



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análise da Qualidade da Água da Microbacia Hidrográfica do Rio Maguari-Açu, Ananindeua-PA

Fabianne Mesquita Pereira¹, Antônio Pereira Junior², Dênis José Cardoso Gomes³, Hebe Morganne Campos Ribeiro⁴, José Augusto Carvalho de Araújo⁵

¹Tecnóloga em Saneamento Ambiental, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Estado do Pará (UEPA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2411-3996> e-mail: fabiannepereira@hotmail.com (autor correspondente).

²Atualmente é professor assistente IV, com dedicação exclusiva na Universidade do Estado do Pará (UEPA). Coordenador de Laboratório da Qualidade Ambiental, Campus VI - Paragominas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6241-985X> e-mail: antonio.junior@uepa.br

³Doutorando (2023-Atual) e Mestre (2021-2022) em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais na Universidade do Estado do Pará (UEPA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6441-6783> E-mail: deniss.feg@gmail.com

⁴Mestre em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará, doutor em Engenharia Elétrica Com Ênfase Em Hidrelétricas pela Universidade Federal do Pará. professora Titular da Universidade do Estado do Pará, professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7154-9947> e-mail: hebemcr@gmail.com

⁵Graduação, Bacharel em Ciências Sociais pela Universidade da Amazônia (1992). Atualmente é professor permanente da Pós graduação stricto sensu, programa de mestrado e doutorado em ciências ambientais que funciona no CCNT, Doutor em Sociologia pelo Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal de São Carlos- São Paulo – UFSCAR ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4503-7857> e-mail: augustocarvalho@uepa.br

Artigo recebido em 18/003-2023 e aceito em 25/08/2023

RESUMO

A falta de saneamento básico está diretamente relacionada ao controle da poluição das águas, pois compromete a conservação dos rios urbanos. Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo analisar as características físico-químicas e microbiológicas da qualidade da água da Microbacia Hidrográfica do Rio Maguari-Açu (MHRM) localizada em Ananindeua-PA, em dois períodos sazonais distintos do ano de 2022. Para isso foram realizadas coletas de água nos meses de Setembro e Dezembro de 2022. As coletas foram feitas em seis pontos distintos da microbacia, P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Foram analisados os parâmetros físico-químicos de qualidade de água: pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura, Turbidez e Cor verdadeira. Além dos microbiológicos: Coliformes totais (CT), Coliformes termotolerantes (CTT) e *Escherichia coli* (*E.coli*) e foram comparados com a legislação CONAMA 357/05 para águas doces classe II. Na análise estatística, foi aplicado o teste multivariado. A utilização desse teste permitiu inferir que, no período menos chuvoso, os pontos P3 e P4 demonstraram maior semelhança entre si e estavam mais próximos do ponto P5. Esses pontos apresentaram valores mais elevados de CTT e valores mais baixos de OD, estando essas duas variáveis em desconformidade com a legislação. No período mais chuvoso, constatou-se que os pontos P4 e P5 tinham maior semelhança entre si e estavam mais próximos do ponto P6, pontos próximos ao perímetro urbano, também apresentaram desconformidade para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, evidenciando a interferência antrópica na qualidade da água da microbacia.

Palavras-Chave: Qualidade de água; Rios Urbanos; Parâmetros.

Analysis of the Water Quality of the River Maguari-Açu Hydrographic Catinment, Ananindeua-PA

ABSTRACT

The lack of basic sanitation is directly related to the control of water pollution, as it compromises the conservation of urban rivers. In this sense, this study aims to analyze the physical-chemical and microbiological characteristics of the water quality of the Maguari-Açu River Hydrographic Microbasin (MHRM) located in Ananindeua-PA, in two different seasonal periods of the year 2022. Water collections were carried out in September and December 2022. The collections were made in six different points of the microbasin, P1, P2, P3, P4, P5 and P6. The physical-chemical parameters of water quality were analyzed: pH, Dissolved Oxygen (DO), Electrical Conductivity (EC), Total Dissolved Solids (TDS), Temperature, Turbidity and True Color. In addition to the microbiological ones: Total Coliforms (CT), Thermotolerant

Coliforms (CTT) and *Escherichia coli* (*E.coli*) and were compared with the CONAMA 357/05 legislation for class II fresh waters. In the statistical analysis, the multivariate test was applied. The use of this test allowed inferring that, in the less rainy period, points P3 and P4 showed greater similarity to each other and were closer to point P5. These points had higher values of TTC and lower values of OD, with these two variables not complying with the legislation. In the rainiest period, it was found that points P4 and P5 were more similar to each other and were closer to point P6, points close to the urban perimeter, also showed non-compliance with microbiological and physical-chemical parameters, evidencing anthropic interference in the microbasin water quality.

Keywords: Water quality, Urban Rivers, Parameters. **Introdução.**

Introdução

A manutenção da qualidade da água é um problema mundial que, na maioria dos casos, provoca alterações na saúde humana (Nawaz et al., 2023). A crescente demanda por água para fins domésticos, devido ao crescimento da população a nível mundial (Naqash et al., 2023), incrementou a quantidade de áreas agrícolas e industriais, as mudanças climáticas, e os impactos provocados pelas atividades humanas como a urbanização, o desmatamento e a falta de saneamento básico. Tudo isto tem levado degradação dos recursos hídricos (Araújo et al., 2022).

Nas áreas transfronteiriças o problema se repete, nestes locais, as variáveis para qualidade da água como pH, temperatura, oxigênio dissolvido encontram-se em não conformidade com as legislações nacionais e internacionais (Oliveira; Albuquerque e Plácido Júnior, 2023). Nestas regiões, os problemas com doenças de veiculação hídrica como a dengue e a malária aumentam após as inundações (Oliveira e Albuquerque, 2022).

No território nacional, para evitar problemas destas naturezas, foi sancionada a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que deu origem a: Política Nacional de Segurança Hídrica que, além de gerenciar a disponibilidade desse recurso natural, também determina a qualidade da água, cujas influências negativas podem ser naturais como a extremos pluviais, e antrópicas como o lançamento de efluentes oriundos de cultivos agrícolas gerados em domicílios urbanos e rurais (Castro, 2022).

No contexto dos efluentes domésticos, no estado do Pará, tem-se a formação da região metropolitana de Belém e as inúmeras comunidades que se instalaram nas áreas marginais de rios, onde estruturas físicas urbanas são carentes e até ausentes de fato e de direito como a coleta de resíduos sólidos e líquidos (Carneiro et al., 2021).

Todos estes problemas dificultam um gerenciamento eficaz para a manutenção da qualidade da água. Deste modo, a legislação para a

gestão integrada e participativa está ativa. Trata-se do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) que prevê a união entre estados, municípios e a sociedade civil para promover a gestão participativa a partir da instituição de comitês de bacias hidrográficas (Bentes et al., 2021).

Outra forma de degradação dos corpos hídricos está associada à ausência ou ineficiência do saneamento básico. Sobre esse fato, o recente *Ranking* do Saneamento (ITB, 2022) é um estudo que considera informações fornecidas pelas operadoras de saneamento, como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), apontou que o menor percentual de atendimento urbano de água para abastecimento humano foi registrado no município de Ananindeua (PA) com 33,9%, e que somente 4,5% do volume coletado, é tratado. No contexto geral, tem-se que a qualidade da água está atrelada com ações antrópicas. Estudos acerca dessa relação (Gomes, 2021; Quaresma, 2021; Santos et al., 2023) identificaram ações desta natureza como contribuintes diretas da diminuição da qualidade da água em áreas urbanas, o que poderá estar ocorrendo na bacia do rio Maguari-Açu, em Ananindeua, Pará. Além disto, o uso da estatística é crucial para se ratificar o nível de qualidade da água coletado no corpo hídrico (Castro et al., 2023; Lages et al., 2023).

Assim, não havendo estudos na literatura científica que abordem essas questões sobre qualidade da água na bacia do rio Maguari-Açu, é preciso pesquisas para suprir esta lacuna e detectar se o corpo hídrico está dentro dos padrões estabelecidos por lei, uma vez que existem indícios de influências antrópicas no rio. Além disso, tais informações são fundamentais para a segurança hídrica regional (Loftus & Sousa, 2021), pois rios sob influência antrópica podem sofrer impactos ambientais como a alteração da qualidade da água provocados pela retirada da mata ciliar e consequentes processos erosivos fluviais (Pacheco et al., 2021), bem como degradação hídrica

afetadas por avanço de zonas industriais e urbanas (Papadaki, Legogiannis e Dimitriou, 2023).

Logo, este estudo tem como objetivo analisar as características físico-químicas e microbiológicas da qualidade da água da Microbacia Hidrográfica do Rio Maguari-Açu (MHRM) localizada no município de Ananindeua-PA, em dois períodos sazonais distintos do ano de 2022. A realização desse estudo proporcionará informações sobre as características e os efeitos de ações antrópicas e naturais sobre os corpos aquáticos, que poderão ser utilizados pela gestão municipal na gestão dos recursos hídricos.

Material e Métodos

Fisiografia do município

O município de Ananindeua (01° 21' 56" S; 48° 22' 20" W) está situado na RMB a uma altitude de 17 m, com área equivalente a 190,5 km² (IBGE,

2010). Trata-se de uma área altamente urbanizada, cujo acesso pode ser efetuado a partir de duas rodovias: 1) BR-316 (Federal) ao sul; 2) Rodovia do Coqueiro (estadual), a oeste. A vegetação é diversa: Floresta Ombrófito Aberta; Floresta Ombrófito Densa Aluvial, herbácea, dentre outras (Ribeiro et al., 2021).

O clima, segundo Köppen, é tropical e úmido equatorial do tipo Af, com temperatura média anual de 26°C, taxa de precipitação equivale a 2.754,4 mm/ano, o período mais chuvoso ocorre entre dezembro e maio, e o menos chuvoso entre junho a novembro (Silva et al., 2018b). A média de precipitação pluviométrica do ano de 2022, utilizada para coletar a água superficial do rio objeto de estudo foi coletada da estação meteorológica de Belém, a qual também abrange o município de Ananindeua, conforme registros do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Figura 1).

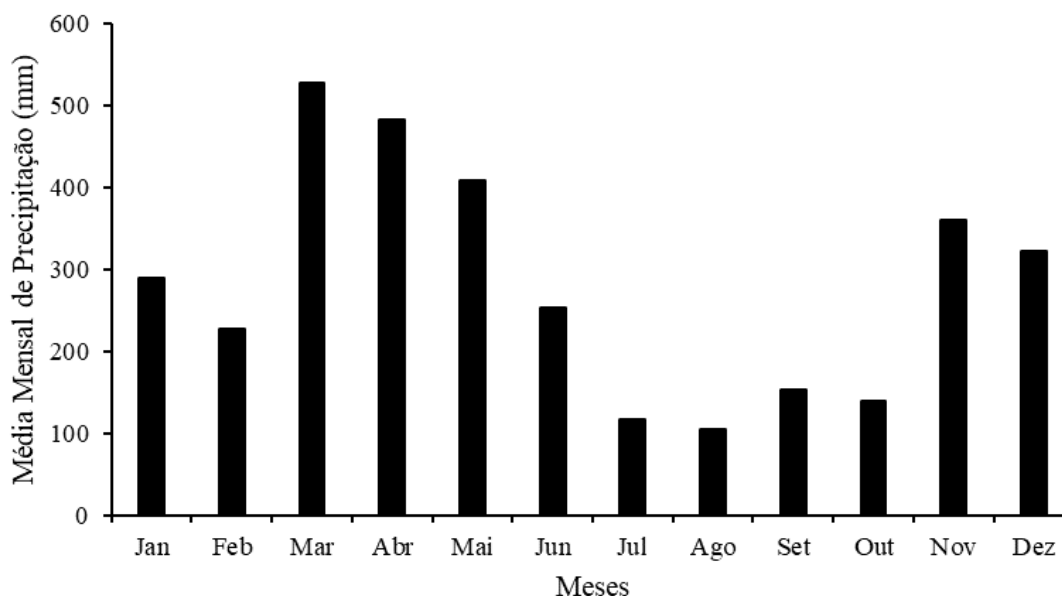


Figura 1. Variabilidade mensal pluviométrica: Estação Meteorológica de Belém.

Área de estudo

A MHRM (Figura 2), está localizada em Ananindeua, considerado o segundo município mais populoso da RMB e está integrado ao bioma Amazônia. A MHRM deságua no Furo Maguari, que é o local de “integração” entre o município de Ananindeua e a RMB (Rodrigues, 2017). Por isso ela sofre influência diretamente das marés que ocorrem no rio Guamá, sobretudo nas enchentes. Além disso, essa microbacia faz parte de um conjunto de rios de primeira ordem onde a

cobertura vegetal apresenta estágio significativo de desmatamento e o uso e ocupação do solo apresenta duas vertentes: cultivo agrícola e construção de empreendimentos.

É importante ressaltar que, o rio Maguari-Açu, objeto desse estudo, é considerado como classe 2. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), as águas doces são consideradas classe 2 até que seus enquadramentos respectivos sejam aprovados. Quanto a localização determinada por latitude e longitude, Rodrigues (2017), afirmam que este corpo hídrico se encontra

a 01° 23' 04, 128" de latitude Sul e 48° 24' 22, 037" de longitude Oeste de Greenwich no ponto da nascente e 01° 19' 0,081" de latitude Sul e 48° 23' 20,95" de longitude Oeste de Greenwich no ponto da foz. Quanto ao uso e ocupação do solo nessa microbacia Catalá e Carmo (2021), relatam que elas apresentam majoritariamente os chamados "aglomerados subnormais", ou seja, áreas urbanizadas com maior precariedade de condições socioeconômicas, demográficas, habitacionais e de infraestrutura urbana, portanto com acentuado índice de vulnerabilidade social. Além disso, o rio Maguari-Açu presta o serviço ecossistêmico de provisão, posto que, muitos moradores utilizam o rio como fonte de subsistência. Além disso, as águas deste rio podem ser usadas para o abastecimento humano desde que após tratamento convencional e recreação de contato primário.

Nestes aglomerados e ao sul desses município, nos bairros Cidade Nova e Icuí,

concentra-se a maioria dos 64,22 habitantes/há, bem como em áreas situadas às margens da Rodovia BR-316. Ao Norte dessa microbacia, encontra-se o chamado "Distrito Industrial de Ananindeua". Nele, estão localizadas as atividades industriais, além dos assentamentos sem infraestrutura urbana adequada, mas cujas extensões territoriais e alcançam parte da bacia do Macajutuba (Cruz, 2018). O abastecimento e distribuição de água tratada, nessas áreas, são garantidos pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Todavia, não atende a todos, tanto que a escavação de poços amazônicos, então denominados "cacimbas" ainda é frequente. Nestes casos, a vulnerabilidade de qualidade da água é elevada, em virtude do aumento da possibilidade de ocorrer poluição e/ou contaminação dessas águas (Silva, 2012).

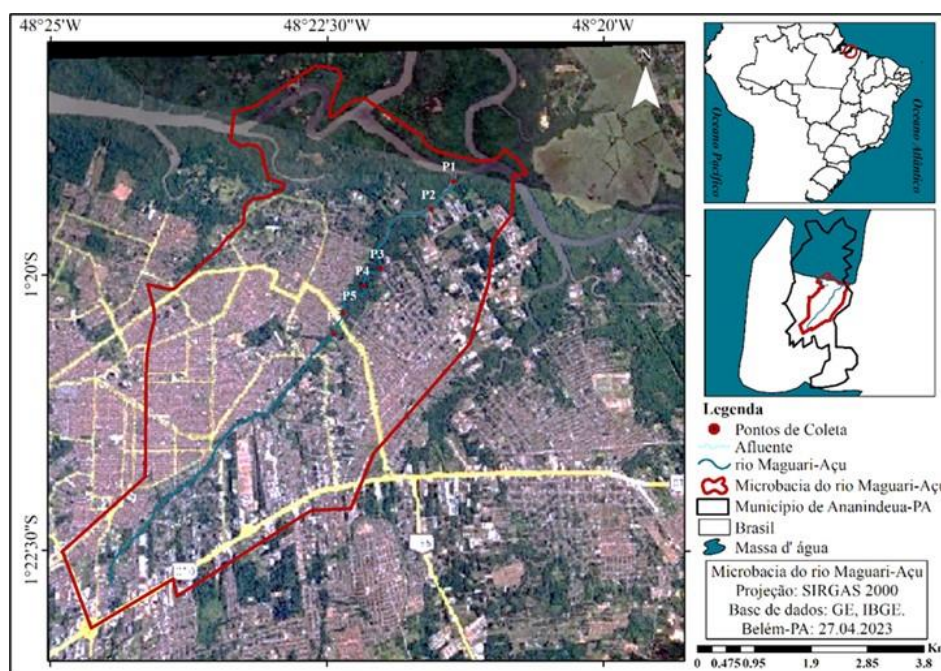


Figura 2. Mapa de localização da Microbacia Hidrográfica do Rio Maguari-Açu. Ananindeua, Belém-Pará e demarcação dos pontos de coleta.

Pontos de coleta

Sobre a quantidade de pontos, tomou-se como base, as pesquisas efetuadas por Silva (2012) e Rodrigues (2017), pois eles analisaram o mesmo corpo hídrico, mas somente à montante. Nesta pesquisa, a área de análise foi deslocada para jusante e, para ajustar-se ao objetivo adotou-se como prioridade: o uso e ocupação do solo e o

aglomerado populacional de maior e de menor intensidade populacional, mais e menos intenso, na extensão interpontos, nomeados no sentido foz-nascente, ou seja, de P1 a P6, tendo como distância entre pontos de 300m a 400m. A localização de cada ponto foi realizada com o uso do *Global Positioning System*, (GPS) que é o Sistema de Posicionamento Global (Quadro 1).

Quadro 1. Coordenadas geográfica dos locais de coleta na MHRM, Ananindeua-PA.

PONTOS DE COLETA	LATITUDE E LONGITUDE	JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA
P1	W: 48° 21' 20.1" S: 1° 19' 09.1"	Trecho em que a mata ciliar se encontra razoavelmente preservada
P2	W: 48° 21' 33.8" S: 1° 19' 29.1"	Perímetro com presença de atividades madeireiras que efetuam transporte e descarga de recursos madeiros florestais (fustes) via balsas.
P3	W: 48° 22' 00.1" S: 1° 20' 00.6"	Perímetro com presença de atividades madeireiras que efetuam transporte e descarga de recursos madeiros florestais (fustes) via balsas.
P4	W: 48° 22' 08.4" S: 1° 20' 11.4"	Área frontal ao <i>pier</i> de um condomínio residencial para verificar a ocorrência de alterações na qualidade da água advindas em decorrência da instalação desse empreendimento.
P5	W: 48° 22' 20.9" S: 1° 20' 18.4"	Parte posterior de um de um frigorífico. Local exala odor desagradável; a aparência da água superficial possivelmente comprometida por concentrações de sedimentos e substâncias poluentes.
P6	W: 48° 22' 21.6 S : 1° 20' 27.2"	Proximidades da avenida independência, para verificar a influência, mais especificamente do perímetro mais próximo as vias urbanas na qualidade da água.

Fonte: Autores (2022). * Legendas: W = Oeste; S = Sul.

Amostragens de água

Para a coleta de água foi adotado o padrão descrito em *Standard Methods for Water and Wastewater* (APHA, 2005). Quantitativamente, foram efetuadas duas amostragens, no período matutino (entre 08h a 11h) e períodos sazonais distintos: Coleta 1 (C1) menos chuvoso - 29 de setembro de 2022; coleta 2 (C2), início do período mais chuvoso - 21 de Dezembro de 2022. Ambas foram classificadas como simples, na qual a amostra (pontual ou instantânea) é coletada em uma única tomada, num instante definido, para a realização das determinações e ensaios. No que tange as condições climáticas apresentadas durante a primeira coleta (C1) observou-se que o clima se encontrava parcialmente nublado no momento da

baixa mar, sem chuva nas últimas 24h e durante a segunda coleta (C2) o clima também estava parcialmente nublado, com chuva intensa nas últimas 24h, na preia mar.

Para uma amostragem mais efetiva e com menor risco de contaminação das amostras, foram obedecidas as seguintes diretrizes (Cetesb, 2011): manutenção das distâncias da lâmina d'água (30 cm de profundidade); da margem (± 10 m). Foram coletadas amostra para análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e, seguida, foram armazenadas em caixas térmicas tipo *cooler* (V = 34L) e conduzidas ao Laboratório de Qualidade de Água da Amazônia (LabÁgua) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), devidamente identificadas.

Quanto às coletas e análises físico-químicas e microbiológicas, elas foram realizadas

em locais distintos, sendo eles *in sito* e *ex sito* (Quadro 2).

Quadro 2. Coletas e análises físico-químicas e microbiológicas e respectivas unidades.

Universidade do Estado do Pará (UEPA), localizado no Parque de Ciência e Tecnologia Guamá (PCT Guamá).

In sito		
Parâmetros Físico-químicos	Unidades	Instrumento utilizado
Temperatura da água superficial	(°C)	Termômetro de mercúrio
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Adimensional	Sonda multiparamétrica da marca HQ440d modelo HACH ¹
Condutividade elétrica (CE)	mS/cm ²	
Oxigênio dissolvido (OD),	mg/L.	
Sólidos totais dissolvidos (STD)	mg/L.	
Ex sito ²		
Turbidez	N.T.U.	Garrafas de polietileno (v = 1000 mL), esterilizadas em autoclave.
Cor verdadeira	PtCo	
Parâmetros microbiológicos		
Coliformes totais (CT)	N. M. P	Bolsas estéreis (v = 300 mL)
Coliformes termotolerantes (CTT)	N. M. P	
<i>Escherichia coli</i>	N. M. P	

Fonte: autores (2022). ¹devidamente calibrada e, a cada mensuração desses dados em cada ponto, fez-se a limpeza das sondas com água destilada, para evitar sobreposição de dados. ²Amostras conduzidas ao Laboratório de Qualidade da Água da Amazônia (LabÁgua) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), localizado no Parque de Ciência e Tecnologia Guamá (PCT Guamá).

As análises tiveram como comparativo a resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) para águas superficiais (Classe 2) e metodologias de análise

específicas para verificar a dinâmica de comportamento e a ocorrência de possíveis fontes de contaminação (Quadro 3).

Quadro 3. Metodologias de análises da água.

Parâmetros de qualidade da água	Métodos analíticos	Mínimo para detecção CONAMA 357/2005 classe II
FÍSICOS		
Temperatura (°C)	Termométrico	S.R
Condutividade elétrica (CE)	Eletrométrico	S.R
Cor verdadeira	Platina (Pt) e Cobalto (Co)	≤ 75 PtCo
Sólidos totais dissolvidos (STD)	Eletrométrico	≤ 500 mg/L
Turbidez	Nefelométrico	≤ 100 NTU
QUÍMICOS		
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Eletrométrico	6 a 9
Oxigênio dissolvido (OD)	Eletrométrico	≥ 5,0 mg/L
BIOLÓGICOS		
Coliformes totais (CT)	Substrato enzimático, cartela quantitray	S.R
Coliformes termotolerantes (CTT)	Substrato enzimático, cartela quantitray	1000 NMP/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Substrato enzimático com fluorescência, cartela quantitray	S.R

Fonte: Autores (2022). *S.R – Sem referência.

Análises efetuadas

Foram efetuadas análises *in situ* e *ex situ* para análise de qualidade da água e estatística dos dados obtidos (Quadro 4).

Na análise estatística dos dados obtidos, o teste de normalidade (Shapiro-Wilks) foi utilizada para identificar se a distribuição dos dados obtidos está bem modelada a uma distribuição normal; a homocedasticidade foi aplicado para verificar se as variâncias apresentam variância comum.

Quadro 4. Análises *in situ* e *ex situ* realizadas.

In situ			
QUALIDADE DA ÁGUA (FÍSICO-QUÍMICO)			
Parâmetros analisados	Instrumento utilizado	Marca	Modelo
Temperatura (°C)	Termômetro com coluna de mercúrio	HG	G7399043
OD, pH, CE e STD	Sonda multiparamétrica	HAC	HQ40d
Ex situ			
Turbidez	Turbidímetro	HACH	2100 Qis
Cor verdadeira, via Método NCASI 253	Filtração: Kitassato; membrana de 47 mm x 0,454 μ	Observações: pH ajustado quando houve necessidade para 7,6, com aplicação de 1N de NaOH/1N de HCl, antes da filtração.	
	Leitura: espectrofotômetro	HACH DR 390	
MICROBIOLÓGICA			
Etapas	Ações		
1 - Diluição das amostras	Diluição de 10 ¹ onde foram utilizados 90 mL de água ultrapura para 10 mL de água da amostra a ser analisada		
2 – Adição de reagentes	Enzima substrato para a detecção e quantificação de coliformes e <i>E. coli</i> .		
3 – Análise quantitativa	Deposição do material em cartelas devidamente identificadas		
4 – Incubação em estufas	As cartelas para análise de coliformes totais e <i>E. coli</i> . ficaram na estufa a 35°C durante 24h, e as de termotolerantes, foram incubadas a temperatura de 44,5° C por 24h em banho maria.		
5 – Leitura das cartelas	Coliformes totais, Coliformes Termotolerantes e <i>E. coli</i> .		
ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS OBTIDOS			
Software utilizado	Versão/ano	Cálculos efetuados	
Minitab	18.1/2017	Testes de normalidade, homocedasticidade ¹ , Análise Multivariada, Componentes Principais (ACP) e a Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH).	

Fonte: Autores (2022). ¹Os valores obtidos foram comparados com os contidos na Resolução CONAMA n. 357/2005.

O uso da Análise multivariada (Pearson, 2010) justifica-se pelo fato de que fornece resultados que não podem ser obtidos através da análise univariada, que considera apenas uma variável por vez. Além disso: 1) ajuda a reduzir a dimensionalidade dos dados, 2) facilita a visualização dos resultados, 3) mantém apenas as informações relevantes e, 4) elimina aquelas que são redundantes ou irrelevantes (Maia; Silva e Libânio, 2019).

O teste incluiu a Análise de Componentes Principais (ACP), foi aplicado para identificar, dentre as inúmeras variáveis analisadas, aquelas que compõem o grupo “principal”, onde a perda de dados e informações relevantes é minimizada (Varela, 2008). Finalmente, a Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH) com o propósito de agrupar as amostras com base nas distâncias inter pontos (Oliveira, 2021).

Resultados e discussão

Qualidades físico-química das águas da MHRM

Os dados obtidos e analisados indicaram que dos 7 parâmetros físico-químicos de qualidade da água, apenas três deles: condutividade elétrica

(CE), oxigênio dissolvido (OD), e sólidos totais dissolvidos (STD), mostraram não conformidade com os valores estabelecidos na resolução CONAMA 357 (Tabela 1).

Tabela 1. Três parâmetros de qualidade da água em não conformidade com a Resolução CONAMA 357. Ananindeua, Pará.

	Condutividade Elétrica (CE)		Oxigênio Dissolvido (OD)		Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	
	(µS/cm)		----- mg/L ----- -----			
Pontos analisados	PMnC*	PmaC*	PMnC	PMaC	PMnC	PMaC
P1	1.057	233	6.19	6,3	522	1.212
P2	866	238	5.27	7.15	424	1.193
P3	403	1.894	2.54	6.7	193.4	941
P4	434	1.380	2.81	5.64	207.3	686
P5	266	1.086	2.62	4.17	126.8	538
P6	236	855	5,25	5.96	112.7	420
$\bar{x}$	534,6	947,6	4.11	5.98	264.36	832.16
CETESB	< 100µS/cm		--	--	--	--
Resolução CONAMA 357	--	--	(≥ 5mg/L).		Até 500mg/L	

Fonte: Autores (2022). *PMnC: Período Menos Chuvoso; PmaC: Período Mais Chuvoso. *Na cor vermelha os dados em desconformidade.

Condutividade elétrica

Na Tabela 1, observou-se que o parâmetro CE, em todos os pontos amostrados, os valores obtidos em cada um deles, foram superiores ao estipulado pela Cetesb (2011). Em termos de valores médios, o PmaC ($\bar{x}$ = 947,6), foi superior ao PMnC ($\bar{x}$ = 534,6). Vale ressaltar que, P1 apresenta mata ciliar razoavelmente conservada; P3 (madeireira), P4 (píer do condomínio residencial) e P5 (Frigorífico), apresentam áreas altamente urbanizadas, sem a devida infraestrutura de saneamento básico, e que contribuem para o despejo de efluentes e dejetos no rio Maguari-Açu, o que contribuiu para elevação da CE.

Tais observações corroboram com o trabalho de Arcos e Cunha (2021), que analisaram as águas superficiais de um afluente do rio Solimões na Amazônia, incluindo o trecho localizado em área urbana no qual os pesquisadores constataram um aumento da CE nas áreas urbanas e periurbanas, demonstrando a poluição do rio. Para Von Sperling (2007), quando se analisa a chamada “água natural”, os valores para CE situam-se entre 10 e 100 μS/cm. O autor ainda afirma que quando estas águas são influenciadas por dejetos, o valor se eleva e pode chegar a 1000 μS/cm. De acordo com o exposto pela Cetesb (2011), as concentrações acima de 100μS/cm,

geralmente indicam ambientes impactados por atividades antrópicas.

Outro fator que pode contribuir para a alteração deste parâmetro refere-se à ausência de redes de esgoto nessa área, o que corrobora para que a população realize o despejo de seus esgotos em alternativas como as fossas negras, na própria rede de drenagem ou diretamente no rio em estudo. Sobre isso, é importante reforçar que a falta de acesso igualitário a saneamento básico, juntamente com a alta densidade populacional, amplia a exclusão das pessoas na ocupação do espaço urbano (Guedes et al., 2023).

Oxigênio Dissolvido (OD)

A análise dos dados obtidos para OD, indicou que, no PMnC, maior concentração na água no P1 (6,19 mg/L) e menor concentração pontos P3 (2,54 mg/L), P4 (2,81 mg/L) e P5 (2,62 mg/L) respectivamente, esses três últimos estando em desconformidade com o padrão (≥ 5 mg/L). No período mais chuvoso observou-se um maior nível do OD no P2 (7,15 mg/L) e menor nível no P5 (4,17 mg/L) este último foi o único ponto que apresentou desconformidade com a resolução CONAMA 357, Classe 2. O valor médio de oxigênio dissolvido foi de ($\bar{x} = 4,11$ mg/L no período menos chuvoso e ($\bar{x} = 5,98$ mg/L) no período mais chuvoso.

Os valores em não conformidade indicam que pode estar ocorrendo a entrada de carga orgânica, provavelmente oriundas de efluentes domésticos e/ou dos empreendimentos comerciais e industriais, além do escoamento superficial da bacia de drenagem, pois o município de Ananindeua não dispõe de redes de esgoto de modo que a população acaba por utilizar as redes de drenagem para o despejo do seu esgoto o que contribui para a distribuição de material orgânico no corpo hídrico.

O único ponto que no período chuvoso permaneceu fora dos padrões estabelecido, (P4) localiza-se na parte posterior a um frigorífico. Nesse sentido, infere-se que neste ponto pode estar ocorrendo um maior aporte de matéria orgânica, pois segundo Von Sperling (2014) durante o processo de estabilização do material orgânico, as bactérias fazem uso da concentração de oxigênio dissolvido no meio. A ausência deste parâmetro de grande relevância nos corpos d'água pode provocar a morte de peixes e outros seres aquáticos, além de provocar a geração de maus odores, o que já foi

observado no momento da visita em campo. Braga et al. (2022) após avaliarem a qualidade da água no rio Murinim (Extremo Leste Amazônico), reforçaram que a elevação das concentrações de OD estão relacionadas aos despejos de produtos oriundos de esgotos domésticos e não são facilmente biodegradáveis no meio ambiente.

Sólidos totais dissolvidos

Os dados obtidos e analisados para STD, indicaram que, o valor da média PMaC ($\bar{x} = 832,16$), foi quase 400% a mais quando comparado ao valor da média no PMnC ($\bar{x} = 264,36$). Embora não seja objeto dessa pesquisa, mas as taxas de precipitação podem ter sido elevadas, o que ocasionou maior carreamento de partículas do solo para o interior do rio em estudo. Outra possível explicação é quanto à velocidade, sentido e direção dos ventos em locais onde a cobertura vegetal foi diminuída, e as instalações quanto a pavimentação, unidades arquitetônicas e outras ações que promovam a urbanização.

Acerca dessa urbanização, Ladwig e Castanhel (2022), analisaram áreas de preservação permanentes em Santa Catarina e concluíram que houve mudanças nas margens dos corpos hídricos ocasionadas pelo avanço da expansão urbana. Segundo Oliveira et al. (2021), a expansão urbana gera atividades antrópicas como ser o despejo de lixo e esgotamento sanitário no rio este último em decorrência da precariedade nos serviços de saneamento. Consequentemente, estas ações provocam a alteração desse parâmetro, pois podem influenciar significativamente o aumento da presença de sólidos na água, como se observou nesta pesquisa.

Qualidade microbiológica das águas da MHRM

A análise dos dados obtidos para coliformes totais em todos os pontos registraram tanto no período menos chuvoso (PMnC) quanto no mais chuvoso (PMaC) valores acima do limite máximo aceitável (1.000 NMP/100 mL) e, na maioria verificou-se valores acima do limite quantificável: 24.196 NMP/100mL. Para Coliformes Termotolerantes, no PMnC, em P3, P4, P5, e P6, esse quantitativo foi mantido, bem como em P5 e P6 no PMaC, o mesmo ocorreu com *E. coli*. (Tabela 2).

Tabela 2. Análises microbiológicas da água superficial do rio Maguari-Açu, Ananindeua, Pará.

Pontos analisados	Análises Microbiológicas					
	Coliformes termotolerantes (CTT)					
	CONAMA 357= 1000/100 mL (80% ou mais das amostras)					
	Coliformes Totais		Coliformes Termotolerantes		<i>Escherichia coli</i>	
	PMnC	PMaC	PMnC	PMaC	PMnC	PMaC
P1	24.196	24.196	512	890	932	457
P2	24.196	19.863	5.172	750	4.611	246
P3	24.196	24.196	24.196	16.488	24.196	11.119
P4	24.196	24.196	24.196	14.352	24.196	12.997
P5	24.196	24.196	24.196	24.196	24.196	24.196
P6	24.196	24.196	24.196	24.196	24.196	24.196

Fonte: Autores (2022). *Na cor vermelha os dados em desconformidade.

A análise microbiológica da qualidade da água da microbacia do rio Maguari-Açu reflete a precariedade dos serviços de saneamento no município, além da falta de sensibilidade ambiental por parte da população em não contribuir para a conservação dos recursos ambientais localizados na área urbana. Os coliformes totais, amplo grupo de organismos, é considerado um indicador não confiável para a contaminação fecal justamente por abranger bactérias de origem fecal e não fecal (Monte et al., 2021). Nos trabalhos de Costa et al. (2021), Fonseca e Gontijo (2021) e Monte et al. (2021) foi possível observar resultados semelhantes por se tratar de bacias urbanas em municípios com deficiência nos serviços de saneamento.

O parâmetro coliformes termotolerantes no PMnC demonstrou que P1 (512 NMP/100 mL) apresentou valor dentro do limite aceito pelo CONAMA N° 357 (Brasil, 2005), classe 2 e nos demais pontos (P2, P3, P4, P5 e P6) verificou-se desconformidade com o limite estabelecido (1.000 NMP/100 mL). No PMaC foi observado que dois pontos P1(457 NMP/100 mL) e P2 (264 NMP/100 mL) respectivamente, apresentaram valores dentro do padrão estabelecido e os demais pontos (P3, P4, P5 e P6) demonstraram estar em desconformidade com a legislação.

Nos resultados obtidos para o parâmetro *E. coli* no período menos chuvoso foi possível observar que o P1 (932 NMP/100 mL) registrou valor abaixo de 1.000 NMP/100 mL e os demais pontos apresentaram valores superiores. Enquanto no período mais chuvoso verificou-se que em dois

pontos P1 (457 NMP/100 mL) e P2 (246 NMP/100 mL) os valores obtidos foram menores que 1.000 NMP/100 mL. Os demais pontos registraram valores acima, ou seja, em desconformidade com o padrão aceitável.

Esse resultado é de grande relevância pois revela o reflexo da precariedade nos serviços de saneamento disponível no município de Ananindeua. Os trabalhos de Silva et al. (2022), Jesus et al. (2019) e Callisto et al. (2021) apresentaram resultados semelhantes com o do presente estudo para a variável *E. coli*. Esses autores constaram que as condições sanitárias dos municípios influenciaram na qualidade da água dos mananciais. Nas cidades estudadas, assim, como Ananindeua, os serviços de coleta, transporte e tratamento de esgoto não estavam sendo eficientes.

Recentemente, Papadaki, Legogiannis e Dimitriou (2023) observaram que rios urbanos com presença de indústrias voltadas a produtos agrícolas sofreram aumento considerável de *E. coli*., no qual alegaram estar correlacionado com a concentração de OD detectada. No caso de um estudo feito em uma bacia hidrográfica no interior de São Paulo, fatores relacionados a atividades agropecuárias contribuíram para o aumento dos coliformes termotolerantes (Silva et al., 2022).

Estatística Multivariada

Sobre a análise referente ao PMnC, identificou-se a homogeneidade, com o uso do dendrograma, entre os seis pontos analisados a partir da hierarquia (Figura 5a), foram obtidos quatro grupos: P1-P2 ($\approx 40\%$); P3 ($\approx 45\%$); P4 ($\approx$;

50%); P5-P6 ($\approx 70\%$). Na identificação do Componentes Principais (Figura 5b), foi observada uma variação igual a 81,4% do total de dados testados, onde: CP1 elucidou 69,1% e a CP2 12,3%, ou seja, apresentou um reflexo aceitável da variância original.

Rodrigues-Filho et al. (2015) em seus estudos utilizaram a ACP para analisar a qualidade

da água do rio Xingu e suas desconformidades, no qual foram constatados que nos pontos marcados por alterações na paisagem natural houve aumento de concentração de *E. coli*. E redução nos níveis de OD.

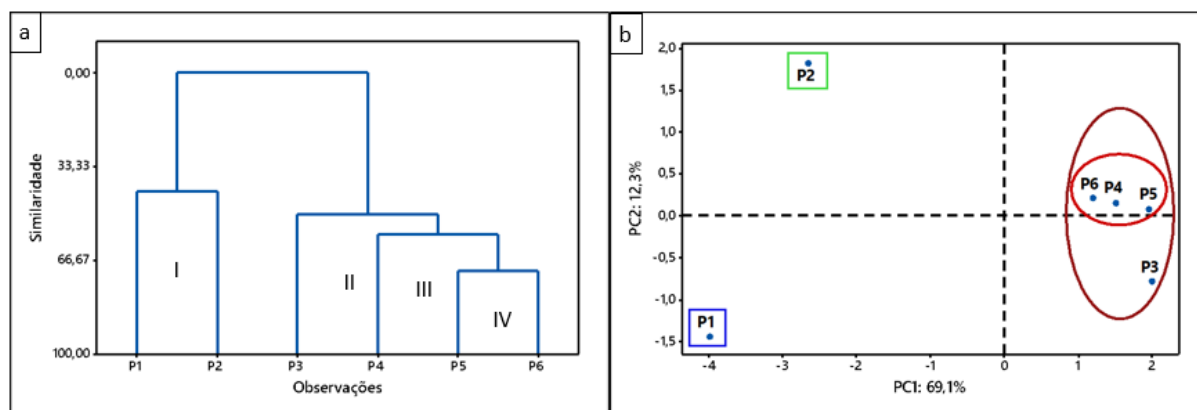


Figura 5. a) Dendrograma e a similaridade entre as amostras; b) Análise dos componentes principais nos seis pontos analisados. Ananindeua, Pará.

Os dados obtidos e analisados indicaram que, na 1ª campanha, os pontos P3 e P4 apresentaram maiores semelhanças entre si e proximidade com o ponto P5, visto que esses três pontos expressaram maiores valores de coliformes termotolerantes aliado a menores valores de OD. Tal resultado vai de encontro com o observado *in loco*, ou seja, uma área significativamente adensada, com ausência de cobertura florestal, com presença de empreendimentos comerciais como madeireiras e condomínios residenciais. Além

disso, por serem pontos com muita presença da urbanização em uma área carente de saneamento, infere-se que tais fatores podem estar contribuindo significativamente para essa alteração.

No que se refere a PMaC, a análise dos dados obtidos indicou que houve a formação de quatro grupos (Figura 6a) nas amostras coletadas: P1 ($\approx 35\%$); P3; P4 ($\approx 67\%$); P5; P6 ($\approx 50\%$); P2 ($\approx 1\%$). Para a ACP, a variação foi igual a 83,4%: CP1 = 59,3%; CP 2 = 24,1% (Figura 6b).

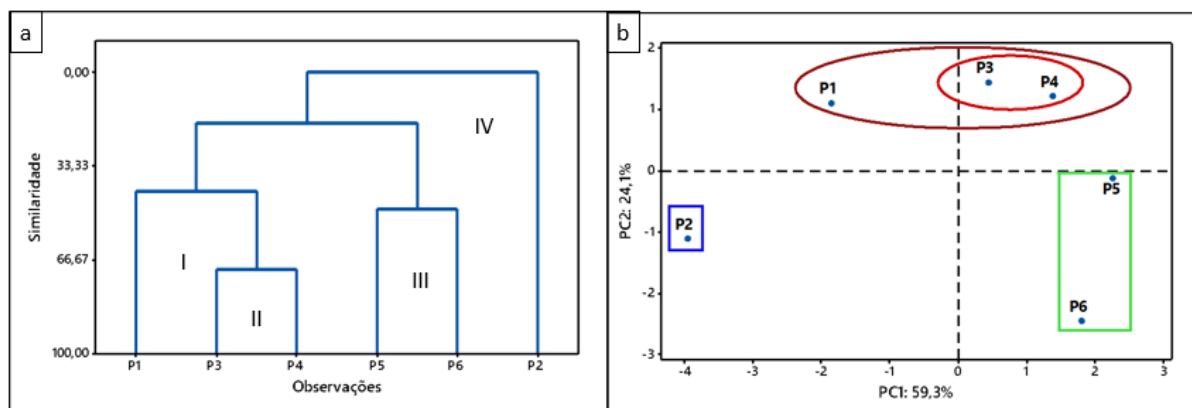


Figura 6. a) Dendrograma e a similaridade entre as amostras dos seis pontos coletados; b) Análise dos componentes principais, ambos no Período Mais Chuvoso (PMaC). Ananindeua, PA.

A análise dos dados para PMaC, indicou que os pontos P4 e P5 apresentaram maiores semelhanças entre si e proximidade com o ponto P6, justamente os pontos que ficam mais próximos ao centro urbano de distrito industrial, bairro em que fica localizada a microbacia. Esses três pontos apresentaram resultados próximos para as variáveis microbiológicas e de oxigênio dissolvido, ou seja, tal resultado evidencia que os referidos pontos apresentados podem estar recebendo esgoto in natura. Ademais, observou-se baixa similaridade do ponto P2 com os demais pontos, visto que este encontra-se mais próximo do trecho mais razoavelmente preservado, ou seja, presume-se que a presença de interferências antrópicas nesse trecho resulte em uma menor incidência de concentração de poluentes.

Portanto, quando se altera a paisagem natural, especialmente em áreas protegidas como a vegetação ripária, aumenta o risco de modificar os padrões de qualidade da água naturais (Valera et al., 2019). Este cenário pode provocar sérias consequências socioambientais como o desenvolvimento de doenças relacionadas ao consumo de águas contaminadas, como foi em localidades na região do Baixo Amazonas (Meschede et al., 2018).

Conclusão

Os valores para três parâmetros físicos: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos indicaram não conformidade com o estabelecido pela CETESB, o que indica perda da qualidade da água por ação antrópica.

Quanto as variáveis químicas, pH e OD, os valores obtidos indicaram que, independentemente do período analisado, a qualidade da água. Isso permitiu concluir que há efluentes domésticos transportando cargas orgânicas até o rio Maguari-Açu. Quanto aos parâmetros microbiológicos, seja, para CT, CTT e *E. coli*, todos os valores obtidos foram acima do permitido em corpos hídricos pela legislação brasileira, em ambos os períodos analisados, o que confirma a contaminação microbiológica desse rio.

Os dados aqui gerados podem ser utilizados para realização de monitoramento e comparação com os valores obtidos para verificação das tendências evolutivas ou regressivas, além de permitir armazenamento em um banco de dados.

Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do estado do Pará (UEPA). Laboratório de Qualidade de Água da Amazônia (LabÁgua).

Referências

- Alves, R. I. S., Machado, C. S., Beda, C. F., Fregonesi, B. M., Nadal, M., Sierra, J., Domingo, J. L., Segura-Munoz, S. I., 2018. Water Quality Assessment of the Pardo River Basin, Brazil: A Multivariate Approach Using Limnological Parameters, Metal Concentrations, and Indicator Bacteria. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 75 (2), 199-212. <https://doi.org/10.1007/s00244-017-0493-7>.
- American Public Health Association (APHA); American water works association (awwa); Water Environment Federation (WEF). 2005 Washington, D. C.: American Public Health Association. (Acessado em 09 de maio de 2023) em: American Public Health Association - For Science. For action. For health. (apha.org).
- Araújo, L. F., Camargo, F. P., Netto, A. T., Vernin, N. S., Andrade, R. C., 2022. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. *Ciência & Saúde Coletiva* 27 (7), 2935-2947.
- Braga, F. H. R., Dutra, M. L. S., Lima, N. S., Silva, G. M., Miranda, R. C. M., Firmo, W. C. A., Moura, A. R. L., Monteiro, A. S., Silva, L. C. N., Silva, D. F., Silva, M. R. C., 2022. Study of the influence of physicochemical parameters on the Water Quality Index (WQI) in the Maranhão Amazon, Brazil. *Water*, 14 (10), 1-13.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 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. Brasília: DOU, 2005.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm. Acesso em: 09 set. 2022.

- Callisto, M. R., Macedo, D. B. M., Alves, C. B., Golgher, A. U., Agra, J., Magalhães, S. S., Costa, I., 2021. Avaliação Ecológica Rápida de qualidade de água no rio das Velhas. *Revista Espinhaço* 10 (2), 1-23.
- Castro, C. N. 2022. Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica. Rio de Janeiro: IPEA, p. 86.
- Castro, R. M., Marcionilio, S. M. L. O., Morais, W. A., Alves, W. S., Oliveira, L. D., Teixeira, M. B., Oliveira, D. M. S., 2023. Spatialtemporal analysis of water quality indicators in a watershed in Brazilian Cerrado. *Water Supply*, 23 (3), 1161-1176.
- Arcos, N. A.; Cunha, B. H. Avaliação dos impactos da poluição nas águas superficiais de um afluente do rio Solimões na Amazônia central brasileira. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 22, n. 80, p. 01–14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG228053079>
- Catalá, L. S., Carmo, R. L., 2021. O conceito de aglomerado subnormal do IBGE e a precariedade dos serviços básicos de infraestrutura urbana. *R. bras. Est. Pop.* 38, 1-4. <https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0154>.
- Cetesb. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- Costa, K. A., Col, A. D., Ventura, A. C. T., Gummy, M. N., Weinert, P. L., Scheffer, E. W. O., 2021. Influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso. *Brazilian Journal of Development* 7 (2), 19889-19907.
- Cruz, C. C. C. S., 2018. Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas da região metropolitana de Belém: uma análise urbanístico-ambiental. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós - Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belém.
- Fonseca, A. R., Gontijo, R. A., 2021. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade microbiológica das águas em nascentes da área urbana de Santo Antônio do Monte - MG. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade* 10 (20), 87–101. <https://doi.org/10.22292/mas.v10i20.966>.
- Gomes, A. S. 2021. Urbanização e impactos em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Curu em Canindé – CE. Centro Universitário Christus, Fortaleza, 74.
- Guedes, W. P., Sugahara, C. R., & Ferreira, D. H. L. . 2023. Retrato do saneamento básico das bacias pcj: uma proposta de classificação dos municípios. *Nativa*, 11(1), 10–20. <https://doi.org/10.31413/nativa.v11i1.14353>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/anandindeu_a/panorama. Acesso: 09/09/22.
- Instituto Terra Brasil, 2022. São Paulo. Disponível: https://tratabrasil.org.br/wpcontent/uploads/2022/09/Relatorio_do_RS_2022.pdf. Acesso: 09/09/2022.
- Ladwig, N., Castanhel, L. A. D., 2022. A urbanização das áreas de preservação permanente de rios e seus reflexos jurídicos. *Acta Ambiental Catarinense – Unochapecó*. DOI: <https://doi.org/10.24021/raac.v19i2.6010>
- Jesus, V. C., Barreto, H. N., Bezerra, A. R., Amador, R. B., 2019. Avaliação da qualidade da água superficial em bacias urbanas da Ilha do Maranhão. *Revista de Geociências do Nordeste* 5, 54-72. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n0ID18455>.
- Lages, A. S., Miranda, S. A. F., Ferreira, P. R. G., Mota, F. A. C., Conceição, A. C., Rosa, A. F., Ferreira, S. J. F., Silva, M. L., 2023. Índice de Qualidade de Água (IQA) para ambientes amazônicos usando estatística multivariada. *Peer Review*, 5 (11), 306-323.
- Maia, K. P., Silva, G.A., Libânio, M. L., 2019. Aplicação de análise multivariada no estudo da frequência de amostragem e do número de estações de monitoramento de qualidade da água. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 24 (5), 1013-1025. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019175743>.
- Meschede, M. S. C., Figueiredo, B. R., Alves, R. I. S., Segura-Muñoz, S. I. 2023. Drinking water quality in schools of the Santarém region, Amazon, Brazil and health implications for school children. *Ambiente & Água*, 13 (6), 1-19.
- Monte, C. N., Rodrigues, A. P. C., Macedo, S., Régis, C., Saldanha, E. C., Ribeiro, A. C., Machado, W.A., 2021. Influência antrópica na qualidade da água do rio Tapajós, na cidade de Santarém-PA. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14 (6), 3695-3710. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.6.p36953710>
- Naqash, M. T., Syed, T. A., Alqahtani, S., Alzahrani, M. S. A., Nauman, M., 2023. A blockchain based framework for efficient water

- management and leakage detection in urban areas. *Urban Science*, 7 (4).
- Nawaz, R., Nasim, I., Irfam, A., Islam, A., Naeem, A., Ghani, N., Irshad, M. A., Lafit, M., Nisa, B. N., Ullah, R., 2023. Water quality index and human health risk assessment os drinking water in selected urban areas of a mega city. *Toxics*, 11.
- Oliveira E. G., Albuquerque, A. R. C., Plácido Júnior, C. G. 2023. Vulnerabilidade ambiental e qualidade da água na rede de drenagem fronteira das cidades de Tabatinga Amazonas. (BRASIL) – e Letícia – Amazonas (Colômbia). *Verde Grande*, 5, 2, 444-468.
- Oliveira, E. G., Albuquerque, A. R. C. Qualidade da água no arco noroeste da tríplice fronteira amazônica. In: Nogueira, A.R.B., Fortes, M. R., Albuquerque, A.R. C. 2022. Espaços de diálogos em Geografia para entender lugares e paisagens. Manaus: Alexa Cultural, p. 53-66.
- Oliveira, W., Bampi, A. C., Silva, R. M. 2021. Problemas socioambientais em pequena cidade e implicações à comunidade local: estudo da cidade de Jauru/MT. *Revista Equador (UFPI)*, Vol. 10, N° 2. DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v10i2.12703>
- Oliveira, P. M. R., 2021. Agrupamento hierárquico (hierarchical Clustering). Disponível: <https://edu.taugc.com/blog/agrupamento-hierarquico-hierarchical-clustering/>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- Papadaki, C., Legogiannis, S., Dimitriou, E., 2023. Preliminary analysis of the water quality status in an urban Mediterranean river. *Applied Sciences*, 13 (11), 1-15.
- Pearson, K. F. R. S. L., 2010. On lines and planes closet fit so system of points in space. *Philosophical Magazine and Journal of Science* 2 (1), 559-572. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14786440109462720>. Acessado em 10 mai. 2023.
- Ribeiro, E. S., Raad, S. M., Castro, R. J., Costa, R. R. S., Barbosa, G. T. S., Carneiro, F. S., D'arace, L. M. B., Maestri, M. P., 2021. Mapeamento da distribuição espacial da cobertura vegetal no município de Ananindeua/PA. *Nature and Conservation* 14 (2), 66-72. <https://doi.org/10.6008/CBPC23182881.2021.02.0007>.
- Rodrigues-Filho, J. L., Abe, D. S., Gatti-Junior, P., Medeiros, G. R., Degani, R. M., Blanco, F. P., Faria, C. R. L., Campanelli, L., Soares, F. S., Sidagis-Galli, C. V., Teixeira-Silva, V., Tundisi, J. E. M., Matsmura-Tundisi, T., Tundisi, J. G., 2015. Spatial patterns of water quality in Xingu river Basin (Amazonia) prior to the Belo Monte dam impoundment. *Brazilian Journal of Biology*, 75 (3), 34-46.
- Rodrigues, G., 2017. Estudo da dinâmica da paisagem da sub bacia do rio Maguari-açu - utilizando a metodologia PEIR. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Silva, B. A., Souza, E. D., Silva, L. A., Bertoldo, P. C., Santos, T. M., Peres, W. L. R., 2018a. As dez piores cidades em saneamento básico no Brasil. *Psicologia e Saúde Em Debate* 4(Sup.), 48-48.
- Silva, T. A., Duarte, M. L., Coelho, C. M. P., Guandique, M. E. G., Costa, H. S., 2022. Uso da terra e sua influência na qualidade da água em uma represa de abastecimento de água no município de Sorocaba-SP. *Revista do Departamento de Geografia*, 42, 1-16.
- Silva, V. M., 2012. Fundamentos para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos na microbacia urbana do rio Maguari-Açu com vistas à sustentabilidade hidroambiental. Tese (doutorado em geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém.
- Silva, T. S. M.; Abrantes, J. A.; Ramos, T. M. V. R.; Silva, E. N. C.; Nogueira, J. M. R. 2022. Perfil de sensibilidade aos antimicrobianos das cepas de *Escherichia coli* isoladas de amostras de águas superficiais do Rio Carioca-RJ, Brasil. *Eng Sanit Ambient* | v.27 n.4 | 673-682. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200405>
- Varela, C. A. C., 2008. Análise dos componentes principais. Seropedica: UFFRJ, 2008.
- Pacheco, C. S. G. R., Pereira, S. Y. R., & dos Santos, R. P., 2021. A geomorfologia e sua relevância para análises das implicações socioambientais nos territórios fluviais urbanos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(1), 547–563. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-047>
- Vieira, I. F. B., Rolim Neto, F. C., Carvalho, M. N., Caldas, A. M., Costa, R. C. A., Silva, K. S., Parahyba, R. B. V., Pacheco, F. A. L., Fernandes, L. F. S., Pissarra, T. C. T., 2020. Water security assessment of groundwater

quality in an anthropized rural area from the Atlantic forest biome in Brazil. *Water*, 12 (3), 1-18.

Loftus, A. J.; Sousa, A. C. A. de. 2021. (In) segurança hídrica: garantindo o direito à água .GEOUSP Espaço e Tempo (Online),[S. l.], v. 25, n. 2, p. e-182666, DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2021.182666.

Von Sperling, M., 2007. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA; Universidade Federal de Minas Gerais.

Von Sperling, M., 2014. Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos. 4 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.