor real, que mede apenas as substâncias dissolvidas, apresentou um valor máximo de 85 uH durante a premar e 40 uH durante a baixa-mar. Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), para águas doces de classe 2, o valor máximo permitido é de 100 uH. Portanto, o valor de 75 uH durante premar está acima do permitido.

**Alcalinidade total:** A alcalinidade no ponto P1 (22,0 mg/L) foi a mais alta, sendo mantida pela premar e período chuvoso, favorecendo a estabilidade do pH. O ponto P2 (13,0 mg/L) mostrou uma alcalinidade mais baixa, mesmo durante a baixa-mar mesmo no período chuvoso. P3, P4 e P5 apresentaram os menores valores (7,50 mg/L), especialmente no período seco. Embora a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) não defina valores limites de alcalinidade total, os valores muito baixos determinados nos pontos de coleta, indicam baixa capacidade de neutralização de ácidos, tornando o corpo d'água suscetível a variações de pH. Isso facilita a proliferação de organismos indesejáveis, como *E. coli* e coliformes fecais, sinalizando possível contaminação por esgoto (Carvalho *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2023).

**Demanda Bioquímica de Oxigênio:** ponto P2, o valor mais alto de DBO (118 mg/L) indica um elevado nível de matéria orgânica, sugerindo poluição. Em contraste, P1, P3 e P4 apresentaram valores mais baixos (40 mg/L, 10 mg/L e 5 mg/L), refletindo menor quantidade de matéria orgânica em decomposição. A DBO representa a matéria orgânica degradável por micro-organismos. A Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), estabelece limites para a DBO em corpos d'água, visando proteger a biodiversidade. Para águas de classe 1, a DBO não pode exceder 5 mg/L.

**Coliformes totais e Coliformes termotolerante:** nos pontos P3, P4 e P5 foram determinados valores de coliformes totais e termotolerantes de (202,5, 140,4 e 189,5 NMP/100 mL, respectivamente), próximo a localidade ribeirinha sugerindo uma contaminação significativa por esgoto ou outras fontes de poluição fecal. Nos pontos P1 e P2 os resultados de Coliformes totais e termotolerantes foram “Ausência”. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), o limite permitido para coliformes fecais e termotolerantes em águas de classe 2 é de 200 NMP/100 ml. Os resultados obtidos no ponto de monitoramento P3 mostram valores que ultrapassaram esse limite, indicando uma clara contaminação por resíduos fecais.

**Sólidos Totais e Sólidos em Suspensão Totais:** O ponto P4 apresentou o maior valor de ST (211 mg/L), enquanto P2 teve o menor (65 mg/L), indicando menor concentração de ST nesse local. O ambiente lântico e vegetação densa em P4 favoreceram o acúmulo de sólidos. Ele é fundamental para avaliar a qualidade da água, especialmente em sistemas de tratamento e em corpos hídricos (Hasan *et al.*, 2019). Os SST variaram de 8 mg/L (P1), com baixa turbidez e maior clareza da água, a 110 mg/L (P2), indicando alta turbidez, o que pode interferir na desinfecção e qualidade estética da água.

#### 4. Conclusão

A qualidade da água na região ribeirinha com os resultados obtidos no monitoramento revela problemas significativos relacionados à contaminação fecal e à deterioração da qualidade da água devido a fatores antrópicos, como a descarga de esgoto doméstico sem tratamento

adequado e a falta de infraestrutura de saneamento básico. A extrapolação de valores limites estabelecidos para coliformes fecais e termotolerantes nos pontos de monitoramento, especialmente no ponto P3, indica uma clara associação entre a poluição difusa e o lançamento irregular de esgoto doméstico, o que compromete a segurança do corpo hídrico para uso recreativo e a saúde dos ribeirinhos. Além disso, a baixa alcalinidade observada, juntamente com a alta turbidez e elevadas concentrações de sólidos em suspensão, torna o corpo hídrico mais suscetível a flutuações de pH e à proliferação de microrganismos.

Esses resultados reforçam a necessidade de ações urgentes de controle da poluição das águas superficiais no local de estudos, incluindo a implementação de sistemas de saneamento adequados e a preservação das áreas de vegetação nativa, de modo a garantir a qualidade dos recursos hídricos e a saúde da população ribeirinha.

## 5. Agradecimentos

À FAPESPA (Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas) e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

## 6. Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ALVES, F. L.; SANTOS, P. A.; SILVA, J. B. Impacto de efluentes industriais na qualidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v. 20, n. 4, p. 302-310, 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual/ Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico*. Brasília: ANA, 2024. 118 p.
- BARBOSA, A. D. M.; FRANCO, I. M.; MARTORANO, L. G.; TOURNE, D. C. M. *Arquitetura vernacular sustentável em área legalmente protegida*, 2020.
- CARVALHO, L. O.; SOARES, F. M. P.; SILVA, D. L.; MENDONÇA, I. N. Monitoramento da *Escherichia coli* como parâmetro de avaliação da qualidade da areia de três praias urbanas de Itacaré, Bahia, Brasil. *Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde*, 2023.
- BRASIL. Resolução CONAMA n. 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*, Brasília, 18 mar. 2005.
- DA SILVA, Soralene Cunha; SARPEDONTI, Valerie. Sistema de saneamento doméstico: eficácia do uso de fossa verde para o tratamento unifamiliar de esgoto. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 24, n. 3, p. 100-113, 2021.
- DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantina*, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.
- ESTEVES, F. de A. *Fundamentos de Limnologia*. 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, p. 790, 2011.
- FERREIRA, N. S. Salinidade da Água Superficial no Córrego Grotão, Distrito de Bielândia, Município de Filadélfia (TO). 2023.
- GOMES, L. M. F. Influência espacial e temporal na qualidade físico-química da água de três açudes da cidade de Caráúbas–RN. 2014.



HASAN, C.; FEITOSA, A. K.; DE ALMEIDA, M. C. Produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais: Análise dos teores de sólidos totais, voláteis e fixos em amostras pré e pós digestão anaeróbia. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 8, n. 1, p. 257-273, 2019.

OLIVEIRA, G. M. T. S. Avaliação da concentração de nutrientes, metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nos sedimentos de fundo do lago água preta (Belém-Pará). Tese de Doutorado. Ufra-Campus Belém, 2023.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. LIPPS, W. C.; BRAUN-HOWLAND, E. B.; BAXTER, T. E., Eds. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 24th ed. Washington DC: APHA Press; 2023.

SANTOS, J.; COSTA, M.; SILVA, J. A contribuição da formação Barreiras como fonte dos sedimentos dos manguezais e de fundo do Rio Marapanim na região de Marapanim (PA) com base na assinatura de minerais pesados. 2021.

SANTOS, S. S. et al. Análise físico-química e microbiológica das águas estuarinas da APA Planície Costeira do Guaibim, Baixo Sul da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2023.

TUBBS FILHO, D.; SCHUELER, A.; PEREIRA, S. Y. Uso social das águas subterrâneas em áreas periurbanas: O estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Guandú, Região Oeste Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. 2024. ALVES, F. L.; SANTOS, P. A.; SILVA, J. B. Impacto de efluentes industriais na qualidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v. 20, n. 4, p. 302-310, 2019.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. (4. ed.). Belo Horizonte: Editora UFMG. 2014.