UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TARUMÃ-AÇU POR MEIO DE ANÁLISES MULTIVARIADAS E APLICAÇÃO DO $IQA_{GP\text{-}QAT}$

MESSIAS DIAS CLARINDO

Manaus-AM
2025

MESSIAS DIAS CLARINDO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TARUMÃ-AÇU POR MEIO DE ANÁLISES MULTIVARIADAS E APLICAÇÃO DO $IQA_{GP\text{-}QAT}$

Orientador: Prof. Dr. Sergio Duvoisin Junior
Coorientadora: Prof. Dra. Carla Estefani Batista

Projeto de dissertação apresentado ao programa de pós-graduação em Clima e Ambiente do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Clima e Ambiente.

Manaus-AM
2025

Catalogação na Publicação (CIP-Brasil)

C591a Clarindo, Messias Dias
Avaliação da qualidade da água do rio Tarumã-Açu por meio de análises multivariadas e aplicação do IQAGP-QAT. / Messias Dias Clarindo; orientador Sergio Duvoisin Junior; coorientadora Carla Estefani Batista. - Manaus : [s.l.], 2025.

14,0 mb
160 p. : il. color.

Dissertação (Doutorado - Programa em Clima e Ambiente) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2025.

1. Rio Tarumã-Açu. 2. Qualidade da Água. 3. Nível do Rio. I. Duvoisin Junior, Sergio. II. Batista, Carla Estefani. III. Título.

CDD 363.7394

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA E UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS.

Aos 10 dias do mês de março do ano de 2025, às 08:30 horas, de forma síncrona e remota, reuniu-se a Comissão Julgadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Sergio Duvoisin Junior (Presidente), o Prof. Dr. Rodrigo Augusto Ferreira de Souza (UEA) e o Prof. Dr. Nélio Teixeira Machado (UFPA), tendo como suplentes a Profa. Dra. Cristine Machado (UFAM), sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a avaliação pública do trabalho de Dissertação de Mestrado de **Messias Dias Clarindo,** intitulado: **"AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TARUMÃ-AÇU POR MEIO DE ANÁLISES MULTIVARIADAS E APLICAÇÃO DO IQAGP-QAT",** orientado pelo Prof. Dr. Sergio Duvoisin Junior (UEA) e coorientado pela Profa. Dra. Carla Estefani Batista.

O Presidente da Comissão Julgadora deu início à seção e informou os procedimentos do exame. O aluno fez a exposição do seu trabalho que foi avaliado pelos membros da Comissão Julgadora de Defesa Pública. A Comissão Julgadora, então, se reuniu e os membros emitiram os seguintes pareceres:

Nome	Parecer	
Dr. Sergio Duvoisin Junior	(x) Aprovado ( ) Reprovado	gov.br Documento assinado digitalmente SERGIO DUVOISIN JUNIOR Data: 13/03/2025 08:44:01-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dr. Rodrigo Augusto Ferreira de Souza	(X) Aprovado ( ) Reprovado	Rodrigo Souza
Dr. Nélio Teixeira Machado	(X) Aprovado ( ) Reprovado	gov.br Documento assinado digitalmente NELIO TEIXEIRA MACHADO Data: 13/03/2025 08:28:47-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br

Nada mais havendo a relatar, foi lavrada a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Julgadora.

AGRADECIMENTOS

Este momento marca a conclusão de uma jornada desafiadora e enriquecedora, que não teria sido possível sem o apoio e incentivo de diversas pessoas. Por isso, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por estar sempre ao meu lado me dando força, proteção e sabedoria durante toda a trajetória do mestrado, com ele foi fácil superar os obstáculos que surgiram ao longo deste caminho.

Aos meus familiares, em especial ao meu admirado pai Daucir de Souza Clarindo e a minha amada mãe Gelcilene Dias Clarindo, por todo apoio e incentivo incondicional, compreensão nos momentos de dedicação exclusiva a este trabalho. Vocês são minha inspiração.

Aos meus orientadores, pelo conhecimento compartilhado, paciência e dedicação em guiar este trabalho com excelência. Suas críticas construtivas, investimento e incentivo foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos técnicos, alunos de iniciação científica e demais integrantes do grupo QAT, que forneceram ajuda nas análises, tanto no laboratório quanto no campo.

Ao CLIAMB pela oportunidade de cursar o mestrado e aos demais professores do programa de pós-graduação que me receberam com cortesia. Aos colegas e amigos da EST, pelo companheirismo, troca de ideias e momentos de descontração que tornaram esta jornada mais leve e significativa. A CAPES pelo apoio financeiro.

Por fim, agradeço aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e contribuições valiosas, que certamente enriquecem este estudo.

RESUMO

A água é um recurso essencial para a vida. Entretanto, devido ao avanço da urbanização e atividades próximas aos rios e lagos, são alvos de contaminação, seja por descartes inadequados de resíduos, efluentes industriais e/ou domésticos, além de obras sem comprometimento com a preservação ambiental dos recursos hídricos. A bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu, localizada na cidade de Manaus-AM, é reflexo desse contexto. O monitoramento da qualidade da água nessa região se faz necessário, e para isso, utilizou-se os parâmetros sugeridos pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas – PERH/AM, que é composto por variáveis físicas, químicas e microbiológicas, onde os mesmos avaliam a condição atual da água e realizam o índice da qualidade da água (IQA). Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Tarumã-Açu, através da análise comportamental dos parâmetros do PERH/AM que são: cloretos, coliformes totais e termotolerantes, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), demanda química de oxigênio (DQO), fosfato, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrogênio total, oxigênio dissolvido (% e mg/L), pH, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais, temperatura do ar, temperatura da água e turbidez. Também utilizou-se a análise dos metais alumínio (Al), cálcio (Ca), ferro (Fe), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e silício (Si). Os dados foram analisados pelo software R, incluindo Análise Descritiva, Análise de Cluster, Análise de Componentes Principais (ACP), como também, o Fator de Enriquecimento. Os resultados apresentaram influência significativa da sazonalidade com relação ao comportamento dos parâmetros em relação ao volume das águas. A análise de ACP definiu as variáveis Nível do Rio Negro (NRN), DQO, fósforo total, fosfato, condutividade, nitrogênio orgânico e amoniacal, e os elementos metálicos Ca, K, Mg, Na e Si, como os principais influentes na qualidade da águas. Além disso, o $IQA_{GP\text{-}QAT}$ variou entre as faixas ruim e ótima durante as estações, apresentando as piores qualidades no periodo de estiagem. A Análise de Cluster definiu os pontos de estudos P1 e P2 como os mais similares, devido a influência da área urbana e a ocupação do solo.

Palavras chaves: Rio Tarumã-Açu, Monitoramento, CONAMA nº357/2005, Qualidade da Água, Nível do Rio.

ABSTRACT

Water is an essential resource for life. However, due to urbanization and activities near rivers and lakes, these bodies of water are often subject to contamination from improper waste disposal, industrial and/or domestic effluents, as well as construction projects that fail to consider the environmental preservation of water resources. The Tarumã-Açu River Basin, located in Manaus, AM, reflects this scenario. Monitoring water quality in this region is necessary, and for this purpose, the parameters suggested by the Amazonas State Water Resources Plan (PERH/AM) were used. This plan includes physical, chemical, and microbiological variables that assess the current water condition and determine the Water Quality Index (IQA). Therefore, this study aims to evaluate the water quality of the Tarumã-Açu River by analyzing the behavior of PERH/AM parameters, which include chlorides, total and thermotolerant coliforms, electrical conductivity, biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD), phosphate, total phosphorus, nitrate, nitrite, ammoniacal nitrogen, organic nitrogen, total nitrogen, dissolved oxygen (% and mg/L), pH, total dissolved solids, total solids, air temperature, water temperature, and turbidity. Additionally, the analysis of metals such as aluminum (Al), calcium (Ca), iron (Fe), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), and silicon (Si) was conducted. The data were analyzed using the R software, including Descriptive Analysis, Cluster Analysis, Principal Component Analysis (PCA), and the Enrichment Factor. The results indicated a significant influence of seasonality on parameter behavior concerning water volume. PCA identified the variables Negro River Level (NRN), COD, total phosphorus, phosphate, conductivity, organic and ammoniacal nitrogen, and the metallic elements Ca, K, Mg, Na, and Si as the main factors influencing water quality. Furthermore, the $IQA_{GP\text{-}QAT}$ index ranged from poor to excellent throughout the seasons, showing the worst quality during the dry period. Cluster Analysis identified study points P1 and P2 as the most similar, due to the influence of urban areas and land occupation.

Keywords: Tarumã-Açu River, Monitoring, CONAMA Resolution 357/2005, Water Quality, River Level.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Parâmetros que compõe o Índice de Qualidade da Água. **Fonte:** CETESB, (2020) 34
Tabela 2 – Classificação do Índice de Qualidade de Água. **Fonte:** (CETESB, 2020).. 36
Tabela 3– Classificação do Índice de Qualidade de Água proposto pelo grupo de pesquisa – Química Aplicada a Tecnologia. **Fonte:** (GP-QAT (2024). 37
Tabela 4 - Pontos de amostragem e coordenadas geográficas. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 39
Tabela 5 – Informações sobre o armazenamento e preservação das amostras. **Fonte:** CETESB (2011)..... 40
Tabela 6 - Informações das origens dos parâmetros analisado em laboratório. **Fonte:** (BAIRD et al., 2017). 42
Tabela 7- Valores de background da Crosta Terrestre para os elementos estudados. **Fonte:** Adaptado de Wedepohl (1995)..... 70
Tabela 8 - Classificação dos Fatores de Enriquecimento. **Fonte: Adaptado de** CHEN et al. (2007)..... 71
Tabela 9 - Dados relacionados ao dia de cada coleta ao longo dos 10 meses de estudo. **Fonte:** Próprio autor (2024) e Porto de Manaus (2024)..... 72

LISTA DE FIGURAS

Figura 01:Regiões Hidrográficas Brasileiras. **Fonte: :** CNRH (2003). 20
Figura 02: Bacia Hidrográfica Amazônica. **Fonte:** (ANA, 2024a)..... 21
Figura 03: Bacia do Tarumã-Açu. **Fonte** (MAIA et al., 2019). 23
Figura 04: Curva média de variação dos parâmetros de qualidade da água para o cálculo do IQA. **Fonte:** (ANA, 2024c; CETESB, 2020). 35
Figura 05: Localização dos oito pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu. **Fonte:** Próprio autor (2024). 38
Figura 06: Sonda Multiparâmetros e Turbidímetro. **Fonte:** Próprio autor (2024)..... 40
Figura 07: Esquema de determinação de Fósforo Total. **Fonte:** Próprio Autor (2024).46
Figura 08: Esquema de determinação de Fosfato. **Fonte:** Próprio Autor (2024)..... 47
Figura 09: Esquema de determinação de Coliformes Totais. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 49
Figura 10: Esquema de determinação de Coliformes Termotolerantes. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 49
Figura 11: Esquema de determinação de Nitrogênio Amoniacal. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 50
Figura 12: Esquema de determinação de Nitrogênio Orgânico. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 53
Figura 13: Esquema de determinação de Nitrito. **Fonte:** Próprio Autor (2024)..... 54
Figura 14: Esquema de determinação de Nitrato. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 55
Figura 15: Esquema de determinação de Cloreto. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 58
Figura 16: Esquema de determinação de DBO5. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 59
Figura 17: Esquema de determinação de Demanda Química de Oxigênio. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 62
Figura 18: Esquema de determinação de Sólidos Totais. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 63
Figura 19: Esquema de determinação de Sólidos Dissolvidos. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 65
Figura 20: Esquema de determinação dos Metais em Suspensão. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 66
Figura 21: Esquema de determinação dos Metais Solúveis. **Fonte:** Próprio Autor (2024). 67

Figura 22: Concentrações de A) Fósforo Total e B) Fosfato, nas águas do rio Tarumã-Açu, em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 74
Figura 23: Concentrações do Oxigênio em suas formas de medidas: A) Miligramas por Litro e B) Porcentagem, nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 75
Figura 24: Medição do pH nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 76
Figura 25: Concentrações dos Compostos Nitrogenados e Nitrogênio Total. A) Nitrato; B) Nitrito; C) Nitrogênio Amoniacal; D) Nitrogênio Orgânico e E) Nitrogênio Total, das águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 78
Figura 26: Concentrações de DQO nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 79
Figura 27: Concentrações de DBO nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 80
Figura 28: Concentrações de Cloretos nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 81
Figura 29: Concentrações do Alumínio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 82
Figura 30: Concentrações de Cálcio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 83
Figura 31: Concentrações de Ferro nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 84
Figura 32: Concentrações de Magnésio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 85
Figura 33: Concentrações do Potássio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 86
Figura 34: Concentrações do Silício nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 87
Figura 35: Concentrações de Sódio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 88
Figura 36: Medição da Temperatura, A) Temperatura da Água; B) Temperatura do Ar e C) Variação da Temperatura nas águas do rio Tarumã-Açu, em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 89

Figura 37: Medição de Turbidez nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 90
Figura 38: Medição da Condutividade Elétrica nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 91
Figura 39: Concentrações dos Sólidos, A) Sólidos Totais e B) Sólidos Dissolvidos nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 92
Figura 40: Concentrações de Coliformes, A) Coliformes Termotolerantes e B) Coliformes Totais nas águas do rio Tarumã-Açu, em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024. 94
Figura 41: Gráfico de Vetores dos Componentes Principais (CP1 e CP2), e as contribuições dos parâmetros de qualidade da água no rio Tarumã-Açu. **Fonte:** Próprio Autor (2025) e Software R (2025). 98
Figura 42: Dendrograma Hierárquico de Cluster. **Fonte:** Próprio Autor (2025**)** Software R (2025). 100
Figura 43: Variação espacial e temporal do índice de qualidade da água em boxplot, representando A) Distribuição média por pontos de amostragem e B) Distribuição média mensal. 102

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AC – Análise de Cluster

ACP – Análise de Componentes Principais

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Al – Alumínio

BHRT - Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu

Ca – Cálcio

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Co - Cobalto

Col_Tot – Coliformes Totais

Coli_Term – Coliformes Termotolerantes

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cond – Condutividade Elétrica

Cu - Cobre

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EIA – Estudos de Impacto Ambiental

EST – Escola Superior de Tecnologia

Fe – Ferro

FE – Fator de Enriquecimento

FNMA - Fundo Nacional de Meio Ambiente

GP-QAT – Grupo de Pesquisa Química Aplicada a tecnologia

ICP-OES – Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente

IPAAM - Instituto de proteção Ambiental do Amazonas

IQA – Índice de Qualidade da Água

K – Potássio

Mg - Magnésio

Na – Sódio

Ni - Níquel

N_amo – Nitrogênio Amoniacal

NRN – Nível do Rio Negro

NSF - National Sanitation Foundation

NO – Nitrogênio Orgânico

NT - Nitrogênio Total

OD - Oxigênio Dissolvido

Pb - Chumbo

PC – Componente Principal

PERH/AM – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas

PROQAS/AM - Programa de Monitoramento de Água, Ar e Solos do Estado do Amazonas

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

QAT – Química Aplicada à Tecnologia

RIMA – Relatórios de Impacto Ambiental

RNQA – Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade de Água

SD – Sólidos Dissolvidos

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente

Si – Silício

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

ST – Sólidos Totais

UEA – Universidade do Estado do Amazonas

Zn - Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
2. JUSTIFICATIVA 17
3. OBJETIVOS 18
3.1 OBJETIVO GERAL 18
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 18
4. REVISÃO DE LITERATURA 19
4.1 BACIA HIDROGRÁFICA 19
4.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO BRASIL 19
4.3 BACIA AMAZÔNICA 20
4.4 RIO TARUMÃ-AÇU 22
4.5 FORMAÇÃO GEOLÓGICA 24
4.6 CLIMA 24
4.7 VEGETAÇÃO 25
4.8 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 25
4.9 POLUIÇÃO 26
4.10 POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (PNMA) 27
4.11 POLÍTICA AMBIENTAL E O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) 28
4.12 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357 de 2005 30
4.13 AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). 31
4.14 USO DA ÁGUA E O PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO AMAZONAS 31
4.15 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) 32
4.16 IQA PARA ÁGUAS NEGRAS COMO PROPOSTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA RIOS AMAZÔNICOS 36
5. METODOLOGIA 38
5.1 LOCAL DE ESTUDO 38
5.2 PREPARO E COLETA 39
5.3 ANÁLISES 42
5.3.1 Fósforo Total e Fosfato 42
5.3.2 Fosfato 47
5.3.3 Coliformes Totais e Termotolerantes 47
5.3.4 Nitrogênio Amoniacal 49
5.3.5 Nitrogênio Orgânio Kjeldahl 50
5.3.6 Nitrito 54
5.3.7 Nitrato 55

5.3.8 Cloreto 56
5.3.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5) 59
5.3.10 Demanda Química de Oxigênio (DQO) 59
5.3.11 Sólidos Totais 62
5.3.12 Sólidos Dissolvidos 63
5.3.13 Metais em Suspensão 65
5.3.14 Metais Solúveis 67
5.4 ANÁLISES DOS DADOS 68
5.4.1 ANÁLISE ESTÁTISTICA DESCRITIVA 68
5.4.2 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS 68
5.4.3 ANÁLISE DE CLUSTER 69
5.4.1 FATOR DE ENRIQUECIMENTO 70
6. RESULTADOS 72
6.1 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS. 72
A) Parâmetros Químicos 72
B) Parâmetros Físicos 88
C) Parâmetros Microbiológicos 92
6.2 FATOR DE ENRIQUECIMENTO (FE) 94
6.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) 97
6.4 ANÁLISE DE CLUSTER 100
6.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – ($IQA_{GP\text{-}QAT}$) 101
7. DISCUSSÕES 103
7.1 SAZONALIDADE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE. 103
7.2 INFLUÊNCIA GEOLÓGICA E ANTRÓPICA NA QUALIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO TARUMÃ-AÇU. 110
7.3 COMPORTAMENTO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – $IQA_{GP\text{-}QAT}$ NO RIO TARUMÃ-AÇU. 113
7.4 REFLEXÕES ACERCA DOS DADOS ANALISADOS E AO USO DO SOLO 116
8. CONCLUSÃO 119
REFERÊNCIAS 121
ANEXOS 141

1. INTRODUÇÃO

A água é a fonte da vida na terra, além de ser fundamental para a sobrevivência humana, desempenha um papel central na regulação dos ciclos naturais (LOZANO-PARRA, 2018). Além do mais, nas últimas décadas foram identificados algumas causas adicionais de poluição das águas como, despejos inadequados de resíduos tornando-a tóxica para a vida aquática e consumo humano, como também, a expansão urbana nas proximidades dos rios, que são associadas à redução da qualidade da água destinada ao fornecimento público, recreação, agricultura e outros fins, o que iniciou um trabalho conduzindo à uma investigação rigorosa de todas as possíveis fontes poluidoras, que veio refletindo na criação de estratégias para amenizar e controlar a qualidade da água (ARCOS; CUNHA, 2022; FRANCO; HERNANDEZ, 2009; ROCHA et al., 2010).

No Brasil, um país com uma vasta extensão territorial, que abriga uma rica e diversificada rede hidrográfica. É caracterizado por seus numerosos rios, muitos dos quais estão entre os mais extensos e volumosos do mundo, destacando-se por sua abundância em recursos hídricos (BENJAMÍN; MARQUES; TINKER, 2004). Fazendo parte do território brasileiro, o rio Amazonas, é conhecido por ser o maior rio do mundo em volume de água, e o segundo mais longo, além do rio São Francisco, um dos mais importantes rios do país, são exemplos significativos da rede hidrográfica brasileira.

Na Bacia Amazônica, além do extenso rio Amazonas, a bacia é alimentada por uma rede complexa de rios, como o rio Negro e o rio Madeira, cada um desempenhando um papel vital no equilíbrio ecológico da região. Os rios da Bacia Amazônica possuem impacto significativo no clima global e na hidrologia, influenciando ciclos de água doce em uma escala transcontinental (MARENGO et al., 2008).

Diante disso, a cidade Manaus localizada no centro da maior floresta tropical do mundo, a Amazônia, é constituída por rios vitais que estruturam todo o seu funcionamento. Dentre eles, destaca-se o rio Negro, um dos afluentes do rio Amazonas, que banha a cidade com suas águas escuras e ácidas (BRINKMANN, 1986). Este rio, juntamente com outros menores da região como as bacias do rio Tarumã-Açu, rio Educandos, rio Puraquequara e o rio São Raimundo, formam uma complexa rede hidrográfica de abastecimento para a cidade de Manaus (FERREIRA et al., 2012a; QUEIROZ; RUBIM, 2016). Estas bacias menores da região de Manaus, não apenas fornecem recursos hídricos e vias de transporte essenciais, mas também são fundamentais

para a biodiversidade local e o turismo, pois, esses rios desempenham um papel fundamental no sustento e na cultura das comunidades ribeirinhas (DAMASCENO; SOUZA FILHO; ALVES, 2019; PASCOALOTO et al., 2009; PINHEIRO et al., 2023).

Entretando, devido ao aumento significativo da população e da atividade industrial em Manaus, houve um crescimento dos descartes inadequados nos rios da cidade e arredores, o que impacta a qualidade das águas dos rios e seus afluentes (PIMENTEL et al., 2019). Os ecossistemas fluviais da região enfrentam desafios que ameaçam a qualidade da água e, por extensão, a saúde humana e a biodiversidade (MENDONÇA; SILVA FILHO; MAMED, 2023).

Fearnside (2014), ressalta a significativa importância dos rios amazônicos, para a regulação do clima e a conservação da biodiversidade. Devido a urgente necessidade de preservação desses ecossistemas fluviais, considerando seu papel vital no equilíbrio ambiental.

O rio Tarumã-Açu, afluente da margem esquerda do rio Negro na região de Manaus, é um exemplo notável desses sistemas fluviais. Este rio não apenas sustenta uma ampla gama de espécies aquáticas e terrestres, mas também é uma fonte crucial de água para as comunidades locais. A compreensão da qualidade da água do Tarumã-Açu é, portanto, de importância crítica, não apenas do ponto de vista ecológico, mas também para a saúde pública e a gestão de recursos hídricos (COSTA et al., 2021a; DAMASCENO et al., 2021).

Um estudo realizado por Santana e Barroncas (2007), o rio Tarumã-Açu apresentou altos teores de metais pesados zinco (Zn), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe) e níquel (Ni), devido ao aterro sanitário próximo ao rio, como uma fonte primordial para contaminação deste. Além, da presença de coliformes fecais e totais acima das taxas permissíveis a partir da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para recreação, consumo humano e doméstico, consequência da ocupação desordenada nas margens dos igarapés pertencentes ao rio Tarumã-Açu (CARVALHO, 2022; IWATA; CEMIN; TEIXEIRA, 2024).

Algumas pesquisas no rio Tarumã-Açu, e em áreas similares da Amazônia, destacaram a importância de monitorar as águas dos rios, através de parâmetros físico, químico, microbiológico e a presença de metais pesados (ALVARENGA; CUESTA; SOUZA, 2024a; MELO et al., 2020; MIRANDA et al., 2009; SILVA et al., 2020a) que são indicadores primordiais de qualidade, pois o desequilíbrio desses indicadores indicam o comprometimento da água e acarretam complicações à saúde e meio ambiente.

A cidade de Manaus é o polo principal da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), esta, possui polos espalhados pela grande Manaus e em vários municípios do estado do Amazonas. A Escola Superior de Tecnologia (EST), um desses polos em Manaus, integra em sua estrutura, corpo docente e discente, o Grupo de Pesquisa de Química Aplicada a Tecnologia (GP-QAT), que vem já à alguns anos, desenvolvendo trabalhos de análises da qualidade da água dos rios nas regiões adjacentes da cidade. Tem sido de suma importância, através da proposta do Índice de Qualidade da Água (IQA), refletindo a condição das águas da região, determinantes para relatar a real condição ambiental do rio para o público, sendo avaliado através dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que o compõe, como: pH, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, sólidos dissolvidos, fósforo total e turbidez. Estas análises possibilitam a identificação de fontes de poluição e o desenvolvimento de estratégias de mitigação, ou seja, os parâmetros compreendem como os rios e lagos são afetados por múltiplas fontes, avaliando a qualidade da água e o nível de contaminação existente (VADDE et al., 2018).

Apesar dos esforços e de informações reunidas sobre a qualidade das águas dos rios, ainda é limitado a quantidade de dados para o gerenciamento das águas. Logo, a avaliação da qualidade da água através do monitoramento ambiental em escala espacial e temporal vem se tornando de grande relevância (GROTT et al., 2018; WU et al., 2018), para direcionar tomadas de decisões, sendo de suma importância realizar o monitoramento com dados abrangentes para uma avaliação acurada (ARANTES; SANTOS, 2020; GONÇALVES et al., 2014; QUINELATO et al., 2020; THOMAZ; CENTENO; CECCONELLO, 2023). Desse modo, para um plano de gestão eficaz é preciso obter dados temporais, ou seja, um monitoramento contínuo para avaliação e preservação dos recursos hídricos (PEREIRA; BARBIEIRO; QUEVEDO, 2020).

Nesse sentido, o presente estudo visa realizar uma continuação do monitoramento nas águas do rio Tarumã-Açu, que já vem sendo realizado pelo GP-QAT nos últimos anos, e assim, verificar sua dinâmica através dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água. O objetivo é avaliar o comportamento da qualidade da água do rio Tarumã-Açu ao longo do ano de 2024, particularmente em resposta a variação hidrológica sazonal do nível do rio. Esta análise, é crucial para compreender os efeitos das pressões ambientais e antrópicas sobre o rio Tarumã-Açu, com informações uteis para auxiliar a estabelecer práticas de gestão sustentável dos recursos hídricos da região e para o cuidado com a saúde da comunidade.

2. JUSTIFICATIVA

No rio Tarumã-Açu, pesquisas sobre a qualidade da água evidenciaram algumas fontes de poluição na bacia. Alguns desses estudos realizados abordaram o impacto crescente da urbarnização, como o aterro sanitário próximo e os metais liberados que afetam a qualidade da água na região, como também, os despejos dos efluentes domésticos e as industrias instaladas em suas margens (ALVARENGA; CUESTA; SOUZA, 2024a; BRAGA; SILVA; SCHAFFRATH, 2012; FERREIRA et al., 2021; MELO et al., 2020; MIRANDA et al., 2009; ROCHA; HORBE, 2006; SANTANA; BARRONCAS, 2007; SANTOS et al., 2006; SILVA et al., 2020b).

Diante disso, pesquisas como as de Amaral (2023) e Silva (2016) destacaram, em seus estudos na Bacia Hidrográfica do rio Tarumã-Açu (BHRT), a crescente dificuldade de preservar os recursos hídricos da região. Isso se deve pelo avanço da urbanização, a realização de obras inadequadas e à concentração de atividades de lazer na proximidade do rio, as quais representam fontes potenciais e já cometidas de contaminação, que contribuem para a degradação ambiental.

Assim, a presente pesquisa é justificada pela importância do monitoramento ambiental da qualidade da água nessa região, que se faz necessário. Através de estudos com dados temporais, é possivel verificar a tendência comportamental dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos em relação ao volume de água, além de avaliar sua atual condição e degradação do rio. Sendo uma região periurbana, a qualidade da água pode sofrer variações sazonais, influenciadas por fatores ambientais e antrópicos (FERREIRA et al., 2021).

Silva e Noda (2016) sustenta que, é necessário explorar a dinâmica e as transformações que ocorrem na superfície terrestre, para que se possa entender quais fontes impulsionaram a tais modificações feitas no meio ambiente. Pois, a tendência é de que ocorra cada vez mais mudanças no meio ambiente que afetam diretamente a qualidade da água, o que torna necessário conduzir pesquisas para analisar e avaliar a vulnerabilidade deste ambiente natural, que enfrenta uma expressiva pressão antrópica (GONZAGA; HURTADO, 2023; PERIM; COCCO, 2016; RODRIGUES et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2019).

Portanto, este projeto de pesquisa é essencial para embasar e auxiliar na mitigação dos impactos antrópicos e ambientais causados na BHRT, podendo possibilitar ferramentas para preservação e gestão dos recursos hídricos na região, e colaborar com

estudos posteriores.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a qualidade da água do rio Tarumã-Açu através de parâmetros fisicos, químicos e microbiológicos, durante o periodo hidrológico correspondente aos meses de fevereiro a novembro de 2024.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analisar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas coletadas e avaliar a sazonalidade com nível do rio;
- Usar o índice de qualidade de água proposto pelo grupo de pesquisa QAT e verificar a variação espaço temporal no período hidrológico em estudo;
- Comparar os resultados obtidos com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Bacias hidrográficas são unidades geográficas definidas pela área de drenagem de um rio principal e seus afluentes. Elas são fundamentais na hidrologia e no gerenciamento de recursos hídricos, servindo como sistemas naturais para a coleta e armazenamento de água. A estrutura e funcionalidade das bacias hidrográficas são influenciadas por fatores geológicos, climáticos, biológicos e antrópicos, que determinam a quantidade e qualidade da água disponível (TURNBULL et al., 2012).

Conforme descrito por Barella et al. (2000), uma bacia hidrográfica pode ser compreendida como uma área de terra cuja drenagem é realizada por um rio principal e seus tributários. Essa área é delimitada por divisores de água localizados em elevações do relevo. Na bacia hidrográfica, a precipitação contribui tanto para o escoamento superficial, que origina lagos e rios, quanto para a infiltração no solo, contribuindo para a formação de nascentes e o abastecimento do lençol freático. Os cursos d'água menores, originários das áreas mais altas e íngremes, como serras e montanhas, convergem e ganham volume à medida que descem, formando rios de maior porte que, eventualmente, deságuam no mar (ARAÚJO et al., 2009; TUCCI, 1997).

4.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO BRASIL

A configuração hidrográfica do Brasil é marcada por uma das maiores e mais variadas reservas de água doce do mundo, abarcando cerca de 15% do total global. Os rios e corpos d'água do país exibem características únicas e intrincadas, as quais são influenciadas por diversos fatores geográficos regionais, incluindo o clima, o relevo e a vegetação. Além disso, as intervenções humanas no meio ambiente também desempenham um papel significativo na definição dessas características (SILVA et al., 2021).

As reservas hídricas do Brasil estão organizadas em doze regiões hidrográficas distintas, que são categorizadas com base nas características hidrológicas de cada região, que incluem bacias de grandes rios com elevadas taxas de vazão, e microbacias localizadas ao longo do litoral brasileiro, caracterizadas por rios de menor extensão e vazão (CNRH, 2003). Esse recorte terretorial ocorreu em 1997 através da promulgação

da lei das águas - Lei nº 9.433, para fins de gerenciamentos dos recursos hídricos e elaboração de estratégias (CARVALHO, 2020). Essa lei estabeleceu o gerenciamento de recursos hídricos baseado em bacias hidrográficas como um dos seus princípios fundamentais, promovendo uma abordagem integrada e descentralizada para a gestão da água no país. Isso incluiu a criação de comitês de bacia hidrográfica, que são órgãos colegiados que incluem representantes do governo, usuários da água e comunidades, responsáveis pelo gerenciamento de recursos hídricos em cada bacia (LOPES; TEIXEIRA, 2011). No dia 15 de outubro de 2003, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabeleceu através da Resolução nº 32, a classificação das águas nacionais em diversas regiões hidrográficas. Esta classificação é ilustrada na Figura 1.

Figura 01:Regiões Hidrográficas Brasileiras. **Fonte: :** CNRH (2003).

4.3 BACIA AMAZÔNICA

A Bacia do Amazonas, abrange uma área de aproximadamente 6,1 milhões de quilômetros quadrados, estendendo-se por oito países da América do Sul, e apresenta caracteristícas topograficas e climáticas contrastantes (FILIZOLA et al., 2009). Rios como o Marañon, Solimões e Madeira, que têm suas origens na Cordilheira dos Andes,

mostram uma transição notável em seus perfis longitudinais, passando de um terreno andino de alta inclinação para as planícies amazônicas de baixíssima declividade de 1 a 2 $cm.km^{-1}$ (GUYOT et al., 2007). Ao norte e sul da bacia, situam-se os escudos geológicos antigos das Guianas e do Brasil Central, correspondendo a aproximadamente 44% do território total da bacia. Esta área é caracterizada por uma diversidade de coberturas vegetais, incluindo tanto florestas tropicais úmidas quanto cerrados. A vasta planície fluvial amazônica, localizada entre esses dois escudos, é predominantemente coberta por densas florestas tropicais (FILIZOLA; GUYOT, 2011).

No território brasileiro, a região hidrográfica amazônica compreende 45% da água presente no território nacional e se estende por sete estados: Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso (Figura 02). Esta região é caracterizada por uma ampla e rica rede fluvial, destacando-se rios como o Amazonas, Xingu, Solimões, Madeira e Negro. Embora a densidade populacional desta área seja significativamente menor do que a média do país, aproximadamente dez vezes, ela abriga 81% das reservas de água superficial do país. Notavelmente, cerca de 85% do território da Região hidrográfica da amazônia ainda é coberto por vegetação nativa (METZGER et al., 2019).

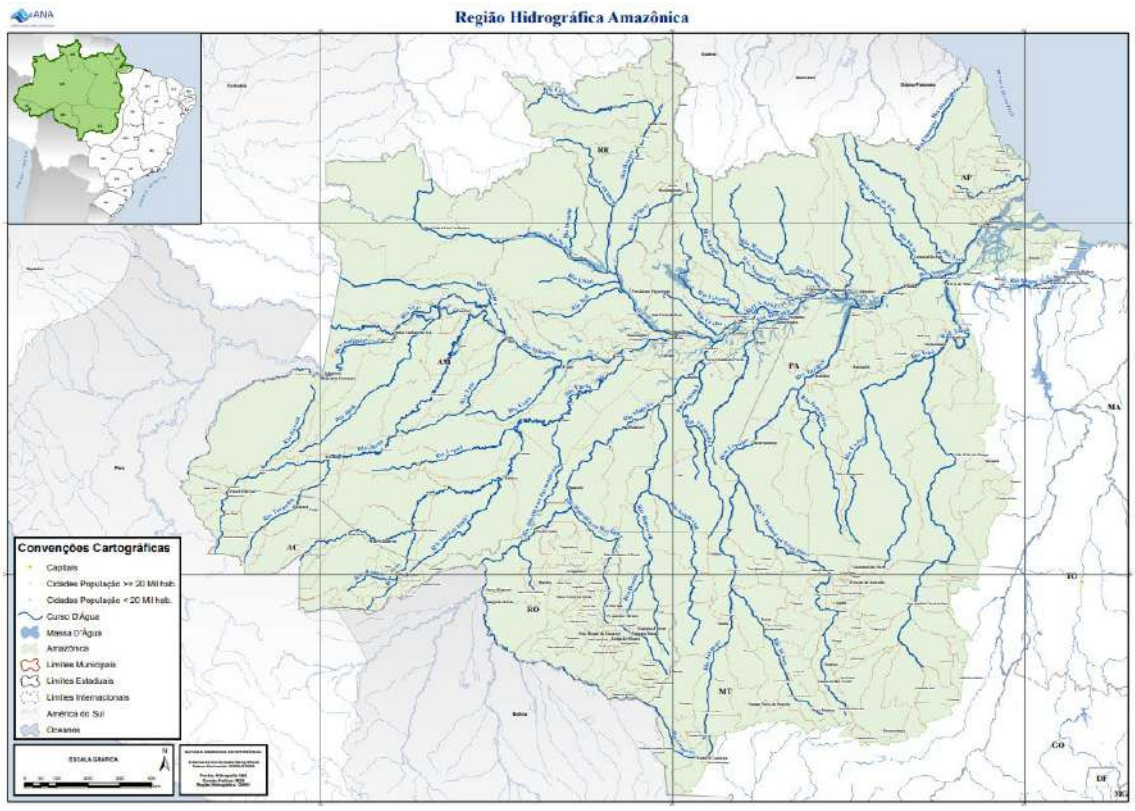


Figura 02: Bacia Hidrográfica Amazônica. **Fonte:** (ANA, 2024a)

A vasta rede hidrográfica da região amazônica é notável pela sua diversidade de ecossistemas aquáticos, que coexistem dentro da mesma bacia hidrográfica. Diversos fatores, incluindo características geológicas e a presença de diferentes tipos de vegetação, contribuem para esta variedade, resultando em variações notáveis na coloração das águas e nos tipos de águas encontrados na bacia (FITTKAU, 1964; SIOLI, 1950; STALLARD; EDMOND, 1983).

Sioli (1951), propôs uma classificação das águas dos rios amazônicos em três categorias principais: rios de águas brancas com coloração barrenta, rios de águas pretas de tonalidade marrom e rios de águas claras ou transparentes. Entretanto, esta classificação não é absoluta, pois existem áreas de transição onde as características das águas brancas, pretas e claras se sobrepõem. Além disso, no estudo de Sioli e Kingle (1962), foi observado que as variações sazonais podem influenciar o tipo de água nos rios amazônicos, contribuindo para essa diversidade hidrológica.

Simultâneamente as variações climáticas globais impactam significativamente a bacia amazônica, devido à sua extensa área geográfica, como na ocorrência de eventos hidrológicos extremos, inundações e secas (RICHEY; NOBRE; DESER, 1989). Inundações severas, em particular, representam um desafio para atividades de pecuária e da utilização das áreas de várzea.

4.4 RIO TARUMÃ-AÇU

Localizado na margem esquerda do Rio Negro, o Rio Tarumã-Açu (Figura 03), delimita a fronteira oeste da expansão urbana de Manaus. Com uma extensão de 1.372,73 km², a bacia hidrográfica do Tarumã-Açu representa aproximadamente 12% da área do município de Manaus, além do mais, a bacia abrange 14 bairros, habitados por uma população estimada em 496.158 pessoas (OLIVEIRA, 2022; VASCONCELOS et al., 2019)). Isso corresponde a aproximadamente 22% do total de habitantes de Manaus (IBGE, 2022).

O rio Tarumã-Açu, constitui a principal via fluvial da região, é alimentado por uma série de afluentes, incluindo os Igarapés do Acará, Bolívia, Argola, Cabeça Branca, Branquinho, Caniço, Gigante, Leão, Mariano, Matrinxã, Panermão, Santo Antônio, São José e Tiú. Estes afluentes desempenham um papel vital na dinâmica hidrológica da área (BRAGA; SILVA; SCHAFFRATH, 2012; DAMASCENO et al., 2021; MELO, 2017; MELO; SILVA; MIRANDA, 2005).

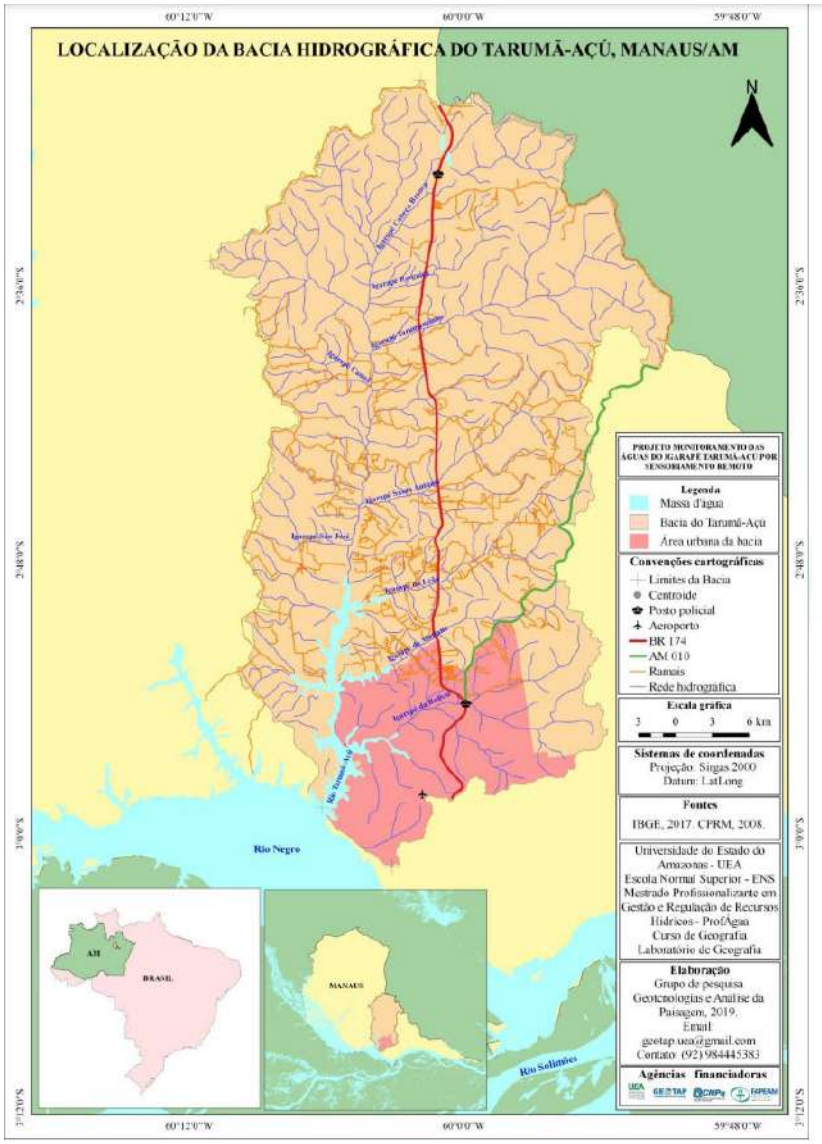


Figura 03: Bacia do Tarumã-Açu. **Fonte** (MAIA et al., 2019).

Melo e Romanel (2017), destacaram que o Comitê da Bacia do Tarumã-Açu foi o primeiro comitê instalado na região Amazônica. Este comitê estabeleceu diretrizes com foco na redução dos impactos ambientais e na promoção de práticas voltadas para a recuperação e manutenção sustentável da bacia. Além do mais, adota o modelo de gestão participativa que promove várias discussões entre entidades governamentais, contribuindo para o gerenciamentos dos recursos hídricos.

A rápida urbanização descontrolada nas proximidades da área urbana de Manaus tem colocado em risco a integridade da região (PINHEIRO et al., 2023). As alterações na paisagem observada estão fortemente ligadas ao crescente desenvolvimento humano e à expansão de atividades relacionadas (PINTO et al., 2009a; VASCONCELOS et al.,

2019).

4.5 FORMAÇÃO GEOLÓGICA

Na bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, observa-se uma diversidade de características geográficas e ecológicas. Os solos da área em questão são classificados como: latossolo amarelo nos platôs, podzólico vermelho-amarelo nas encostas e arenos hidromórficos nos baixios. Quanto a textura, é argilosa nos platôs, nas encostas próximas aos platôs varia de argilo-arenosa e areno-argilosa próximos aos baixios, e nos baixios é arenosa, sendo solos muito ácidos (COSTA et al., 2021b). O domínio geológico da bacia hidrográfica é representado por sedimentos da Formação Terciária Alter do Chão. Os solos dominantes são ferralsols amarelos ricos em argila, ácidos, com alto teor de alumínio e baixa capacidade de troca catiônica (CHAUVEL; LUCAS; BOULET, 1987). Em áreas de declive, é comum a presença de podzol vermelho amarelo, enquanto nas proximidades dos igarapés, predominam solos hidromórficos (MAGALHÃES et al., 1998).

Nessa perspectiva, Keller e Pinter (1996), destacam a influência significativa de processos tectônicos na formação da paisagem, enfatizando como a assimetria, anomalias na rede de drenagem, basculamento das bacias, identificação de knickpoints e as características dos perfis longitudinais dos rios que afetam os processos de erosão e sedimentação. Esses fatores são cruciais na configuração do relevo e na dinâmica geomorfológica (QUEIROZ; CARVALHO, 2020).

4.6 CLIMA

A bacia do rio Tarumã-Açu está localizada em uma região de clima tropical úmido, onde ocorre variação climática. O clima é de monções, ou seja, apresenta característica de alternança em estações de chuva e estações de seca, devido a variação da circulação atmosférica em grande escala sobre a América do Sul. Essa variação altera os padrões de vento e o transporte de umidade para a região, impulsionada pelas mudanças no aquecimento no continente, definindo assim os periodos chuvoso e seco (GAN; KOUSKY; ROPELEWSKI, 2004; ZHOU; LAU, 1997).

De acordo com o estudo de Andrade, Aleixo e Oliveira (2020), os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e dezembro são considerados os meses chuvosos,

devido a contribuição e atuação da Zona de Convergência Intertropical, e da Zona de Convergência do Atlântico Sul e alta da Bolívia, em que os meses correspondentes a junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro são meses considerados secos, com predomínio da Massa Equatorial Continental, Sistemas Convectivos e Linhas de Instabilidade.

A precipitação é um dos principais elementos para caracterização climática da região (COSTA et al., 1998; FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998). O estudo realizado por Ferreira et al. (2021), a região recebe em média, precipitações anuais acima de 2.000 mm, mesmo em períodos de seca, distribuídas ao longo do ano, apresentando uma umidade média relativa do ar em torno de 84%.

Dados recentes do Instituto Nacional de Meteorologia, apresentaram na região de Manaus, temperatura máxima anual de 29,4 ºC e temperatura mínima anual de 28,3 ºC, ocorrendo 2.216 mm de precipitação para o ano de 2024 (INMET, 2024).

4.7 VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal predominante é caracterizada como Floresta Tropical Densa, contendo ainda formações de Floresta Tropical Aberta, Floresta Aluvial periodicamente inundada (igapó), Campinarana, com outras formações edáficas e Área de Tensão Ecológica, com áreas antrópicas, constituída de cultivos agrícolas, pecuária e vegetação secundária (COSTA et al., 2011). Essa tipologia de floresta, conhecida regionalmente como floresta de terra firme, é marcada por sua densidade e predominância de árvores de grande porte, caracterizando-se pela sua riqueza e diversidade (BRAGA, 1979).

4.8 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O rio Tarumã-Açu, que deságua no Rio Negro, é o maior rio urbano de Manaus. Embora parte de seu território seja rural, sua bacia está inteiramente dentro dos limites da cidade. Desde a década de 1980, o uso e a ocupação do solo na região aumentaram devido à construção de obras e à expansão urbana, que são fatores para transformação da paisagem natural (ROCHA, 2021; SILVA et al., 2020b). A Bacia Hidrográfica está parcialmente urbanizada, mas a principal cobertura do solo continua a ser a floresta (69%) (VASCONCELOS et al., 2019).

A região do rio Tarumã-Açu e seus tributários é caracterizada por uma ocupação

urbana diversificada, composta por residências privadas, hotéis de luxo, projetos imobiliários que frequentemente desconsideram normas de proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e restringem o acesso público. Além disso, a área engloba um cemitério, projetos de assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), ocupações desordenadas, hotéis na selva, marinas, clubes de laser, restaurantes, flutuantes, terras indígenas, aterro sanitário e indústrias. Essa diversidade na utilização do espaço tem gerado inúmeros conflitos de uso na bacia, que têm sido um desafio para o Comitê de Gestão da área (CARVALHO, 2022; IWATA; CEMIN; TEIXEIRA, 2024; MELO, 2017). Somado a essas atividades, ainda ocorre a extração de materiais minerais, como areia e seixo, que são frequentemente utilizados na indústria da construção civil. Esta atividade, comumente realizada através de dragagem, muitas vezes acontece sem as devidas licenças ambientais e de mineração, levando a uma série de conflitos na qualidade dos recursos hídricos (COLARES et al., 2022).

4.9 POLUIÇÃO

Assim como várias outras cidades brasileiras, Manaus enfrenta desafios relacionados à poluição hídrica, especialmente em seus igarapés urbanos. Estes pequenos rios urbanos são locais onde os impactos das atividades humanas são particularmente perceptíveis. O sistema hidrográfico de Manaus inclui nove bacias hidrográficas, entre as quais o rio Tarumã-Açu se destaca. Esta bacia, juntamente com seus afluentes, desempenha um papel importante na drenagem tanto da bacia do rio Negro, quanto da bacia do rio Amazonas, que é a maior bacia de drenagem do mundo (MELO; SILVA; MIRANDA, 2005; PINTO et al., 2009a, 2009b; QUEIROZ; RUBIM, 2016).

Vasconcelos et al. (2019), aponta que a intensificação das atividades humanas resultou em uma fragmentação significativa da paisagem natural na bacia hidrográfica do Tarumã-Açu. Este processo levou à transformação de extensas áreas florestais em fragmentos isolados menores, afetando adversamente a qualidade da água nos cursos d'água da região.

A popularização dos flutuantes recreativos nas margens do rio Tarumã-Açu tem se consolidado como uma importante fonte de lazer tanto para moradores quanto para turistas. Contudo, a proliferação desses empreendimentos tem gerado preocupações ambientais. Carvalho, Garcez e Wachholz (2024), destacam que, até 2022, menos de 5% dos flutuantes em operação possuíam licenciamento ambiental, o que revela a falta de

regulamentação e fiscalização adequada para esses empreendimentos, tanto no âmbito federal quanto estadual e municipal. Segundo Viana (2024), a Bacia do Tarumã-Açu conta atualmente com mais de novecentos flutuantes, sendo que cerca de 73% são voltados para atividades recreativas, 21% são utilizados para fins residenciais e outras atividades econômicas. Este cenário revela a crescente pressão exercida sobre o ecossistema local, exigindo ações mais eficazes na regulamentação e fiscalização desses empreendimentos para minimizar os danos ambientais na região.

Iwata, Cemin e Teixeira (2024), acrescenta que as práticas de lazer nos flutuantes, como o lançamento acidental de plásticos, latas de bebidas e outros resíduos no rio, contribuem diretamente para a poluição da água, apesar de algumas iniciativas, como redes de proteção para impedir a fuga de garrafas PET existirem. Além disso, a comunidade local se beneficia economicamente com a atividade dos flutuantes, gerando empregos, especialmente no período de alta temporada. O estudo também revela que, embora alguns flutuantes adotem práticas como a coleta seletiva de materiais recicláveis e a utilização de caixas coletoras de efluentes líquidos, a grande maioria ainda não adota medidas de controle adequadas para mitigar os impactos ambientais.

Embora detenha um significativo potencial para ecoturismo, o rio Tarumã-Açu enfrenta diversos desafios ambientais. Estes desafios são resultado do uso múltiplo de seus recursos hídricos e da expansão urbana desorganizada, que inclui atividades ilegais como a produção de carvão e a extração de minerais não metálicos (SOUZA; WACHHOLZ; COLARES, 2021).

4.10 POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (PNMA)

A Política Nacional do Meio Ambiente é uma Lei Federal Brasileira instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que estabelece os mecanismos de instrumentos necessários para proteger o meio ambiente do Brasil. A Lei tem como objetivo geral a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, as condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade e vida humana (BRASIL, 1981a).

Os estatutos do PNMA estipulam diretrizes claras em relação ao meio ambiente, incluindo leis e a interação de elementos físicos, químicos e biológicos que sustentam e governam a vida em todas as suas manifestações, além do mais, destaca a importância do impacto ambiental quanto a degradação do meio, que se refere à deterioração adversa das

características do meio ambiente. Ademais, a poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente, prejudicam a saúde da população e a economia (BRASIL, 1981b).

O Artigo 5º dessa Lei, visa a formulação de normas e planos, destinados a orientar a ação dos Governos da União, do Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, no que se relacionam com a preservação da qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico. Em seu Artigo 6º, os órgãos e entidades de todo o país são responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituindo assim, o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA.

4.11 POLÍTICA AMBIENTAL E O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA)

A garantia de um ambiente ecologicamente balanceado, considerado um bem compartilhado por todos e fundamental para uma qualidade de vida saudável, constitui um direito universal. Tanto as autoridades governamentais quanto a sociedade têm a responsabilidade compartilhada de proteger e conservar o meio ambiente para o benefício das gerações atuais e futuras (HUPFFER; NAIME, 2012).

Barros et al. (2012), destacam a importância da Gestão Ambiental, evidenciando a crescente preocupação global com a maneira como os recursos naturais são utilizados. Eles enfatizam a urgência em encontrar métodos de exploração e consumo que sejam sustentáveis, com o objetivo de minimizar o esgotamento dos recursos e prolongar sua disponibilidade para as futuras gerações.

A origem dos debates sobre questões ambientais no Brasil, está vinculada à criação do PNMA, estabelecida pela Lei nº 6.938 de 1981 e reforçada pela Constituição Federal de 1988. Essa política é reconhecida como um marco fundamental na proteção do meio ambiente no país (LEME, 2022). A implementação da PNMA representou um ponto de virada crucial para iniciar debates e análises relacionadas a questões ambientais com a criação do SISNAMA (OLIVEIRA; CORONA, 2008). Além disso, a Lei nº 6.938 de 1981, também prevê a existência do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (SARLET, 2008).

Segundo Rodrigues (2018), o SISNAMA engloba uma ampla rede de órgãos e instituições em níveis federal, estadual, municipal e territorial, incluindo fundações criadas pelo governo, dedicadas à preservação e ao aprimoramento da qualidade ambiental, conforme estabelecido no Aartigo 6º da Lei nº 6.938/1981, além do mais, esse

sistema não se limita apenas aos entes explicitamente mencionados em seus diversos incisos, mas também abrange outras entidades que, segundo a legislação, possuem atribuições relacionadas à gestão ambiental, incluindo o Ministério Público e Agências Governamentais com foco especializado ou temático.

Já a Lei Complementar nº 140, de 2011, delineou a estrutura legislativa facilitando a instituição do CONAMA. Este, atuando sob a tutela do Ministério do Meio Ambiente e regido pelo Decreto nº 9.672 de 2019, desempenha um papel essencial tanto na deliberação quanto na consulta dentro da esfera de proteção ambiental no Brasil, consolidando a implementação da PNMA (LIMA, 2016).

Criado em 1981, o CONAMA desempenha um papel crucial na orientação e formulação de políticas ambientais no Brasil. Sua principal função é oferecer consultoria, desenvolver estudos e recomendar diretrizes para ações governamentais relacionadas à preservação ambiental e à gestão dos recursos naturais. Ademais, o CONAMA é responsável por estabelecer normas e padrões que assegurem a manutenção de um ambiente ecologicamente sustentável, fundamental para garantir uma qualidade de vida saudável para a população (BRASIL, 1981a).

O CONAMA, preconiza a necessidade de estabelecer as definições, responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (EIA) como um dos instrumentos do PNMA. Acerca dos impactos ambientais, a Resolução CONAMA nº 001/1986, Artigo 1º, considera impacto ambiental, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultante das atividades humanas (BRASIL, 1986).

De acordo com o disposto no inciso II do Artigo 6º da Lei nº 6.938, de 1981, é atribuição do CONAMA fornecer consultoria, realizar estudos e recomendar ao Governo Federal as diretrizes para políticas ambientais. Este órgão também é responsável por abordar questões relativas aos recursos naturais e definir normas que se alinhem à preservação ambiental (SANTOS, 1993; SOUZA, 2001).

A principal função do CONAMA é a elaboração de atos normativos que visam implementar e executar a legislação ambiental, por meio da produção de Estudos de Impacto Ambiental e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA), que geralmente envolvem a consulta a outras áreas do conhecimento (FONSECA; BURSZTYN; MOURA, 2012). O CONAMA tem a responsabilidade de tomar decisões dentro de sua área de competência em relação a normas e padrões que sejam compatíveis com a proteção ambiental (MELO, 2005).

De acordo com Machado (2013), a Lei n 6.938/81 já deixou “bem marcadas as competências” do CONAMA. Assim, para esse autor, o CONAMA detém a competência deliberativa da Política Ambiental Brasileira, enquanto o Conselho de Governo apenas deve prestar assessoramento à Presidência da República.

Na visão de Sarlet (2008), a capacidade do CONAMA para emitir resoluções está fundamentada no Poder Regulamentar atribuído ao Executivo. Isso significa que, ao criar regulamentos, o Executivo não apenas adere às leis formais existentes, mas também as detalha e completa, contribuindo assim para a estrutura da legislação jurídica. Em determinadas situações, a emissão de regulamentos pelo Executivo é essencial para que as leis formais se tornem efetivas.

Losekann (2012), ressalta a eficácia social das deliberações do CONAMA, destacando que o conselho não apenas possui autoridade para dar andamento às suas resoluções, como também detém poder normativo. Isso confere ao órgão uma significativa capacidade de implementação de suas políticas. Este órgão tem a atribuição de formular normas regulamentadoras que abrangem a gestão de recursos naturais, incluindo água, ar, florestas e biodiversidade, evidenciando uma abordagem inovadora para a conservação ambiental (BENINI; MARTIN, 2021).

A forma pela qual um país conduz sua política ambiental, reflete a utilização e adaptação dos recursos naturais para o avanço de atividades econômicas, as quais possuem o potencial de causar degradação ambiental (FERREIRA; SALLES, 2016).

4.12 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357 de 2005

Paralelamente, o CONAMA desempenha um papel crucial na definição das normas e critérios para a análise da qualidade da água no Brasil. A Resolução nº 357 do CONAMA, promulgada em 2005, classifica as águas em cinco categorias distintas, fornecendo um quadro para a caracterização e gestão da qualidade da água no país, além de propor o enquadramento dos corpos hídricos em classes, segundo os seus usos, recomendando os limites dos parâmetros usados para a avaliação da qualidade da água (BRASIL, 2005).

A Resolução nº 357/2005, prevê que a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas, e possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser

investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos (BRASIL, 2005).

4.13 AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA)

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), aborda que o monitoramento da qualidade da água permite a verificação e a identificação de áreas para o controle da poluição hídrica, assim como a adequação para os usos múltiplos (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2018).

A ANA do Brasil monitora a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do país, com base nos dados fornecidos pelos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos. Além disso, em 2013, a ANA lançou a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água (RNQA), que padroniza e amplia o monitoramento em nível nacional (ANA, 2024b).

No Brasil, as atividades de monitoramento e gestão das águas superficiais e subterrâneas são coordenadas pela ANA, estabelecida sob a Lei nº 14.026 de 2020 (BRASIL, 2022). Esta agência é encarregada de supervisionar a qualidade das águas, utilizando o IQA como uma ferramenta de avaliação.

4.14 USO DA ÁGUA E O PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO AMAZONAS

A água é primordialmente essencial para a vida, logo, o uso e a destinação impactam as necessidades básicas individuais, como o consumo. Muños (2014), enfatiza a importância de um gerenciamento sustentável do uso da água pela sociedade e pelo estado.

Com base nesse fundamento, em 2001, por meio da Lei Nº 2.712/2001, o estado do Amazonas regulou a Política Estadual de Recursos Hídricos e estabeleceu o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Posteriormente, o Decreto nº 25.037, de 1º de junho de 2005, ao regular a composição do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), firmou-se como importante marco regulatório de recursos hídricos no estado. O aprimoramento legislativo acerca da matéria adquiriu novo elemento com a Lei nº 3.167 de 28 de agosto de 2007, que reformulou as normas disciplinadoras da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos

Hídricos. Por fim, essa Lei foi regulamentada pelo Decreto nº 28.678, de 16 de junho de 2009, assim robustecendo o arcabouço legislativo acerca do tema no estado do Amazonas (SEMA, 2021).

Ressalta-se que a criação do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas (PERH/AM), é resultante da colaboração da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) e do Ministério do Meio Ambiente, com apoio financeiro do Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA) (SEMA, 2021).

O PERH/AM foi desenvolvido como uma ferramenta estratégica para a gestão dos recursos hídricos no estado, englobando um conjunto de diretrizes para a administração, projetos essenciais, obras e investimentos que são prioritários para a utilização e conservação correta das águas. O propósito central do PERH/AM, é fomentar a preservação e a proteção das fontes hídricas através de práticas de uso responsável e sustentável, contribuindo assim para a efetivação das políticas estaduais voltadas para os recursos hídricos (PINTO, 2018).

Dessa forma, propõe uma série de ações e estratégias com ênfase no monitoramento sistemático das águas, visando garantir a qualidade e a quantidade de recursos hídricos no estado. Com a expansão, modernização da rede de monitoramento da qualidade de água em bacias estratégicas, integração de tecnologias avançadas como sensores remotos e sistemas de informação para aprimorar a coleta e análise de dados. Além disso, enfatiza a participação social, a capacitação de técnicos e comunidades locais visando a gestão participativa e a mitigação de impactos ambientais. Essas ações buscam garantir a disponibilidade hídrica, prevenir conflitos pelo uso da água e promover a resiliência frente a eventos extremos como cheias e secas, aliando princípios da política nacional de recursos hídricos e as particularidades da região amazônica (SEMA, 2020).

4.15 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Em 1970, a "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos conduziu um estudo que serviu de base para a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), adaptar e criar o Índice de Qualidade da Água - IQA. Este índice, composto por nove variáveis físicas, químicas e biológicas, foi desenvolvido com o propósito de avaliar a qualidade da água, principalmente em termos de sua adequação para o abastecimento público, levando em conta os aspectos necessários para o tratamento da água (PIASENTIN et al., 2009; SILVA; SOARES; CORTEZ, 2022). No contexto

brasileiro, a metodologia adaptada pela CETESB, foi empregada por estudiosos e instituições ambientais com o objetivo de destacar a importância do monitoramento e da manutenção da qualidade hídrica, assegurando a confiabilidade dos parâmetros utilizados e contribuição para a formulação do IQA, garantindo assim, a proteção dos recursos aquáticos (ANDRADE et al., 2005).

No Brasil, a CETESB começou a aplicar este índice em 1975, conforme apontado pela ANA (ANA, 2024c). Segundo (Nayak, Patil e Patki (2020), o IQA é destacado pela sua capacidade de avaliar de maneira precisa e versátil a qualidade da água em rios e lagos. A utilização do IQA permite a simplificação de dados complexos de qualidade da água em um único valor numérico, facilitando a interpretação da qualidade da água, que pode variar de péssima a ótima (SEIFI; DEHGHANI; SINGH, 2020).

Desse modo, o IQA emerge como um instrumento eficaz que reflete a condição atual da qualidade da água em uma localidade específica, oferecendo dados compreensíveis e precisos que são fundamentais na elaboração de estratégias de gestão ambiental (CHIDIAC et al., 2023; NAUBI et al., 2016).

A utilização do IQA representa uma metodologia amplamente aceita para a avaliação comparativa da qualidade hídrica em diversas regiões (MENEZES et al., 2018). O IQA é determinado a partir dos resultados de nove parâmetros, que incluem oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), diferencial da temperatura do ar e da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais (CETESB, 2020).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado da qualidade de água correspondente ás variáveis que intergram o índice (ANA, 2024c).

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} q_i{}^{wi} \qquad \textbf{Equação 1}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade da Água, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que "**n**" é o

número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

$$\sum_{i=1}^{n} Wi = 1 \qquad \textbf{Equação 2}$$

Os parâmetros do IQA possuem seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (Tabela 1).

Tabela 1– Parâmetros que compõe o Índice de Qualidade da Água. **Fonte:** CETESB, (2020).

Parâmetros	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Variação da Temperatura da Água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida, que resulta em uma curva média de comportamento de cada parâmetro (Figura 04).

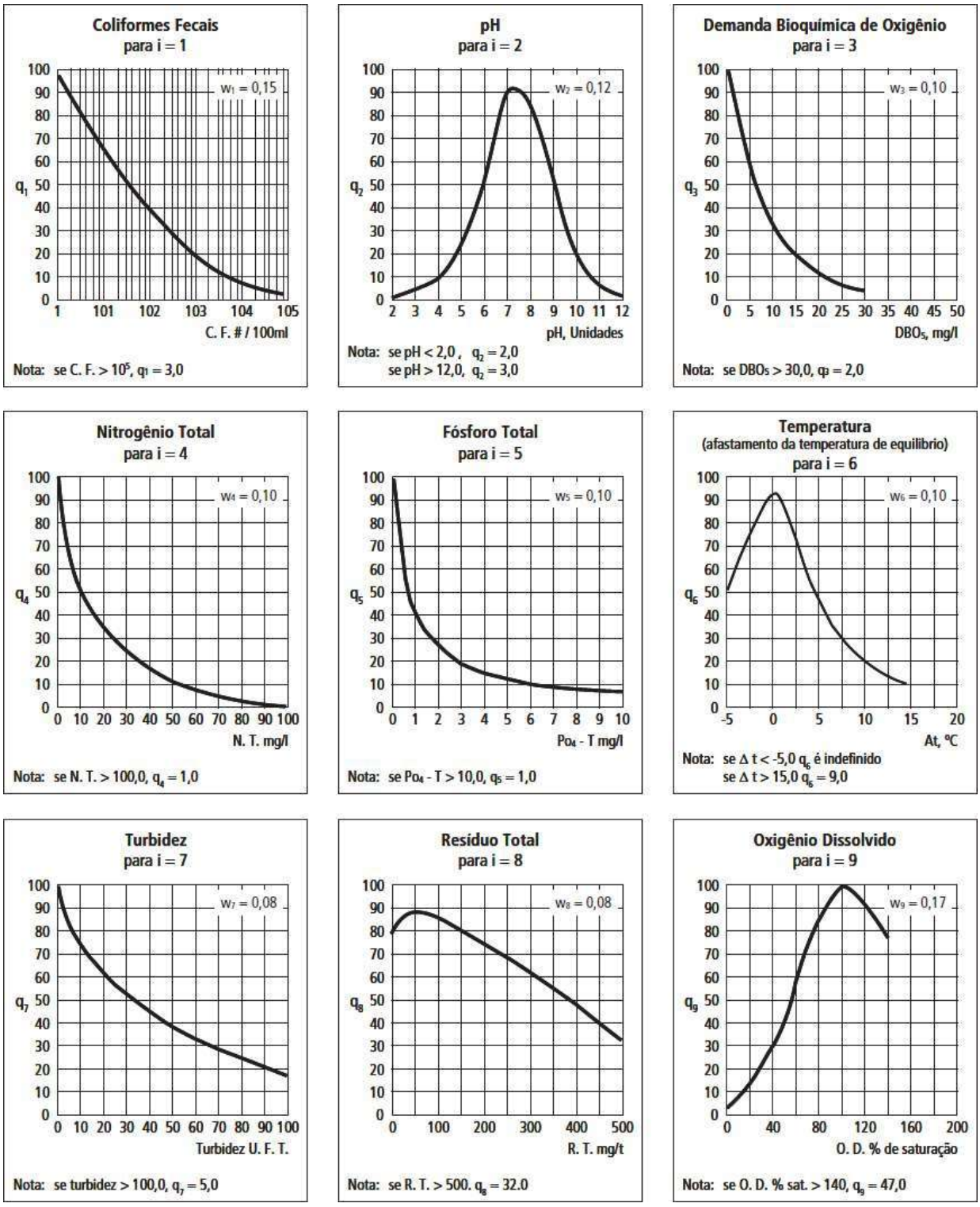


Figura 04: Curva média de variação dos parâmetros de qualidade da água para o cálculo do IQA. **Fonte:** (ANA, 2024c; CETESB, 2020).

As curvas de variação de qualidade da água, de acordo com a condição de cada parâmetro, modeladas segundo equações representativas criadas pela National Sanitation Foundation e adaptadas pela CETESB, atribuem um peso *w*i, fixado em função de sua

importância, e um valor de qi, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração no eixo das abscissas para determinação do IQA.

Assim, com o auxílio das curvas de variação, obtém-se o resultado do IQA. Este índice varia entre 0 e 100, de forma a classificar a qualidade da água bruta em cinco categorias, as quais podem ser “péssima”, “ruim”, “regular”, “boa” e “ótima”, segundo intervalos definidos pela ANA (Tabela 2) (ANA, 2024c).

Tabela 2 – Classificação do Índice de Qualidade de Água. **Fonte:** (CETESB, 2020).

Categoria	Faixa do IQA nos seguintes estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN e RS	Faixa do IQA nos seguintes estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE e SP	Faixa do IQA nos seguintes estados: AC, AP, AM, MA, PA, PI, RO, RR, SC, SE e TO
PÉSSIMA	0 – 25	0 – 19	-
RUIM	26 – 50	20 – 36	-
REGULAR	51 – 70	37 – 51	-
BOA	71 – 90	52 – 79	-
ÓTIMA	91 – 100	80 -100	-

4.16 IQA PARA ÁGUAS NEGRAS COMO PROPOSTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA RIOS AMAZÔNICOS

O GP-QAT iniciou suas atividades em 2008, na EST, e o grupo criou o Programa de Monitoramento de Água, Ar e Solos do Estado do Amazonas (PROQAS/AM), com o apoio do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM). Destacando-se, como um dos mais ambiciosos e abrangentes programas de monitaramento ambiental em desenvolvimento, promovendo a proteção e a preservação dos recursos naturais da região Amazônica.

Desde sua criação e expansão até o ano de 2025, desenvolveu 15 projetos de experimentos de campo, abrangendo a região central de Manaus até localidades remotas, como São Gabriel da Cachoeira e Tabatinga, no rio Negro, rio Solimões e rio Madeira. Estabelecendo-se como referência na região.

Dessa forma, avaliando as águas da região, propôs um IQA para águas negras, considerando as características próprias do rio Negro, que banha parte do Amazonas. Com isso, o GP-QAT já realizou 340 mil análises, seguindo 164 parâmetros e 64 pontos

de coleta, que vem sendo realizados no rio Negro desde 2022.

A elaboração de um índice de qualidade das águas para a região amazônica, pode ser simplificada ao levar em consideração somente os parâmetros ambientais críticos que afetam determinado corpo hídrico em um determinado momento (SILVA; JARDIM, 2006). Desse modo, o Grupo de Pesquisa, propôs 9 parâmetros distintos, caracteristicos para rios amazônicos de águas negras, que são: OD, DBO, pH, Turbidez, Condutividade Elétrica, Sólidos Dissolvidos, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Coliformes Termotolerantes, como indicadores ambientais de avaliação de águas negras.

O Estado do Amazonas ainda não regulamentou uma faixa de classificação de IQA para si, devido as características distintas e propriedades físico-químicas dos rios amazônicos. Entretanto, o GP-QAT adotou uma faixa de classificação para rios de águas negras, com o objetivo de classificar esse tipo de água devido as atividades e análises desenvolvidas no monitoramento ambiental da região (Tabela 3).

Tabela 3– Classificação do Índice de Qualidade de Água proposto pelo grupo de pesquisa – Química Aplicada a Tecnologia. **Fonte:** (GP-QAT (2024).

Categoria	Faixa do IQA para Rios de Águas Negras
PÉSSIMA	0 – 30
RUIM	31 – 59
REGULAR	60 – 74
BOA	75 – 84
ÓTIMA	85 – 100

O CERH aprovou o PERH/AM, com o intuito de fazer uma avaliação da qualidade dos rios das bacias hidrográficas de Manaus, através de análises quanto às características físicas, químicas e microbiológicas das águas, como: coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, cloretos, fosfatos, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrogênio total, sólidos totais e sólidos dissolvidos totais, turbidez e metais, acreditando que dessa forma será possível verificar a qualidade dos rios e igarapés do estado, e definir o IQA das águas do estado do Amazonas (SEMA, 2020).

5. METODOLOGIA

5.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na bacia do rio Tarumã-Açu, situado em Manaus - Amazonas, com as direções entre os paralelos 20º 11' 50" e 3º 03' 13"S e meridianos 59º 55' 08" e 60º 06' 21"W, à margem esquerda do rio Negro.

Realizou-se uma coleta mensal, pelo período de dez meses, em oito pontos (Tabela 4) distribuídos equidistantemente pela extensão da bacia do rio Tarumã-Açu (Figura 05), com início no mês de fevereiro e término no mês de novembro de 2024.

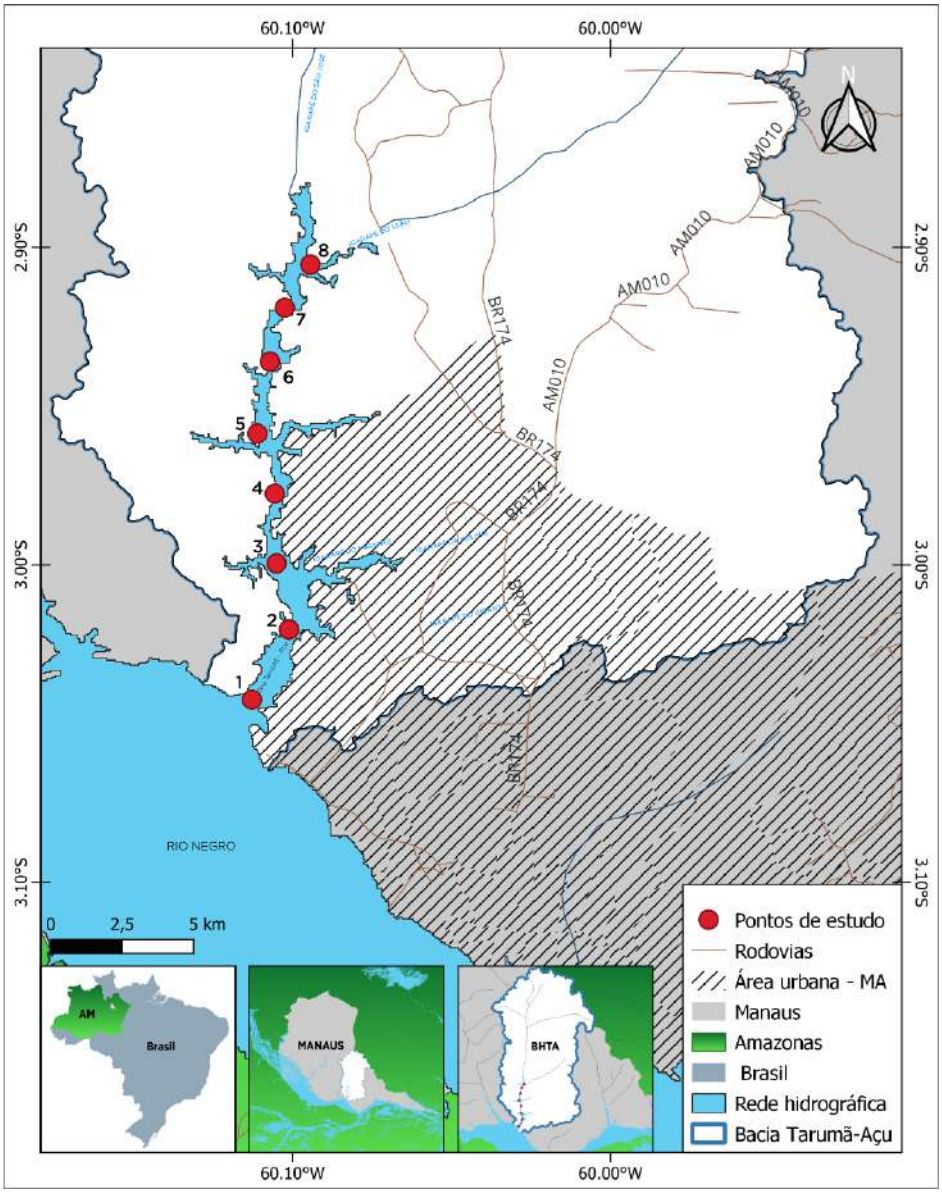


Figura 05: Localização dos oito pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu. **Fonte:** Próprio autor (2024).

Tabela 4 - Pontos de amostragem e coordenadas geográficas. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

Pontos	Latitude	Longitude
01	S -3.04244º	W -60.1128º
02	S -3.02035º	W -60.10114º
03	S -2.99951º	W -60.10506º
04	S -2.97751º	W -60. 1056º
05	S -2.9586º	W -60.11108º
06	S -2.93592º	W -60.10712º
07	S -2.91893º	W -60.1025º
08	S -2.90539º	W -60.09443º

5.2 PREPARO E COLETA

Na realização das coletas das amostras de água, foram necessários o preparo de kits de coleta, calibração de equipamentos e organização de equipe.

As amostras foram coletadas em frascos de polietileno que foram higienizados com água, sabão neutro, enxaguados com água deionizada por três vezes, seguido de secagem e separação. Utilizou-se 6 frascos em cada kit de coleta, e um kit para cada ponto de amostragem, e mais dois kits reservas, totalizando 10 kits. Cada kit foi identificado adequadamente com informações sobre o ponto de coleta, como a data, o tipo de análise para o qual aquele frasco foi direcionado e sempre que necessário, qual conservante à se adicionar (Anexo A). Um kit foi composto por 3 frascos de 1L, destinados as análises de fósforo, nitrogênio e metais, 2 frascos de 500 ml, destinados para as análises de cloreto e DBO, e 1 frasco de 125 ml, destinado à análise de coliformes. Os frascos de vidros destinados a armazenar as amostras de águas após sua filtração, para as análises de metais, após a primeira etapa de higienização, foram submergidos em solução de ácido nítrico (HNO_3) a 10% por 48 horas, seguidos de enxague com água deionizada por três vezes (CETESB, 2011).

Os equipamentos que auxiliaram nas análises in loco foram calibrados devidamente, seguindo a orientação do fabricante e utilizando-se dos padrões específicos adquiridos para cada eletrodo conforme orientação do fabricante. A Sonda Multiparâmetros (Hanna Instrument, Modelo HI98194) com precisão de ± 2% da leitura

ou 0,2 mg / 20 mg, fornece os dados de OD, DBO, pH, T ºC da água e T ºC do ar, foi calibrada em laboratório sempre um dia antes da coleta (Figura 6). O Turbidímetro (EPA - Modelo HI 98703), que fornece os dados de turbidez, foi calibrado antes de cada leitura durante a coleta (Figura 6).

Utilizou-se também durante as coletas, caixa térmica e gelo seco, ambos foram mantidos limpos e condicionados adequadamente, para a preservação das amostras até a chegada ao laboratório. O GPS (Garmin Etrex 32x) e transporte fluvial foram utilizados para a localização e chegada aos pontos de amostragens. As amostras coletadas foram encaminhadas EST-UEA, onde o GP-QAT, realizou as análises químicas, físicas e biológicas.

Figura 06: Sonda Multiparâmetros e Turbidímetro. **Fonte:** Próprio autor (2024).

Tabela 5 – Informações sobre o armazenamento e preservação das amostras. **Fonte:** CETESB (2011).

Ensaio	Recipiente	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade
Temperatura da água	-	-	-	-	Ensaio imediato
Temperatura do ar	-	-	-	-	Ensaio imediato
Oxigênio Dissolvido	-	-	-	-	Ensaio imediato
pH	-	-	-	-	Ensaio imediato
Condutividade Elétrica	-	-	-	-	Ensaio imediato
Turbidez	-	-	-	-	Ensaio imediato
Nitrato	P	250 mL	Resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	48h
Nitrito	P	250 mL	Resfriamento	Refrigeração 4 ºC ±	48h

			em gelo	2 ºC	
Nitrogênio Amoniacal	P, V	500 mL	Adicionar H_2SO_4 até pH <2 e resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	7 dias
Nitrogênio Orgânico	P, V	500 mL	Adicionar H_2SO_4 até pH <2 e resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	7 dias
Sólidos Totais	P, V	500 mL	Resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	7 dias
Sólidos Dissolvidos	P, V	500 mL	Resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	7 dias
Fosfato	P, V	500 mL	Adicionar H_2SO_4 até pH <2 e resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	28 dias
Fósforo Total	P, V	500 mL	Adicionar H_2SO_4 até pH <2 e resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	28 dias
Cloreto	P	500 mL	Resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	28 dias
Demanda Bioquímica de Oxigênio	P, V	500 mL	Resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	24h a 48h
Demanda Química de Oxigênio	P, V	250 mL	Adicionar H_2SO_4 até pH <2 e resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	7 dias a 28 dias
Coliformes Termotolerantes	P, V, SP	100 mL	Resfriamento em gelo	Refrigeração 2 ºC e 8 ºC, proteger da luz e não refrigerar	8h a 24h
Coliformes Totais	P, V, SP	100 mL	Resfriamento em gelo	Refrigeração 2 ºC e 8 ºC, proteger da luz e não refrigerar	8h a 24h
Metais e Semimetais Dissolvidos (solúveis)	P, V	250 mL	Adicionar HNO_3 até pH <2 e resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	Arsênio, Selênio e Antimônio – 6 meses Boro e Mercúrio - 28 dias
Metais e Semimetais em Suspensão (insolúveis)	P, V	100 mL	Adicionar HNO_3 até pH <2 e resfriamento em gelo	Refrigeração 4 ºC ± 2 ºC	Arsênio, Selênio e Antimônio – 6 meses Boro e Mercúrio - 28 dias

Legenda: (1) Recipiente: P = Frasco de plástico descartável de polímero inerte; V = Frasco de vidro neutro; SP = Sacos plásticos estéreis. (2) Volume necessário de amostra para a análise a se realizar; (3) Preservação química necessária para a amostra que é adicionado logo após sua coleta; (4) Intervalo de tempo a partir do momento da coleta da amostra para a realização da análise (R = Prazo regulatório, AC = Análise para controle); (5) Prazo máximo regulatório segundo o Standard Methods, 21ª ed., 2005; (6) Filtrar em membrana 0,45 mm. **Fonte:**(BAIRD et al., 2017;) APHA, (2012).

Tabela 6 - Informações das origens dos parâmetros analisado em laboratório. **Fonte:** (AOAC, 1995; BAIRD et al., 2017)

PARÂMETRO	FONTE	CAPÍTULO	PÁGINA
Nitrogênio Amoniacal	Standard Methods	4500 NH3	741 – 758
Nitrogênio Orgânico Kjeldahl	Standard Methods	4500 N Org	776 – 785
Nitrito	AOAC	4500 NO2	756 – 761
Nitrato	AOAC	4500 NO3	761 – 775
Fósforo	Standard Methods	4500 P	802 – 825
Fosfato	Standard Methods	4500 P	802 – 805
DBO	Standard Methods	5210	926 – 949
DQO	Standard Methods	5220	949 – 960
Cloretos	Standard Methods	4500 Cl	674 – 685
Coliformes Termotolerantes	Standard Methods	9000	1819 – 1821
Coliformes totais	Standard Methods	9000	1819 – 1821
Sólidos Totais	Standard Methods	2540	236 – 249
Sólidos Dissolvidos	Standard Methods	2540	236 – 249
Metais Solúveis	Standard Methods	3000	335 – 563
Metais em Suspensão	Standard Methods	3000	335 - 563

5.3 ANÁLISES

5.3.1 Fósforo Total e Fosfato

Para a determinação de fósforo total e fosfato foram realizados o preparo das seguintes soluções:

1. Solução de Ácido Ascórbico ($C_6H_8O_6$) 0,1 M

- pesou-se em uma balança analítica 1,7600 g de $C_6H_8O_6$, com o auxílio de uma espátula e um béquer de 100 mL;

- adicionou-se 60 mL de água destilada, homogeneizou-se com auxílio de bastão de vidro até total dissolução;

- escoou-se para o balão volumétrico de 100 mL;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco,

e homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de vidro âmbar e identificou-se.

2. Solução de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 5 N

- adicionou-se 250 mL de água destilada em um balão volumétrico de 500 mL;
- colocou-se o balão dentro de uma bacia com gelo;
- mediu-se 68,30 mL de H_2SO_4 concentrado, com uma pipeta graduada;
- escoou-se no balão volumétrico que estava na bacia com gelo;
- completou-se com água destilada até a menisco do balão;
- homogeneizou-se;
- armazenou-se em frasco de vidro âmbar e identificou-se.

3. Solução de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 6 M

- adicionou-se 250 mL de água destilada em um balão volumétrico de 1 L;
- colocou-se o balão dentro de uma bacia com gelo;
- mediu-se 326,82 mL de H_2SO_4 concentrado, com uma pipeta graduada;
- escoou-se no balão volumétrico que estava na bacia com gelo;
- completou-se com água destilada até a menisco do balão volumétrico de 1 L;
- homogeneizou-se;
- armazenou-se em frasco de vidro âmbar e identificou-se.

4. Solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 6 M

- pesou-se em uma balança analítica 240 g de NaOH, com o auxílio de uma espátula e um béquer de 500 mL;
- adicionou-se água destilada aos poucos e agitou-se com bastão de vidro, até completar a solubilização;
- transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L, lavou-se o béquer com água destilada, para garantir a total transferência;
- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;
- homogeneizou-se;
- armazenou-se em frasco de polietileno e identificou-se.

5. Solução de Molibdato de Amônia 40 g / L ($(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$)

- pesou-se em uma balança analítica 20 g de $(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$ com auxílio de uma espátula e um béquer de 100 mL;

- adicionou-se água destilada aos poucos, agitou-se com bastão de vidro, até completar a solubilização;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 500 mL, lavou-se o béquer com água destilada, para garantir a total transferência;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco âmbar de tampa de vidro esmerilada e identificou-se.

6. Solução de Fosfato de Potássio Monobásico Anidro (KH_2PO_4)

- pesou-se em uma balança analítica 0,2195 g de KH_2PO_4 com auxílio uma espátula e um béquer de 100 mL;

- adicionou-se água destilada aos poucos, agitou-se com bastão de vidro, até completar a solubilização;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L, lavou-se o béquer com água destilada, para garantir a total transferência;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco âmbar e identificou-se;

OBS: 1 mL= 50 μg PO_4^{3-} = solução estoque.

7. Solução de Antimônio Tartarato de Potássio 0,0082 M ($C_4H_2KO_6Sb.1.5H_2O$)

- pesou-se em uma balança analítica 1,3715 g de $C_4H_2KO_6Sb.1.5H_2O$ com auxílio de uma espátula e um béquer de 500 mL;

- adicionou-se água destilada aos poucos, agitou-se com bastão de vidro, até completar a solubilização;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 500,00 mL;

- lavou-se o béquer com água destilada, para garantir a total transferência;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco âmbar de tampa de vidro esmerilada e identificou-se.

8. Solução Indicadora de Fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$)

- pesou-se em uma balança analítica 0,5 g de $C_{20}H_{14}O_4$ com auxílio de uma espátula e um béquer de 100 mL;

- adicionou-se água destilada aos poucos, agitou-se com bastão de vidro, até completar a solubilização;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 50 mL, lavou-se o béquer com água destilada, para garantir a total transferência;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco âmbar pequeno com conta gotas e identificou-se.

9. Reagente Combinado

- utilizou-se das soluções preparadas para fazer o reagente combinado;

- adicionou-se as soluções na seguinte ordem em um erlenmeyer:

- 50 mL de ácido sulfúrico;

- 5 mL de antimônio tartarato de potássio;

- 15 mL de molibdato de potássio;

- 30 mL de ácido ascórbico;

- envolveu-se o erlenmeyer com papel alumínio;

- quando ocorre a turvação no reagente combinado, agita-se o mesmo e deixa-o repousar até que a turbidez desapareça antes de prosseguir;

OBS: o reagente combinado é estável por apenas 4 horas.

10. Reagente Combinando Branco

- utilizou-se das soluções preparadas para fazer o reagente combinado para o teste do branco;

- colocou-se as soluções na seguinte ordem:

- 50 mL de ácido sulfúrico;

- 5 mL de antimônio tartarato de potássio;

- 15 mL de molibdato de potássio;

Procedimento para a Análise de Fósforo Total (Figura 07):

- filtrou-se as amostras, com bomba a vácuo;

- mediu-se 50,00 mL de amostra filtrada com auxílio de uma bureta de 50,00 mL;

- colocou-se em um erlenmeyer de 125 ou 150 mL;

- preparou-se bonequinhas de gaze, algodão e barbante (tampas);

- pipetou-se 1,00 mL de H_2SO_4 6 M em cada amostra;

- em uma balança analítica, com auxílio de um vidro de relógio e uma espátula, pesou-se 0,5010 g a 0,5039 g de persulfato de potássio e adicionou-se em cada amostra;

- tampou-se com as bonequinhas e com papel kraft os erlenmeyers;

- autoclavou-se todas as amostras por 30 min entre 98 a 137 kPa à 121 °C;

- esperou-se esfriar;

-adicionou-se 0,05 mL (1 gota) da solução indicadora de fenolftaleína;

- neutralizou-se com NaOH 6 M até perceber uma cor rosa desbotada;

- adicionou-se H_2SO_4 5 N, gota a gota, até a cor rosa desaparecer de cada amostra;

- adicionou-se 8,00 mL de reagente combinado em cada amostra;

- esperou-se por 10 minutos a reação ocorrer;

- realizou-se a leitura em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 880 nm (Espectrofotômetro Shimadzu®, Modelo UV-1280);

- realizou-se o branco para cada amostra, seguindo o mesmo procedimento, contudo, no lugar do reagente combinado, adicionou-se o reagente branco.

Figura 07: Esquema de determinação de Fósforo Total. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.2 Fosfato

Procedimento para a Análise de Fosfato (Figura 08):

- filtrou-se as amostras, com bomba a vácuo;
- mediu-se 50,00 mL de amostra filtrada, com auxílio de uma bureta de 50,00 mL;
- adicionou-se 8,00 mL de reagente combinado em cada amostra;
- esperou-se por 10 minutos a reação ocorrer;
- realizou-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 880 nm;
- realizou-se o branco para cada amostra, seguindo o mesmo procedimento, contudo, no lugar do reagente combinado adicionou-se o reagente branco.

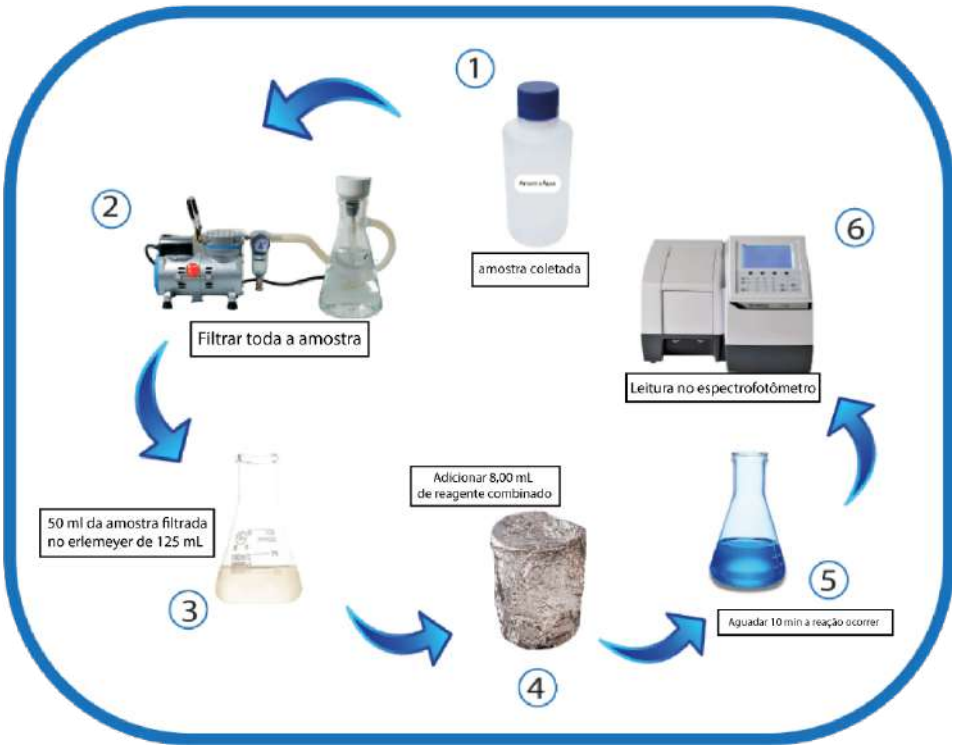


Figura 08: Esquema de determinação de Fosfato. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.3 Coliformes Totais e Termotolerantes

Para a detecção e quantificação de coliformes utilizou-se o método quali-quantitativo Colilert® (IDEXX laboratórios, USA), que se baseia na tecnologia do substrato cromogênico para detecção de coliformes totais e coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) na água em período de 24 horas. Para realização das análises, seguiu-se os seguintes passos:

- mediu-se com o auxílio da proveta, 10 mL de amostra;

- diluiu-se para 100 mL com água destilada (adicionando-se 90 mL de água destilada, logo, o fator de diluição é de 10x);

- transferiu-se pra um frasco estéril;

- adicionou-se o substrato colilert;

- agitou-se até completar a solubilização do substrato;

- transferiu-se a solução para as cartelas de colilert (estas possuem 48 cavidades grandes e 48 cavidades pequenas);

- selou-se a cartelas com o auxílio da seladora (Quanti-Tray® Sealer Model 2X);

- colocou-se as cartelas seladas na incubadora por 24 horas à 37 ºC (Incubadora BOD modelo NT 705, Nova Técnica);

- retirou-se as cartelas da incubadora;

- as cartelas foram lidas no intervalo de 24 à 28 horas após o período de incubação;

- anotou-se a quantidade de cavidades grandes e pequenas que mudaram de cor (incolor para amarelo);

- procurou-se os valores obtidos das cavidades grandes (vertical) e pequenas (horizontal) na tabela IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN/100mL fornecida pelo fabricante do método Colilert (ANEXO B);

- anotou-se o valo encontrado;

- multiplicou-se o valor encontrado pelo fator de diluição;

- o resultado obtido é o valor equivalente de coliformes totais existentes em 100 mL da água coletada (Figura 09);

Em seguida:

- expôs-se cada cartela a luz ultra violeta à 365 nm em câmara escura;

- anotou-se a quantidade de cavidades grandes e pequenas que mudaram de cor (apresentam fluorescência);

- procurou-se os valores obtidos das cavidades grandes (vertical) e pequenas (horizontal) na tabela IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN/100mL fornecida pelo fabricante do método Colilert (ANEXO B);

- anotou-se o valo encontrado;

- multiplicou-se o valor encontrado pelo fator de diluição;

- o restado obtido é o valor equivalente de coliformes termotolerantes existentes em 100 mL da água coletada (Figura 10);

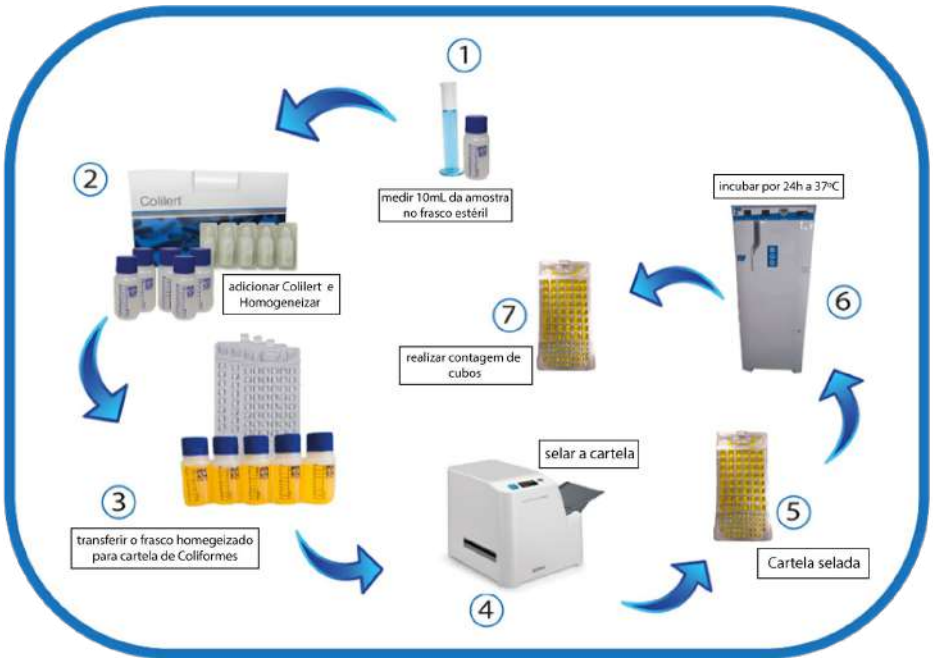


Figura 09: Esquema de determinação de Coliformes Totais. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

Figura 10: Esquema de determinação de Coliformes Termotolerantes. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.4 Nitrogênio Amoniacal

Para a determinação de nitrogênio amonical (Figura 11), utilizou-se o Fotômetro Multiparâmetro Hanna (Modelo HI83399) portátil, conforme orientação do fabricante:

- adicionou-se 1 mL da amostra em uma cubeta de 10ml;

- adicionou-se o reagente B (HI93733B-0);

- homogeneizou-se;

- colocou-se a cubeta no equipamento;

- seguiu-se os passos que foram indicados na tela do equipamento (zerar);

- retirou-se a cubeta do quipamento;

- adicionou-se 4 gotas do reagente A (HI93711A-0);

- colocou-se a cubeta no equipamento novamente;

- seguiu-se os passos que foram indicados na tela do equipamento (leitura da amostra);

- a leitura foi relizada em 3minutos e 30 segundos;

- o resultado apareceu no visor do equipamento;

- anotou-se o valor.

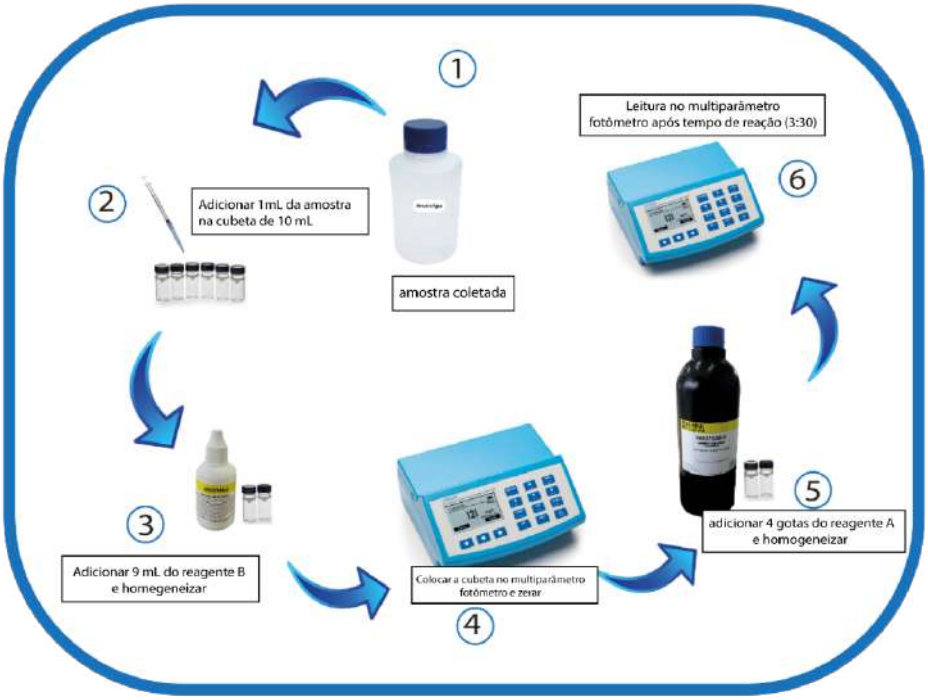


Figura 11: Esquema de determinação de Nitrogênio Amoniacal. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.5 Nitrogênio Orgânio Kjeldahl

Para a determinação de nitrogênio orgânico (Figura 12), utilizou-se o método de Kjekdahl, em que foram necessários o preparo das seguintes soluções:

1. Reagente Hidróxido de Sódio (NaOH) + Tiossulfato de Sódio ($Na_2S_2O_3$)

- pesou-se em uma balança analítica 500 g de NaOH e 25 g de $Na_2S_2O_3$, com

auxílio de uma espátula e um béquer;

- adicionou-se água destilada aos poucos, agitando-se com bastão de vidro, até completar a solubilização;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de plástico e identificou-se.

2. Reagente de Digestão

- pesou-se em uma balança analítica, 134 g de sulfato de potássio (K_2SO_4) e 7,3 g de sulfato de cobre ($CuSO_4$), com auxílio de uma espátula e um béquer;

- adicionou-se água destilada aos poucos, agitou-se com bastão de vidro, até completar a solubilização;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L;

- adicionou-se 134 mL de H_2SO_4 concentrado;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- aguardou-se o resfriamento e homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de vidro âmbar e identificou-se.

3. Solução de Tampão Borato

- adicionou-se 88,00 mL de NaOH 0,1 M a 500 mL de solução de tetraborato de sódio ($Na_2B_4O_7$) a 0,025 M;

- combinou-se as soluções em um balão volumétrico de 1 L;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de plástico e identificou-se.

4. Solução de Indicador Misto

- pesou-se em uma balança analítica 200 mg de vermelho de metila, com auxílio de uma espátula e um béquer;

- adicionou-se 100 mL de etanol à 95 %;

- pesou-se em uma balança analítica 100 mg de azul de metileno, com auxílio de uma espátula e um béquer;

- adicionou-se 50 mL de etanol à 95%;

- combinou-se as soluções em um balão volumétrico;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de vidro âmbar e identificou-se.

5. Solução Ácido Bórico (H_3BO_3) 2 %

- pesou-se em uma balança analítica 20 g de H_3BO_3, com auxílio de uma espátula e um béquer;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- aguardou-se o resfriamento e homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de vidro âmbar e identificou-se.

6. Solução Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 0,01 M

- adicionou-se 250 mL de água destilada em um balão volumétrico de 1 L;

- colocou-se o balão dentro de uma bacia com gelo;

- adicionou-se 0,55 mL de H_2SO_4 com auxílio de pipeta graduada;

- escoou-se no balão volumétrico que estava na bacia com gelo;

- completou-se com água destilada até a menisco do balão;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de vidro âmbar e identificou-se.

7. Solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 6 M - Reagente de Digestão

- pesou-se em uma balança analítica 240 g de NaOH, com auxílio de uma espátula e um béquer;

- transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de plástico e identificou-se.

Procedimento para a Análise de Nitrogênio Orgânio:

- mediu-se 50 mL da amostra, com auxilio de uma proveta;
- transferiu-se para o balão kjeldahl;
- adicionou-se 50 ml do reagente de digestão;
- digeriu-se no destilador de nitrogênio até que ocorreu uma redução entre 25 a 50 mL do volume, com a presença de vapores brancos;
- aguardou-se esfriar;
- adicionou-se 300 mL de água destilada;
- adicionou-se 50 mL de NaOH e $Na_2S_2O_3$ no balão kjeldahl;
- adicionou-se 50 mL de H_3BO_3 2% e 4 gotas de indicador misto ao erlenmeyer de 500 mL que coleta o destilado;
- coletou-se aproximadamente 200 ml do destilado no erlenmeyer;
- no destilado coletado, realizou-se uma titulação usando uma solução de H_2SO_4 0,01 M até que percebeu-se a mudança da cor da amostra para uma cor lavanda clara;
- anotou-se o volume de H_2SO_4 gasto na titulação.

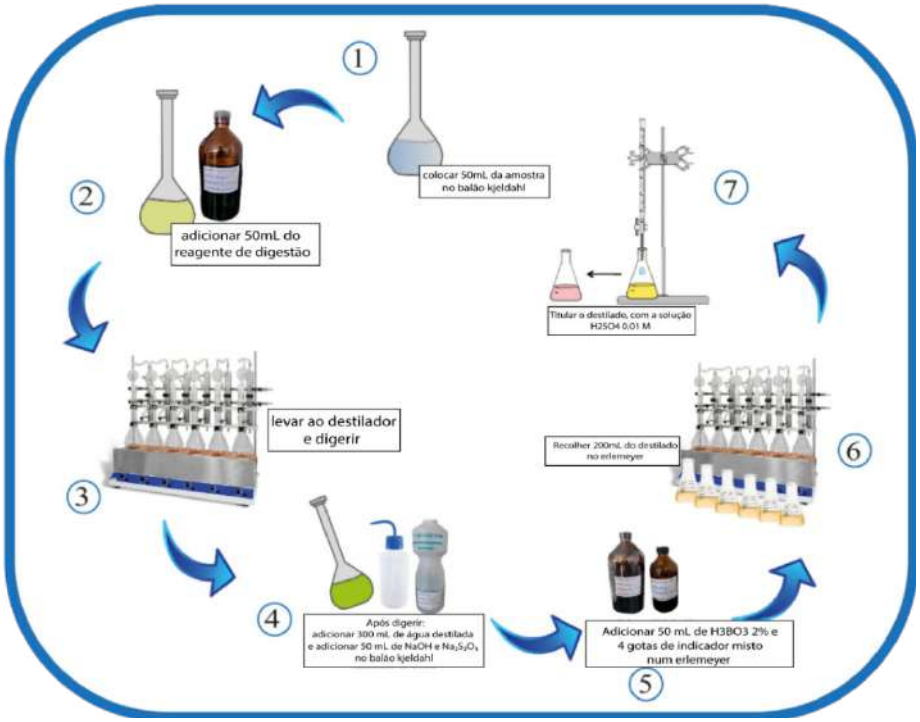


Figura 12: Esquema de determinação de Nitrogênio Orgânico. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.6 Nitrito

Para a determinação de nitrito (Figura 13), utilizou-se o Fotômetro Multiparâmetro Hanna (Modelo HI83300) portátil, conforme orientação do fabricante:

- selecionou-se o método nitrito no equipamento;
- adicionou-se 10 mL da amostra em uma cubeta de 10 ml;
- colocou-se a cubeta no equipamento;
- seguiu-se os passos que foram indicados na tela do equipamento (zerar);
- retirou-se a cubeta do equipamento;
- adicionou-se o reagente de nitrito (HI93708-0);
- homogeneizou-se e agitou-se levemente a solução até completar a dissolução;
- colocou-se a cubeta no equipamento;
- seguiu-se os passos que foram indicados na tela do equipamento (leitura da amostra);
- esperou-se a leitura da amostra (10 minutos);
- o resultado apareceu no visor do equipamento;
- anotou-se o valor;
- repetiu-se o procedimento duas vezes para cada amostra;
- calculou-se a concentração média de nitrito para cada amostra.

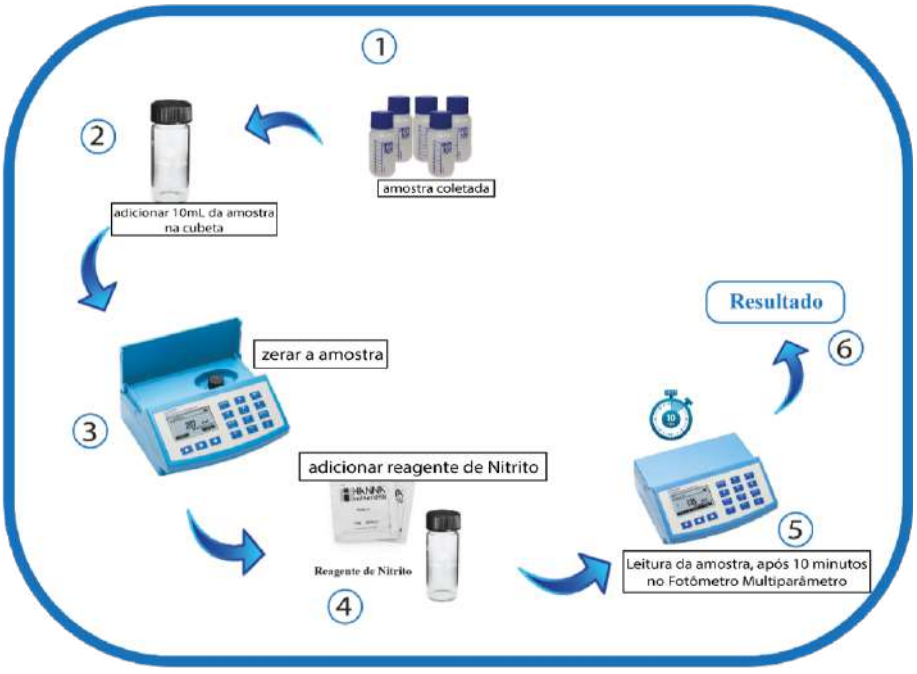


Figura 13: Esquema de determinação de Nitrito. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.7 Nitrato

Para a determinação de nitrato (Figura 14), utilizou-se o Fotômetro Multiparâmetro Hanna (Modelo HI97728) portátil, conforme orientação do fabricante:

- selecionou-se o método nitrato no equipamento;
- adicionou-se 10 mL da amostra em uma cubeta de 10 ml;
- colocou-se a cubeta no equipamento;
- seguiu-se os passos que foram indicados na tela do equipamento (zerar);
- retirou-se a cubeta do equipamento;
- adicionou-se o reagente de nitrato (HI93728-0);
- homogeneizou-se e agitou-se levemente a solução pelo período de 1 minuto, para a dissolução;
- colocou-se a cubeta no equipamento;
- seguiu-se os passos que foram indicados na tela do equipamento (leitura da amostra);
- esperou-se a leitura da amostra (4 minutos e 30 segundos);
- o resultado apareceu no visor do equipamento;
- anotou-se o valor;
- repetiu-se o procedimento duas vezes para cada amostra;
- calculou-se a concentração média de nitrato para cada amostra.

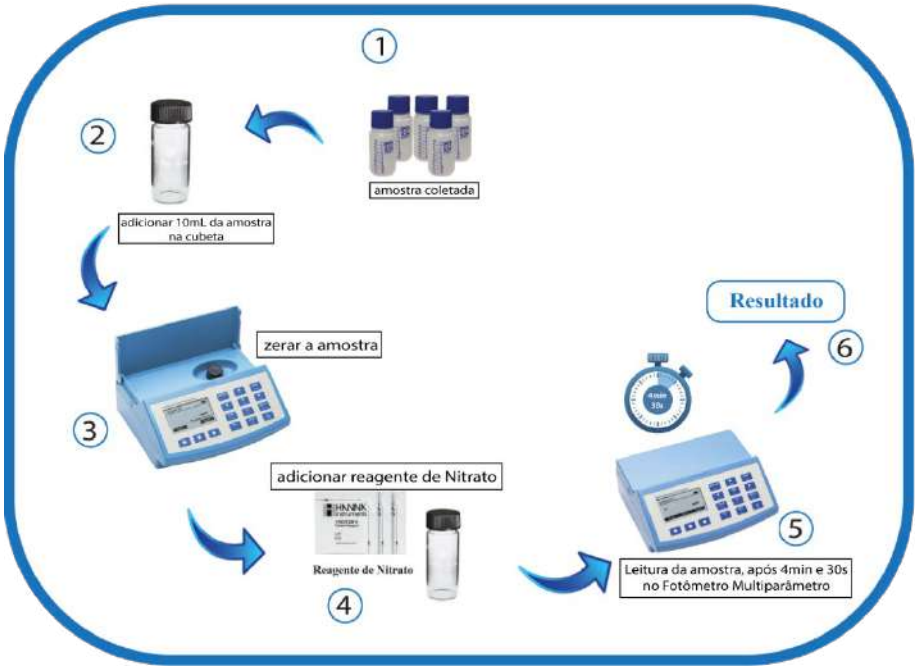


Figura 14: Esquema de determinação de Nitrato. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.8 Cloreto

Para determinação de cloreto foram necessários o preparo das seguintes soluções:

1. Solução de Nitrato de Prata ($AgNO_3$) 0,0141 M

- pesou-se em uma balança analítica 3,935g de $AgNO_3$, com auxílio de uma espátula e um béquer de 100 mL;
- diluiu-se com água destilada;
- transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 mL, lavou-se o béquer com água destilada, para garantir a total transferência;
- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;
- homogeneizou-se;
- armazenou-se em frasco âmbar e identificou-se.

2. Solução de Cromato de Potássio (K_2CrO_4) 0,05 M

- pesou-se em uma balança analítica 50g de K_2CrO_4 com auxílio de uma espátula e um béquer de 100 mL;
- dissolveu-se em 100 mL de água destilada;
- quando um precipitado na cor vermelha surgiu e permaneceu, deixou-se repousar a solução por 12 horas;
- após, filtrou-se a solução utilizando bomba a vácuo;
- transferiu-se o filtrado para um balão volumétrico de 1 L;
- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;
- homogeneizou-se;
- armazenou-se em frasco âmbar e identificou-se.

3. Solução de Hidróxido de Sódio (NaOH)

- pesou-se em uma balança analítica 40g de NaOH com auxílio de uma espátula e um béquer de 100 mL;
- dissolveu-se em água destilada, homogeneizou-se;
- tranferiu-se para um balão volumétrico de 1 L;
- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o

menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco de polietileno e identificou-se.

4. Solução de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

- adicionou-se 250 mL de água destilada ao balão volumétrico de 1 L;

- mediu-se 16,74 mL de H_2SO_4 concentrado, com auxilio de uma pipeta graduada;

- escoou-se no balão volumétrico com água destilada;

- completou-se com água destilada até a marca do balão, observando-se o menisco;

- homogeneizou-se;

- armazenou-se em frasco âmbar e identificou-se.

Procedimento para a Análise de Cloreto (Figura15):

- mediu-se 400 mL da amostra com o auxílio de uma proveta;

- transferiu-se para um bequer de 500 mL;

- acrescentou-se 1 mL de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) à 30%;

- agitou-se a amostra pelo periodo de 1 minuto;

- ajustou-se o pH da amostra com as soluções de H_2SO_4 e NaOH, até que o pH ficasse na faixa de 7 a 10;

- transferiu-se com a proveta, 100 mL da amostra para um erlenmeyer. Repetiu-se esse procedimento três vezes para cada amostra;

- adicionou-se 1 mL da solução indicadora de K_2CrO_4 em cada erlenmeyer e homogeneizou-se;

- titulou-se com solução de $AgNO_3$ 0,0141 M;

- anotou-se o volume de $AgNO_3$ gasto na titulação das amostras;

- realizou-se os cálculos para a determinação da concentração.

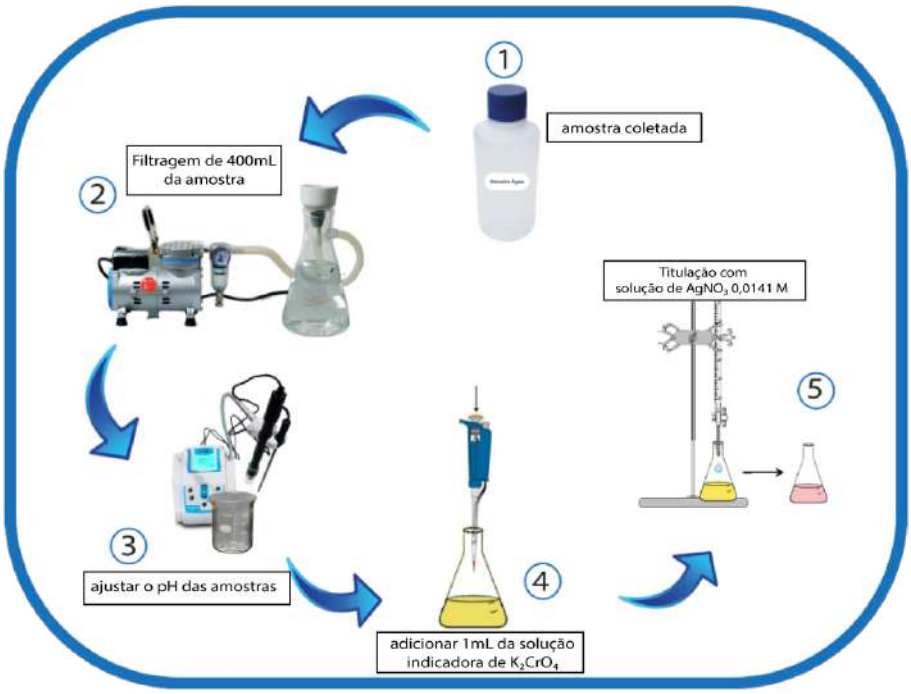


Figura 15: Esquema de determinação de Cloreto. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

A concentração dos íons de cloreto foi obtida através da equação:

$$\text{mg/L Cl} = \frac{\text{(A - B) x N x 35,450}}{\text{mL da amostra}} \qquad \textbf{Equação 3}$$

Onde:

A: volume da solução de $AgNO_3$ gasto para titular a amostra, em mL;

B: volume da solução de $AgNO_3$ gasto para titular o branco, em mL;

N: normalidade do titulante.

A solução de $AgNO_3$ foi padronizada com solução de NaCl padrão. Ao final, o valor da concentração da solução de $AgNO_3$ deu-se pela equação:

$$AgNO_3(M) = \frac{100 \text{ x } 0{,}0141 \text{ M}}{\text{V de } AgNO_3} \qquad \textbf{Equação 4}$$

Onde:

$AgNO_3$ (**M**): concentração molar de $AgNO_3$;

V $AgNO_3$: volume da solução de AgNO3, em mL.

5.3.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5)

Para a determinação da demanda bioquímica de oxigênio (Figura 16), o seguinte procedimento foi seguido:

- adicionou-se em um béquer 400 mL da amostra, com auxílio de uma proveta;
- ajustou-se o pH da amostra com as soluções de H_2SO_4 e NaOH, até que o pH ficasse na faixa de 6,5 a 7,5;
- transferiu-se toda amostra para um frasco âmbar de 500 mL;
- adicionou-se uma barra magnética ao frasco âmbar;
- adicionou-se suporte de borracha no frasco âmbar e, adicionou-se de 3 a 5 gotas da solução hidróxido de potássio 45% (SQ33770-500);
- encaixou-se o sensor Respirometric Sensor BOD5 na boca do frasco âmbar;
- ativou-se o sensor para leitura de acordo com o manual do fabricante;
- colocou-se as amostra na incubadora BOD5 por 5 dias, sob agitação constante e à temperatura de 20 ºC;
- anotou-se o valor da concentração de DBO5.

Figura 16: Esquema de determinação de DBO5. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.10 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para a determinação da demanda química de oxigênio, preparou-se as seguintes soluções:

1. Solução de Digestão

- secou-se dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em estufa por 2 horas à 103 ºC;

- pesou-se em uma balança analítica com o auxílio de uma espátula e um vidro de relógio 2,5540 g de $K_2Cr_2O_7$;

- mediu-se 41,75 mL de H_2SO_4 concentrado à 98% P.A, com o auxílio de uma pipeta graduada;

- pesou-se em uma balança analítica com o auxílio de uma espátula e um vidro de relógio 8,3250 g de sulfato de mercúrio (Hg_2SO_4);

- adicionou-se 50 mL de água destilada em um béquer de 150 mL;

- adicionou-se o $K_2Cr_2O_7$ e homogeneizou-se;

- adicionou-se lentamente o H_2SO_4 e homogeneizou-se;

- adicionou-se o Hg_2SO_4 e homogeneizou-se;

- transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 250 mL;

- lavou-se o béquer com um pouco de água destilada por três vezes e verteu-se essa água no balão volumétrico;

- completou-se o balão volumétrico com água destilada até o menisco;

- aguardou-se o resfriamento;

- armazenou-se em frasco âmbar de vidro e identificou-se.

2. Reagente de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

- pesou-se em uma balança analítica com o auxílio de uma espátula e um vidro de relógio 2,03 g de sulfato de prata ($AgSO_4$);

- colocou-se em um frasco âmbar de vidro;

- mediu-se 200 mL de H_2SO_4 concentrado à 98% P.A, com auxílio de uma proveta graduada;

- transferiu-se o H_2SO_4 para o frasco âmbar que continha o $AgSO_4$ e homogeneizou-se;

- identificou-se o frasco.

Procedimento para a análise de DQO (Figura 17):

- separou-se e identificou-se tubos de ensaio, três tubos para cada amostra (réplica de 3x);

- adicionou-se 2,5 mL de amostra em cada tubo;

- adicionou-se 1,5 mL da solução de digestão;

- adicionou-se 3,5 mL do reagente de H_2SO_4;

- homogeneizou-se;

- colocou-se os tubos no bloco digestor (Tecnal, Modelo TE-021) a 150 ºC por 2 horas;

- aguardou-se esfriar e transferiu-se a solução para um béquer de 10 mL;

- deixou-se em repouso por no mínimo 12 horas;

- realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Shimadzu, Modelo UV-1280) no comprimento de onda 600 nm;

- anotou-se as absorbâncias;

- calculou-se as médias das absorbâncias de cada amostra;

- calculou-se a concentração de DQO das amostras com o auxílio da equação da curva analítica.

Curva Analítica da Análise de DQO

- preparou-se soluções padrões de biftalato de potássio ($C_8H_5KO_4$);

- estabeleceu-se as as concentrações de 10 mg / L, 40 mg / L, 60 mg / L, 90 mg / L, 120 mg / L, 150 mg / L, 180 mg / L, 220 mg / L, 250 mg / L e 300 mg / L para realização da curva;

- pesou-se em uma balança analítica com o auxílio de uma espátula e um vidro de relógio 0,5123 g de sulfato biftalato;

- mediu-se em buretas de 50 mL, os volumes 1,66 mL, 6,66 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL, 30 mL, 36,66 mL, 41,66 mL e 50 mL;

- acrescentou as respectivas concentrações em balões volumétricos de 50 mL;

- avoloumou-se até o menisco dos balões;

- homogeneizou-se;

- transferiu-se para os tubos de digestão;

- colocou-se os tubos no bloco digestor (Tecnal, Modelo TE-021) a 150 ºC por 2 horas;

- esfriou-se

- realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Shimadzu, Modelo UV-1280) no comprimento de onda 600 nm;

- anotou-se as absorbâncias;

- uitilizou-se o programa Excel para elaboração da curva analítica.

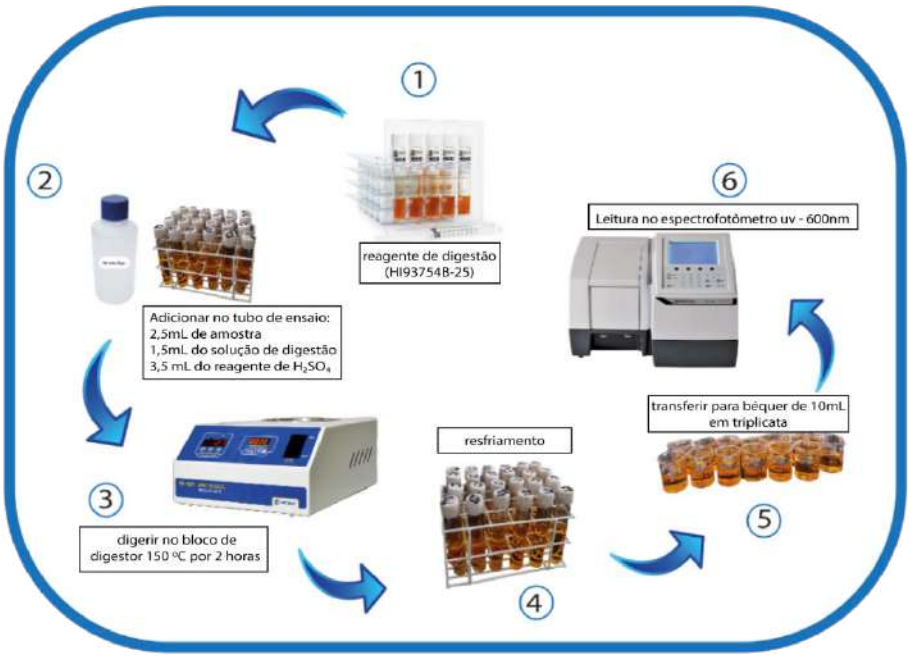


Figura 17: Esquema de determinação de Demanda Química de Oxigênio. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.11 Sólidos Totais

Para a determinação de sólidos totais (Figura 18) seguiu-se os seguintes passos:

- higienizou-se os cadinhos com sabão neutro e água destilada;

- colocou-se na estufa (Tecnal, Modelo TE – 394/4) em temperatura de 105 ºC por 24 horas;

- transferiu-se os cadinhos para um dessecador, onde ficaram por 1 hora;

- realizou-se a pesagem dos cadinhos em uma balança analítica;

- anotou-se os pesos de cada cadinho;

- levou-se novamente os cadinhos para estufa, onde ficaram por mais 1 hora à 105 ºC;

- transferiu-se os cadinhos para o dessecador, onde ficaram por mais 1 hora;

- realizou-se a pesagem dos cadinhos em uma balança analítica;

- anotou-se os pesos de cada cadinho;

OBS: caso a diferença dos pesos de cada cadinho fosse maior que 0,3 g, o procedimento de “estufa 105 ºC / 1 hora, dessecador por 1 hora”, então, repetia-se essa parte do procedimento até que ocorresse a estabilização da massa, não ultrapassando as 0,3 g.

- mediu-se 100 mL de amostra com auxílio de uma proveta;

- transferiu-se para os cadinhos;

- colocou-se na estufa em temperatura de 105 ºC por 24 horas;

- realizou-se a análise em replicata de três vezes para cada amostra, logo, três cadinhos com a mesma amostra;

- colocou-se os cadinhos no dessecador, por 1 hora;

- realizou-se a pesagem dos cadinhos em balança analítica;

- anotou-se o peso de cada cadinho;

- calculou-se a quantidade de sólidos presente nas amostras.

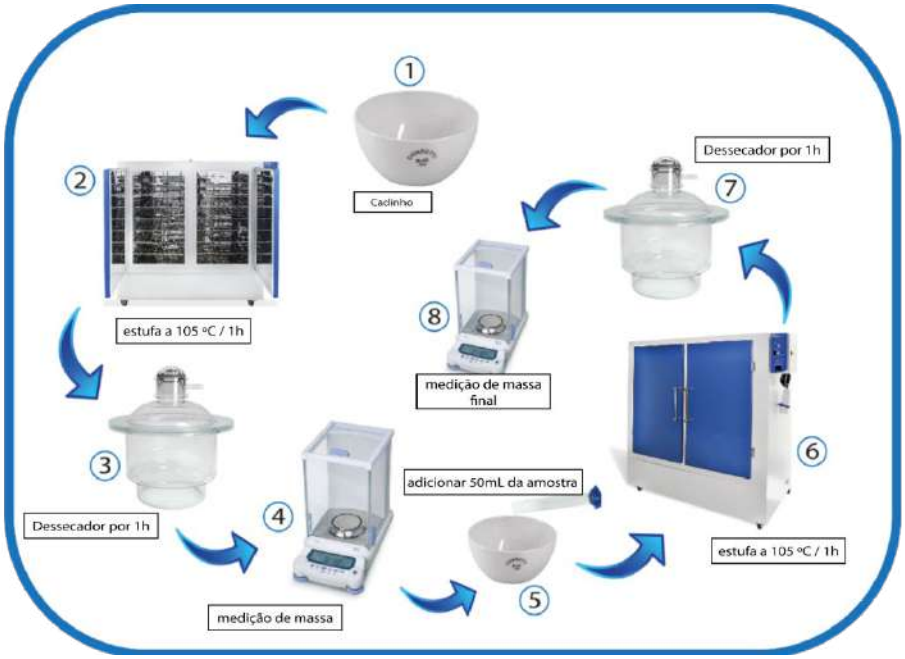


Figura 18: Esquema de determinação de Sólidos Totais. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

O cálculo para a determinação de sólidos totais foi realizado da seguinte forma:

$$ST\ (mg/L)_3 = \frac{(P1 - P0) \times 1000}{mL\ da\ amostra} \qquad \textbf{Equação 5}$$

Onde:

P1 = peso do resíduo seco + cadinho (mg);

P0 = peso do cadinho seco (mg).

5.3.12 Sólidos Dissolvidos

Para determinação de sólidos dissolvidos (Figura 19), seguiu-se os seguintes

passos:

- higienizou-se os cadinhos com sabão neutro e água destilada;

- colocou-se na estufa em temperatura de 105 ºC por 24 horas;

- transferiu-se os cadinhos para um dessecador, onde ficaram ficar por 1 hora à 105 ºC;

- realizou-se a pesagem dos cadinhos em uma balança analítica;

- anotou-se os pesos de cada cadinho;

- levou-se novamente os cadinhos para estufa, onde ficaram por mais 1 hora à 105 ºC;

- transferiu-se os cadinhos para o dessecador, onde ficarão por mais 1 hora à 105 ºC;

- pesou-se os cadinhos;

- anotou-se os pesos dos cadinhos;

OBS: caso a diferença dos pesos de cada cadinho fosse maior que 0,3 g, o procedimento de "estufa 105 ºC / 1 hora, dessecador por 1 hora e pesagem", então, repetia-se essa parte do procedimento até que ocorresse a estabilização da massa, não ultrapassando as 0,3 g.

- filtrou-se 100 mL de amostra, com o auxílio de bomba a vácuo;

- transferiu-se a amostra filtrada para o cadinho, com auxílio de uma proveta de 100 mL;

- realizou-se a análise em replicata de três vezes, logo, três cadinhos com a mesma amostra;

- colocou-se os cadinhos na estufa em temperatura de 105 ºC por 24 horas;

- colocou-se os cadinhos no dessecador por 1 hora;

- realizou-se a pesagem dos cadinhos em balança analítica;

- anotou-se o peso de cada cadinho;

- calculou-se a quantidade de sólidos dissolvidos presente nas amostras.

Figura 19: Esquema de determinação de Sólidos Dissolvidos. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

Para calcular os sólidos dissolvidos utilizou-se a equação a seguir:

$$\text{SDT (mg/L)}_3 = \frac{\text{(P2 - P0) x 1000}}{\text{mL da amostra}} \qquad \textbf{Equação 6}$$

Onde:

P2 = peso do resíduo seco + cadinho (mg);

P0 = peso do cadinho seco (mg).

5.3.13 Metais em Suspensão

Para a determinação de metais em suspensão (Figura 20), seguiu-se o seguinte procedimento:

- filtrou-se 100 mL de amostra, com auxílio de uma bomba a vácuo;
- utilizou-se um filtro de 0,45 µm, da marca Millipore para a filtragem;
- retirou-se o filtro após a filtragem, com auxílio de uma pinça;
- transferiu-se o filtro para um eppendorf;
- armazenou-se o filtro sob refrigeração de 4 ºC, até o momento da digestão.

Processo de Digestão e Análise:

- identificou-se os linners;

- colocou-se 3 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em um linner;

- retirou-se o filtro do eppendorf;

- transferiu-se o filtro para o linner, com auxilio de uma pinça;

- adicionou-se 10 mL de ácido nítrico 10% P.A (HNO_3);

- alocou-se o linner no digestor (Marca: One Touch Technology; Modelo: MARS6 Extration);

- realizou-se a configuração do equipamento de digestão, seguindo o manual do fabricante;

- configurou-se para 30, 20 e 10 minutos de digestão;

- esperou-se a digestão ocorrer;

- aguardou-se o resfriamento das soluções;

- colocou-se a amostra contida no linner em um frasco de polietileno de 50 mL com identificação;

- transferiu-se para tubos de ensaio;

- realizou-se a leitura da amostra no equipamento de Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) (Shimadzu, Modelo ICPE-9820).

Figura 20: Esquema de determinação dos Metais em Suspensão. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

5.3.14 Metais Solúveis

Para determinação de metais solúveis (Figura 21), seguiu-se o seguinte procedimento:

- filtrou-se 100 mL das amostras com auxílio de uma bomba a vácuo;
- transferiu-se a amostra filtrada para um frasco âmbar de 50 mL;
- adicionou-se gotas de HNO_3;
- verificou-se se o pH estava menor que 2, com o auxílio de fita pH (Macherey-Nagel);
- armazenou-se as amostras na geladeira em temperatura de 4 ºC até a realização da análise;
- para a análise, retirou-se as amostras da geladeira e deixou que chegassem a temperatura ambiente;
- transferiu-se as amostras para seus devidos tubos de ensaio;
- realizou-se a leitura das amostras no equipamento de Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) (Shimadzu, Modelo ICPE-9820).

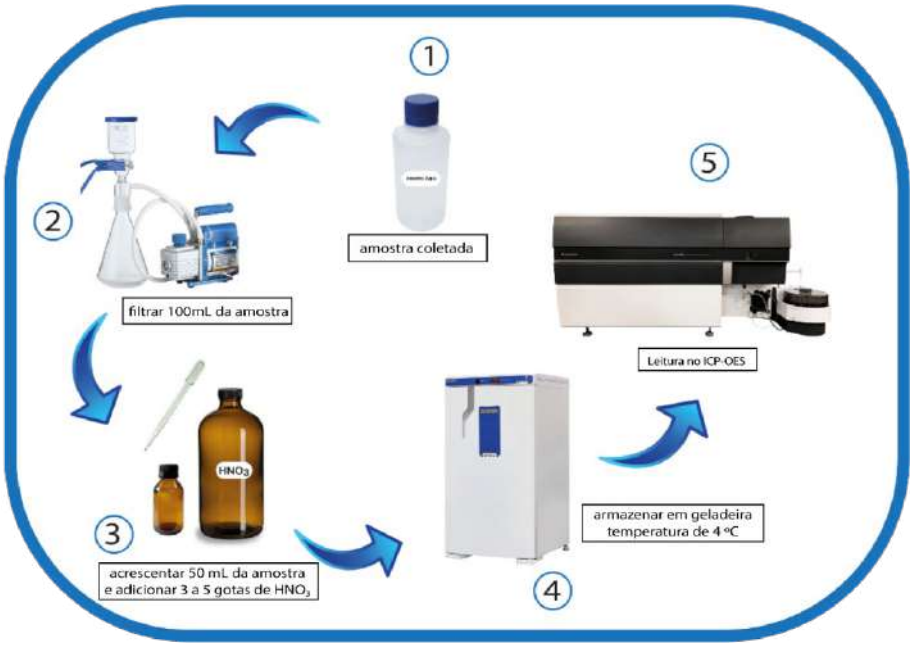


Figura 21: Esquema de determinação dos Metais Solúveis. **Fonte:** Próprio Autor (2024).

As amostras de metais em suspensão e metais solúveis foram quantificadas na faixa de suas respectivas concentrações, após a geração da curva analítica com o auxílio do ICP-OES (Anexo C).

5.4 ANÁLISES DOS DADOS

Para a apresentação e análise dos dados, foram utilizados gráficos e análises estatísticas, os quais contemplam todos os parâmetros estudados, incluindo o cálculo do fator de enriquecimento para os metais analisados. A manipulação e análise dos dados, bem como a geração das figuras, foram realizadas utilizando o Software R, uma ferramenta amplamente empregada para processamento e visualização de dados experimentais.

5.4.1 ANÁLISE ESTÁTISTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva é uma ferramenta fundamental para a organização e resumo dos dados, permitindo uma visão clara das principais características do conjunto analisado. Ela é composta por diversas medidas, como a média, que indica o valor central dos dados; o desvio padrão, que mede a dispersão dos dados em torno da média; e as medidas de mínima e máxima, que fornecem o intervalo de variação dos dados. Além disso, a mediana representa o valor central dos dados quando organizados em ordem crescente ou decrescente, e a moda indica o valor que ocorre com maior frequência (NETO, 2004).

Para a melhor compreensão dos resultados das concentrações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foi realizada uma estatística descritiva para cada parâmetro identificado. Para essa análise de cada conjunto de dados das amostras. Os resultados estão organizados e podem ser consultados no Anexo D.

5.4.2 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Desenvolvida por Karl Pearson em 1901, a Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica estatística que tem como objetivo principal demonstrar a variância e covariância de um vetor aleatório por meio de combinações lineares das variáveis originais, conhecidas como componentes principal (CP). Essa técnica é amplamente utilizada para reduzir a dimensionalidade de conjuntos de dados com um grande número de variáveis, preservando, na medida do possível, as informações mais relevantes das variáveis (SAHOO; PATRA; KHATUA, 2015).

As componentes que explicam a maior variabilidade dos dados são selecionadas

de modo a caracterizar a base de dados. Em bases ambientais, grande parte da contribuição das variáveis é capturada pelas primeiras componentes principais, pois as componentes que estão mais distantes possuem uma menor relevância estatística para ACP quando comparada as primeiras componentes geradas (GOTELLI; ELLISON, 2016; HAIR, 2009).

Para a aplicação da técnica de ACP aos dados no software R, utilizou-se o pacote *factoextra*, que executa automaticamente a padronização dos dados para eliminar o efeito de escala e unidades, através da conversão das variáveis para escores padrões. As principais funções utilizadas do pacote foram:

- **princomp:** que permitiu-se gerar os escores das variáveis e CP.
- **fviz_eig:** permitindo visualizar a variância explicada por cada CP e determinar o número ideal de CPs a serem retidas.
- **fviz_pca_var:** auxiliou a gerar o gráfico de vetores, representando as variáveis no espaço da CP, facilitando a interpretação dos padrões e relação nos dados.

5.4.3 ANÁLISE DE CLUSTER

A Análise de Cluster (AC) é uma técnica multivariada usada para classificar um sistema de objetos em agrupamentos ou clusters, com base nas suas similaridades ou dissimilaridades, frequentemente medidos por distâncias euclidianas (CRISPIM; FERNANDES; ALBUQUERQUE, 2019).

Para identificar as possíveis fontes e as similaridades entre os pontos de estudo, com base na qualidade da água, foi aplicada aos dados deste estudo o dendograma hierárquico de Cluster. A técnica de agrupamento hierárquico conecta as amostras com base nas suas associações, gerando um dendrograma onde as amostras semelhantes, de acordo com as variáveis selecionadas, são agrupadas entre si (YUSUP; ALKARKHI, 2011). A interpretação básica dessa abordagem é que quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras.

Conforme Almeida e Frischkorn (2015), o dendrograma hierárquico são particularmente úteis para visualizar as semelhanças entre amostras ou objetos, especialmente quando as representações gráficas convencionais não são viáveis devido à alta dimensionalidade dos dados, ou seja, quando as amostras estão representadas em espaços com mais de três dimensões.

5.4.1 FATOR DE ENRIQUECIMENTO

O fator de enriquecimento (FE) é uma métrica amplamente utilizada na análise ambiental, especialmente para identificar a origem dos metais presentes em diferentes matrizes ambientais, como sedimentos, solo, atmosfera e águas, que permite distinguir se a presença dos metais é resultado de processos naturais ou de atividades antropogênicas (ELHADI et al., 2018). O principal objetivo do cálculo do FE, é avaliar o grau de contaminação ou enriquecimento de um determinado metal em relação a um valor de referência.

Para determinar o FE dos metais analisados, foi utilizada a seguinte equação:

$$\mathrm{FE} = \frac{\left(\mathrm{Cx}/\mathrm{Cr}\right)\ \mathrm{Amostra}}{\left(\mathrm{Cx}/\mathrm{Cr}\right)\ \mathrm{Crosta}} \qquad \textbf{Equação 7}$$

Em que:

FE = fator de enriquecimento do elemento;

Cx = concentração do elemento que se busca saber o enriquecimento;

Cr = concentração do elemento de referência.

A avaliação da contribuição de fontes relativas à crosta terrestre e antropogênicas foi realizada com base em um elemento de referência, utilizado como normalizador para equilibrar as variações mineralógicas nos sedimentos (WANG et al., 2017). Neste estudo, o silício foi escolhido como o elemento de referência, uma vez que apresentou maior estabilidade em suas concentrações em todos os pontos estudados e durante todos os meses analisados.

Adicionalmente, para os cálculos dos fatores de enriquecimento, foram utilizados os valores de referência da crosta terrestre conforme (WEDEPOHL, 1995). Os metais selecionados para este estudo estão listados na Tabela 7, e os demais metais estão listados no Anexo E.

Tabela 7- Valores de background da Crosta Terrestre para os elementos estudados. **Fonte:** Adaptado de Wedepohl (1995).

Elemento	Fator de enriquecimento (ppb)

Al	940
Ca	610
K	2200
Mg	430
Na	1200
Si	1100

Para a interpretação do FE calculado, adotou-se a seguinte classificação: valores próximos a 1, que indicam que o solo é a principal fonte de metal e a contaminação é de origem natural. Valores entre 5 e 10, indicam enriquecimento proveniente de fontes externas ao solo local, enquanto valores superiores a 10 apontam para um enriquecimento predominantemente antropogênico (ELHADI et al., 2018). De acordo com Gao et al. (2018), um FE inferior a 1,5 sugere que a variação observada é mais atribuída a materiais litogênicos ou a processos intempéricos naturais. Dessa forma, é apresentado na Tabela 8 as classes de FE.

Tabela 8 - Classificação dos Fatores de Enriquecimento. **Fonte: Adaptado de** CHEN et al. (2007).

Classes do FE	**Qualidade**
FE <1	Nenhum enriquecimento
FE <3	Enriquecimento leve
FE = 3 – 5	Enriquecimento moderado
FE = 5 – 10	Enriquecimento alto
FE = 10 – 25	Enriquecimento severo

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.

Na tabela 9, estão apresentadas as datas das coletas realizadas nas águas do Rio Tarumã-Açu, tendo como referência a medição o Nível do rio Negro (NRN). Foram realizadas 10 campanhas de estudos, com 67 amostras coletadas em 8 pontos de amostragem.

Tabela 9 - Dados relacionados ao dia de cada coleta ao longo dos 10 meses de estudo.
Fonte: Próprio autor (2024) e Porto de Manaus (2024).

Campanha	Data	Nível do Rio Negro (m)
1	19/02	21.87
2	25/03	23.33
3	09/04	24.11
4	13/05	25.77
5	10/06	26.73
6	17/07	26.20
7	06/08	24.50
8	11/09	17.21
9	29/10	12.25
10	26/11	14.26

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos para os parâmetros químicos. físicos e microbiológicos das águas do rio Tarumã-Açu de fevereiro a novembro do ano de 2024.

A) Parâmetros Químicos

Fósforo Total e Fosfato

O fósforo total (Figura 22A), representa todos os compostos orgânicos e inorgânicos derivados do fósforo, enquanto o fosfato (Figura 22B) representa um composto do fósforo capaz de ser assimilado por plantas, algas e microrganismo. Nota-

se na Figura 22A, que as concentrações de fósforo total são maiores que as concentrações de fosfato em todos os pontos de estudo, enfatizando sua categoria de apropriar-se de todos os compostos de fósforo (SANTOS et al., 2007).

Os níveis de fósforo total variaram significativamente no ano de 2024, apresentando valores de concentrações mais baixos nos primeiros meses do ano, quando o NRN estava em ascensão. Em todos os pontos de estudo no período de cheia, apresentou concentrações abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005 que é de 0,10 mg/L. À medida que o nível do rio diminuiu drasticamente nos meses de setembro, outubro e novembro, ocorreu um aumento das concentrações de fósforo total, atingindo valores (0,19 mg/L) maiores que o permitido pela legislação ambiental. O fosfato seguiu padrão semelhante, sugerindo relação direta entre essas variáveis, apresentando concentração máxima de fosfato (0,17 mg/L) na seca.

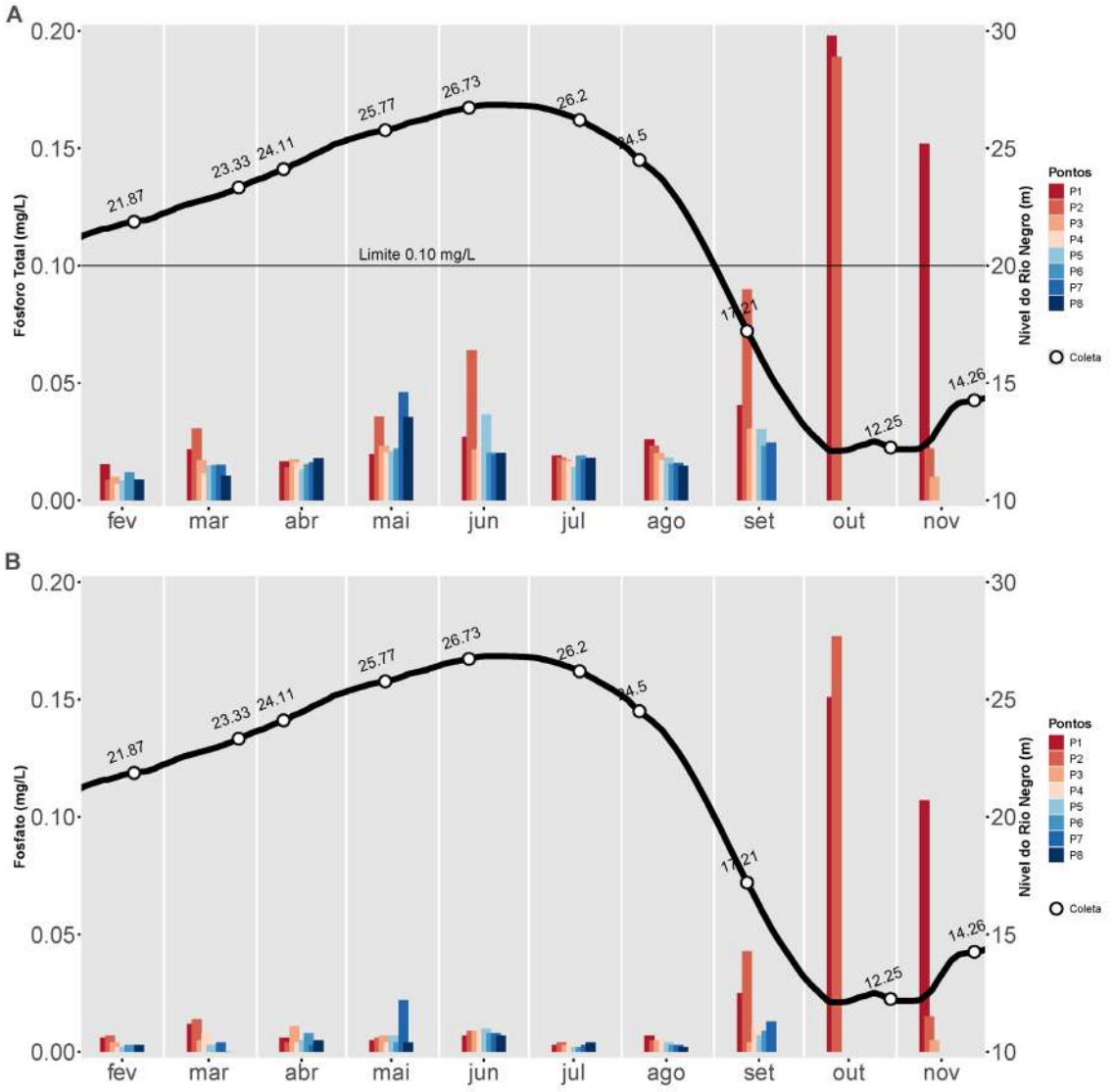


Figura 22: Concentrações de A) Fósforo Total e B) Fosfato, nas águas do rio Tarumã-Açu, em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Oxigênio Dissolvido

Quanto ao comportamento de OD ao nível do rio Negro (Figura 23A e 23B), é visto uma variação de suas concentrações em todos os pontos de estudo, entretanto, observou-se que à medida que o volume do rio diminuiu (julho a novembro), ocorreu um aumento das concentrações de OD, e à medida que o nível do rio aumentou, a concentração de OD apresentou a tendência de diminuir. O CONAMA nº 357/2005 estabeleceu valores mínimos de 5,0 mg/L de OD para rios de classe 2, logo, os enquadramentos das concentrações obtidas, encontram-se baixas na maioria dos meses e dos pontos da área de estudo, o que é normal para rios de águas negras por apresentar grande quantidade matéria orgânica que consomem OD. Os pontos voltados a área rural (P5 a P8) se mostraram com concentrações mais baixa, que interferem na manutenção da vida aquática, apresentando concentração mínima de 2,10 mg/L em abril no ponto P8.

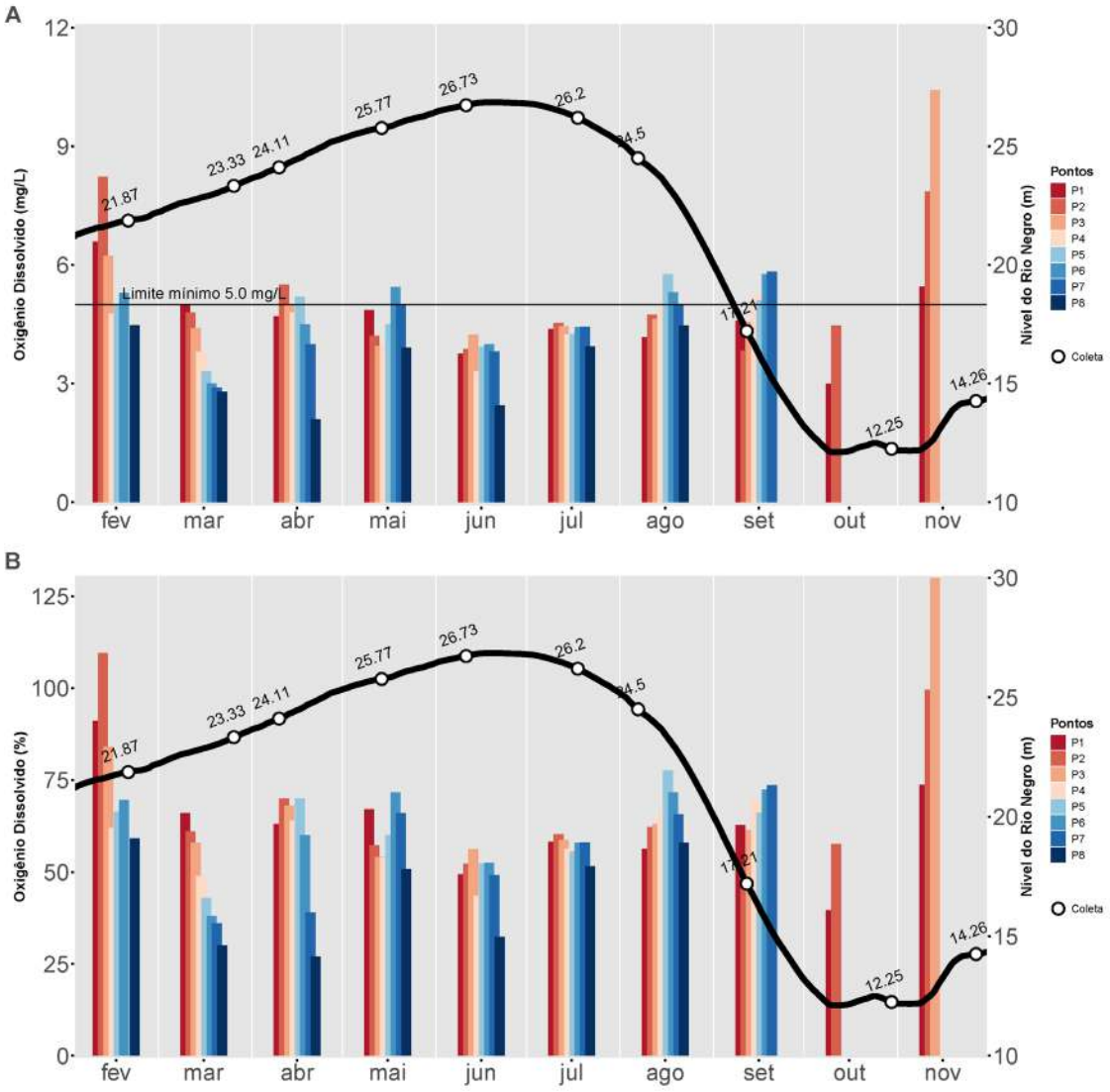


Figura 23: Concentrações do Oxigênio em suas formas de medidas: A) Miligramas por Litro e B) Porcentagem, nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Potencial Hidrogeniônico

Durante o período de elevação do NRN (fevereiro a junho), o pH manteve-se estável, porém não ocorreu essa estabilidade no período de volume baixo de águas (Figura 24). O comportamento das concentrações do pH tem variação inversa com o NRN, pois, quando este está em baixo nível, as concentrações se elevam, principalmente nos pontos P1 e P2, que estão localizados em área urbana. O CONAMA nº 357/2005 estabelece valores de pH de 6 a 9, na maioria dos casos não é a realidade da região amazônica, por apresentar características químicas distintas e substâncias húmicas que tornam a água mais ácida. Logo, as concentrações básicas ficam suscetíveis à contaminação antrópica.

Com a redução no NRN (julho a novembro), observa-se uma basicidade das águas, principalmente nos meses de setembro, outubro e novembro, com o pH atingindo valores próximos a 7. Isso reflete o acúmulo de compostos orgânicos, que, na cheia ocorre a diluição desses compostos e, no período de seca com menos chuva e com menor volume de água, a diluição é baixa. Além disso, pode ser devido aos esgotos domésticos que frequentemente lançam compostos alcalinos na água, como detergentes e demais produtos de limpeza. Na cheia, a estabilidade química prevalece, enquanto na seca, a basicidade é predominante devido à concentração de substâncias básicas.

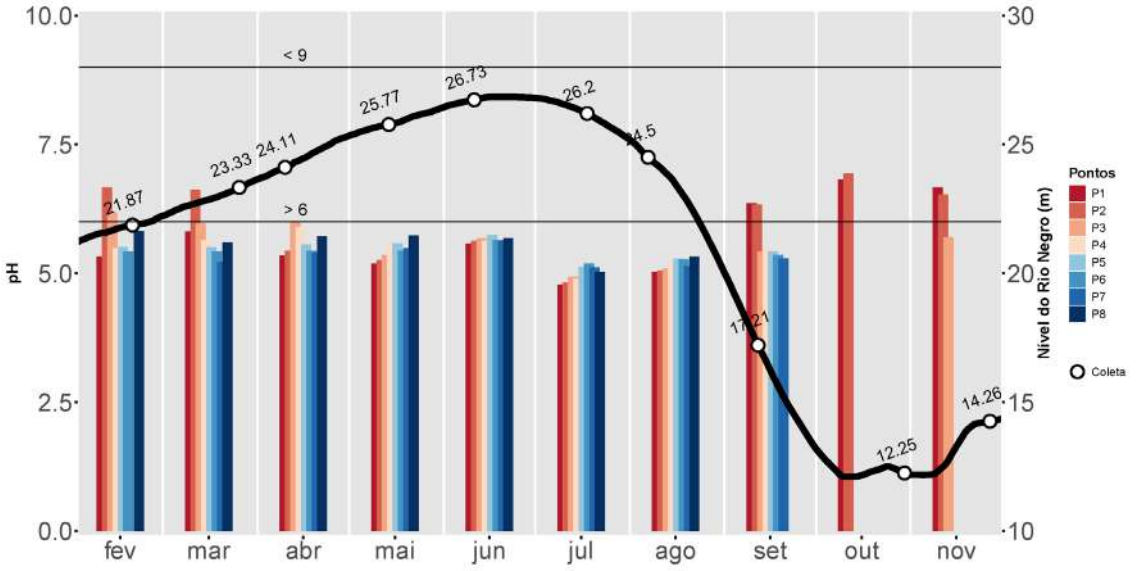


Figura 24: Medição do pH nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Nitrogênio

O nitrogênio pode estar presente em diferentes formas e estados de oxidação na água, como são os casos dos compostos nitrogenados: nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrito e nitrato (Figura 25A, 25B, 25C e 25D). O nitrogênio total (Figura 25E), representa a soma de todos os compostos nitrogenados, sendo um indicador da carga no corpo d'água.

A legislação exige um limite de concentração nos rios de classe 2 para os parâmetros nitrogênio amoniacal (3,7 mg/L), nitrito (1,0 mg/L) e nitrato (10,0 mg/L). Dentre esses três parâmetros, nitrito ultrapassou o estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005 nos meses de maio a julho, quando o nível do rio se encontrou com alto volume de água. Por sua vez, o nitrogênio orgânico não possui limite ambiental, e suas maiores

concentrações foram observadas nos meses de setembro, outubro e novembro, tendo a máxima concentração no mês de outubro, no P1 (2,02 mg/L) e P2 (1,79 mg/L), momento em que o rio Negro se encontrou com pouco volume de água. Além disso, o nitrogênio total, apresentou níveis mais elevados nos meses de maio e junho, com o P5 sobressaindo entre os demais pontos de estudo.

De modo geral, as concentrações presentes dos compostos de nitrogênio são variadas. A presença de nitrito acima do limite do CONAMA nº 357/2005, sugere fontes potenciais ou locais de poluição, tratamento inadequado de efluentes, aporte de fertilizantes ou enriquecimento orgânico. Já o nitrogênio orgânico, pode ser devido a chegada de material particulado que será gradualmente decomposto, liberando amônia (CAMPOS et al., 2010). A quantidade de concentrações de nitrato encontrado, pode ser resultado da oxidação de amônia e nitrito por ação de microrganismos nitrificantes, em áreas com uso intensivo de fertilizantes agrícolas ou em proximidade a fontes de esgoto (COSTA; FERREIRA; HAANDEL, 2007). O nitrogênio amoniacal, pode ser devido a decomposição de matéria orgânica, e seu aumento na seca, devido ao acúmulo dessa matéria orgânica (MADIGAN et al., 2014). Dessa forma, esses diferentes compostos contribuem para a concentração total de nitrogênio, o que permite observar a variação da concentração ao volume das águas, e sua influência no processo de eutrofização do rio.

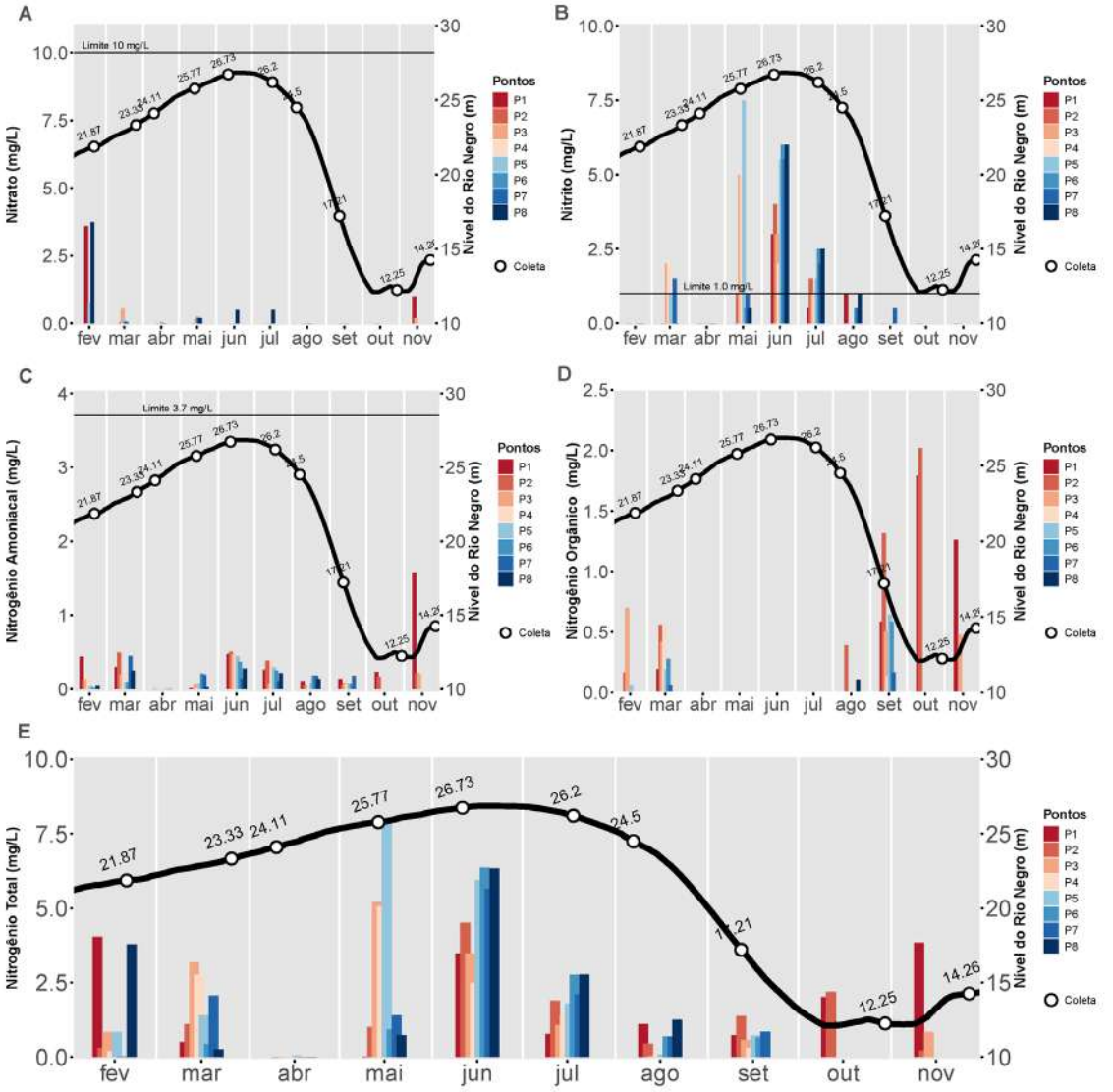


Figura 25: Concentrações dos Compostos Nitrogenados e Nitrogênio Total. A) Nitrato; B) Nitrito; C) Nitrogênio Amoniacal; D) Nitrogênio Orgânico e E) Nitrogênio Total, das águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Demanda Química de Oxigênio

Na Figura 26, são apresentadas as concentrações de DQO com relação ao NRN. Observa-se que os valores mais elevados foram em meses distintos, variando entre 10,67 mg/L e 217,33 mg/L durante o período de estudo.

No mês de julho, quando o nível do rio atingiu 26,2 metros de profundidade, os pontos P2 a P8 apresentam a maior concentração de DQO quanto aos demais meses, além disso, apresentou no mês de maio uma elevação das concentrações de DQO nos pontos P1 a P4 e P8. Essas variações das concentrações em meses e pontos distintos sugerem que essas áreas podem ter fontes de matéria orgânica e compostos químicos oxidáveis

que podem incluir despejos industriais e escoamento superficial contendo resíduos químicos (AFONSO; FOLTIN, 2023). As áreas de pesquisa P1 a P4 ficam no entorno da área urbana da cidade de Manaus, com indústrias, condomínios e marinas próximas. Enquanto o P8, se localiza na área rural, com extensa vegetação ao redor.

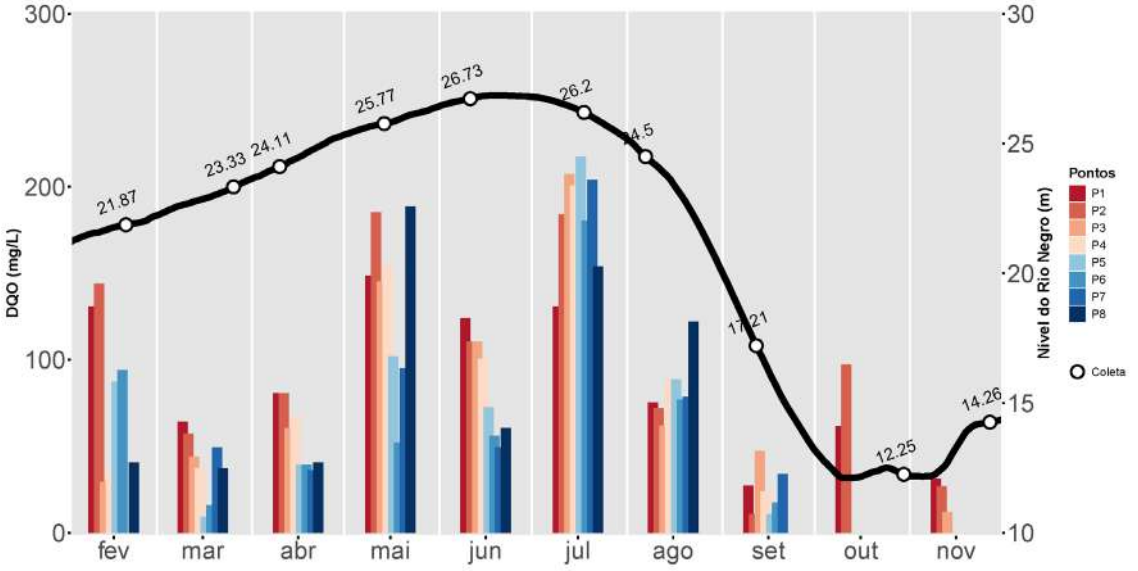


Figura 26: Concentrações de DQO nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Demanda Bioquímica de Oxigênio

O CONAMA nº 357/2005 estabelece concentração limite de 5 mg/L para DBO. Ao analisar o gráfico da Figura 27, percebe-se que os maiores picos foram no P1 (11,9 mg/L) em fevereiro e no P4 (11,9 mg/L) no mês de maio, já os valores mínimos foram nos meses de junho e julho, onde não foi quantificado concentração de DBO. Esclarecendo que a análise do mês de março não foi realizada devido a problemas no equipamento de encubação. Nota-se que, as concentrações de DBO aparecem na maioria dos meses analisados, eventualmente no período de seca. Em todos os meses de análise, alguns pontos de estudos ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação ambiental, com exceção dos meses de fevereiro e maio que tiveram todos os pontos acima do limite.

As menores concentrações vistas nos meses de junho e julho, podem ser devido ao quantitativo de volume de água e a velocidade do rio, que podem ter dispersado a matéria orgânica ou pela diluição da água da chuva (TEODORO et al., 2013). Já as concentrações superiores ao limite do CONAMA nº 357/2005, podem estar associadas ao aporte de resíduos domésticos ou industriais nas proximidades desses pontos que podem

ser atribuídos à maior concentração de matéria orgânica em decomposição.

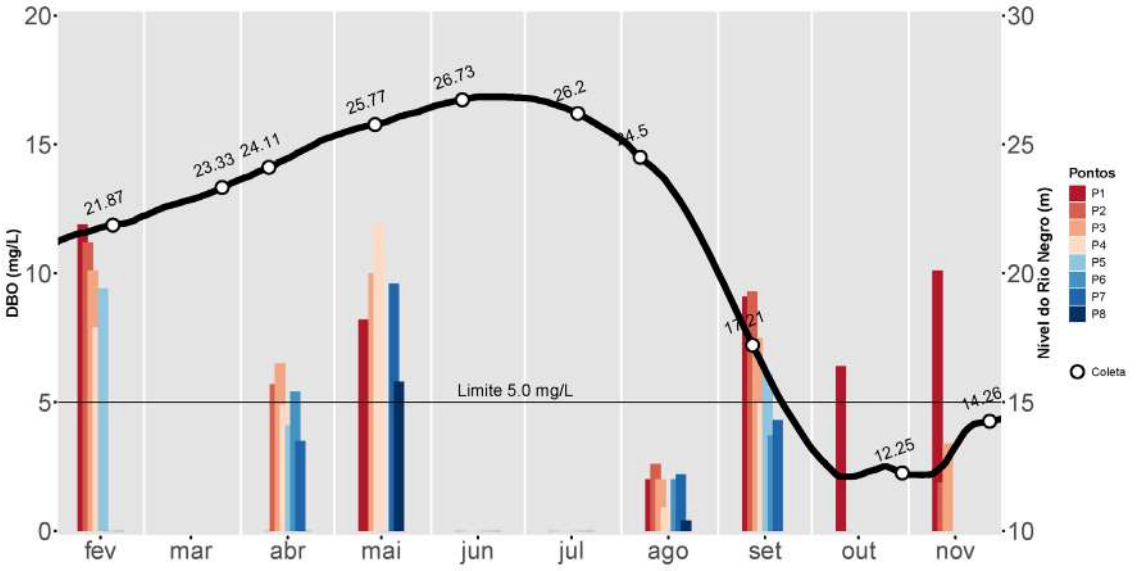


Figura 27: Concentrações de DBO nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Cloretos

A Figura 28 mostra as concentrações de cloretos ao longo do tempo, relacionadas com o NRN. As concentrações se mantiveram abaixo do limite estabelecido pela legislação que é de 250 mg/L, indicando que a concentração de cloreto não é crítica em nenhum momento ou local durante o período avaliado. Percebe-se, que a maior concentração de cloretos está associada ao período em que o NRN se encontrou em 12,25 metros no mês de outubro. O que pode refletir uma maior concentração de sais devido à redução do volume de água.

O ponto P1 apresentou valores consistentemente mais altos nos meses de vazante (julho a novembro), indicando uma possível contribuição localizada de fontes salinas ou influências humanas, como atividades urbanas ou industriais próximas.

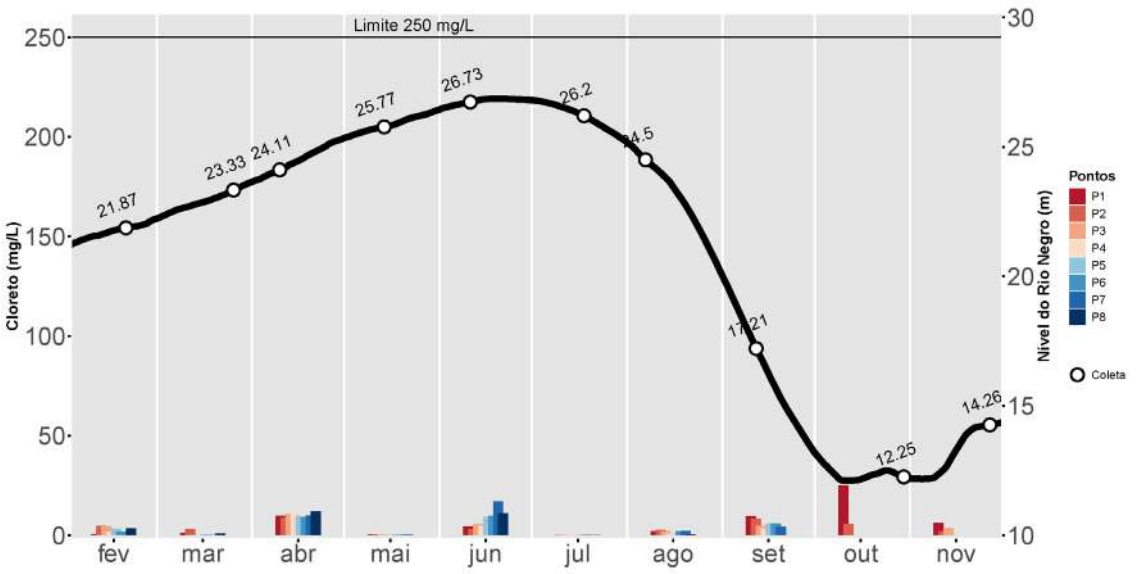


Figura 28: Concentrações de Cloretos nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Alumínio

A Figura 29, mostra a variação da concentração de alumínio nos diferentes pontos de amostragem. Nota-se que, nos meses iniciais onde o NRN está aumentando, ocorreu uma baixa concentração de alumínio, o que é esperado devido à maior diluição causada pelo aumento do volume de água.

Durante a estação seca, as concentrações de alumínio aumentaram drasticamente, principalmente nos pontos iniciais do rio Tarumã-Açu, tendo no P1 no mês de outubro a concentração de 3120,0 µg/L, indicando uma possível contribuição significativa de fontes antrópicas, como o despejo de efluentes industriais ou agrícolas, além disso, por ser um metal encontrado na crosta terrestre, pode ter um acúmulo das concentrações vindo das rochas e solo da região. Ressalta-se que, os demais pontos nos meses de outubro e novembro não puderam ser avaliados, pois, não foi possível coletar as amostras devido à seca severa que assolou o período de estudo no ano de 2024.

É possível perceber que o alumínio sofre uma influência inversa das variações hidrológicas do NRN, com menores concentrações durante a cheia e picos significativos durante a seca. Os pontos P1, P2 e P3 destacaram-se como áreas mais críticas, possivelmente devido à maior proximidade de fontes de contaminação antrópica no período em que as águas estão baixas. Os demais pontos apresentam concentrações mais estáveis, com maior influência de fatores naturais.

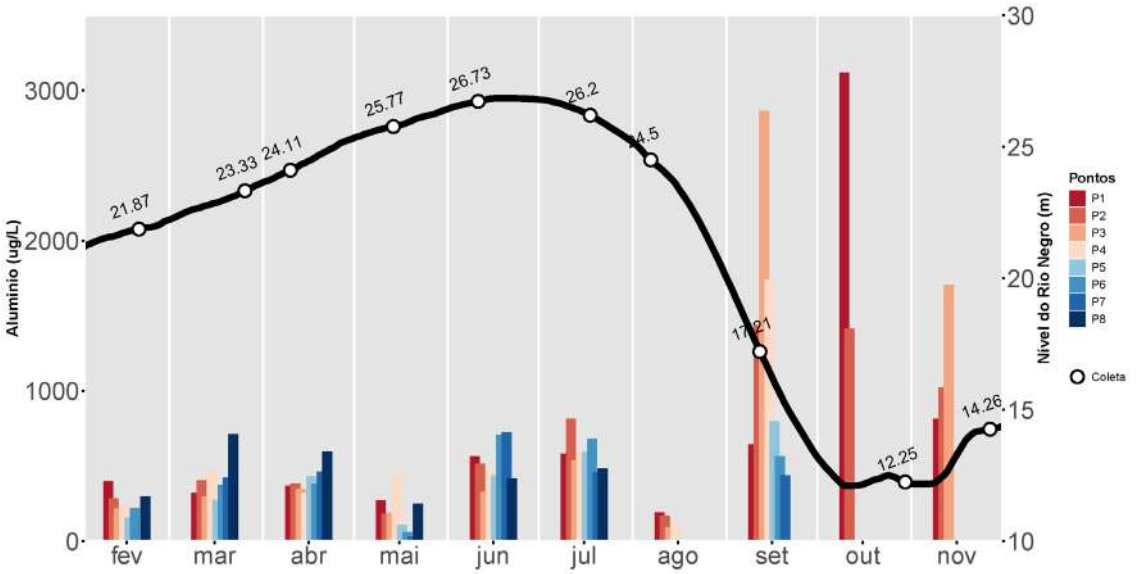


Figura 29: Concentrações do Alumínio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Cálcio

A concentração de cálcio (Figura 30), apresentou concentrações mais baixas durante os meses de fevereiro a agosto, coincidente com o volume de água do rio Negro subindo. Esse comportamento sugere um efeito de diluição, causado pelo maior fluxo de água durante os meses de cheia. No entanto, nota-se um aumento expressivo na concentração de cálcio durante os meses de setembro a novembro, quando o NRN reduziu severamente. O mês de outubro destacou-se com a maior concentração registrada de cálcio, atingindo 3928,0 µg/L no P1.

Durante os meses de cheia, a concentração de cálcio é significativamente mais baixa em quase todos os pontos, sugerindo que o maior volume de água dilui os íons presentes. Em contrapartida, nos meses de seca, o aumento acentuado das concentrações, especialmente nos pontos iniciais P1 a P4, pode ser atribuído a fontes antrópicas, como despejos domésticos e industriais próximos ao rio. Adicionalmente, a geologia local pode influenciar esses níveis, uma vez que o cálcio é um metal abundante na crosta terrestre (HIRSCH, 2003). Assim, a presença de rochas no Trecho do rio Tarumã-Açu pode contribuir para o acúmulo natural desse elemento nas águas superficiais.

Portanto, a concentração de cálcio ao longo do período analisado apresenta uma relação inversa com as variações sazonais do NRN, refletindo os efeitos do regime hidrológico e das possíveis contribuições antrópicas e geológicas.

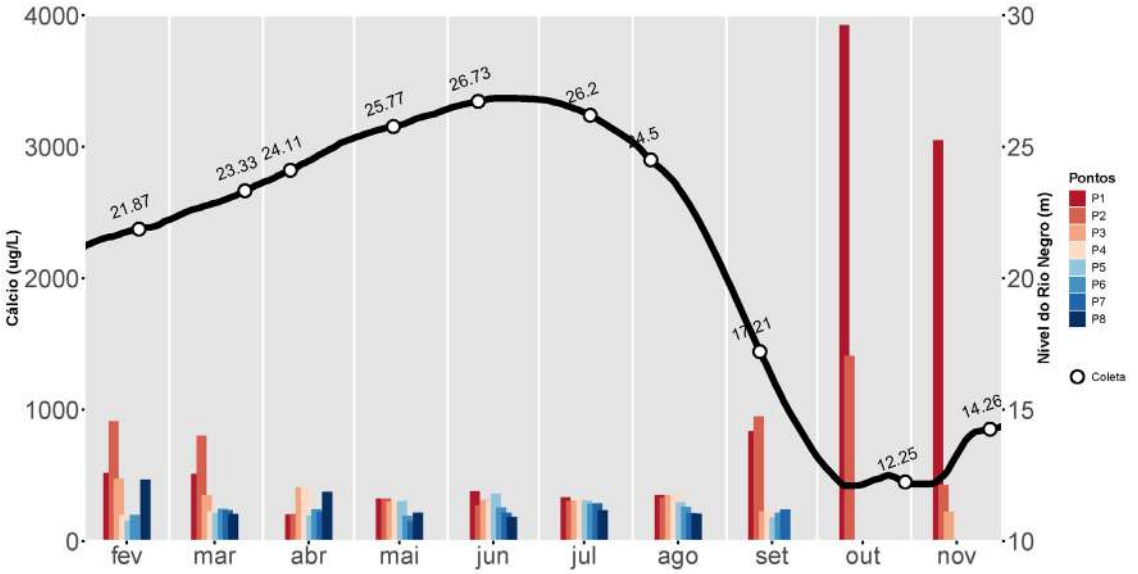


Figura 30: Concentrações de Cálcio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Ferro

A Figura 31, apresenta a variação da concentração de ferro e, nota-se que, os pontos de P1 a P4 mantiveram concentrações elevadas e relativamente constantes durante todo o período avaliado. No entanto, o ponto P8 apresentou um comportamento distinto, com as maiores concentrações de ferro ocorrendo durante os meses de cheia, especialmente de fevereiro a maio. O maior pico na cheia, foi registrado em maio, com uma concentração de 858,0 µg/L no P8, possivelmente associada a fontes locais específicas, como áreas de maior erosão ou contribuições geológicas naturais, já que o ferro é um elemento amplamente presente na crosta terrestre (PEREIRA; FREIRE, 2005)(PEREIRA; FREIRE, 2005).

Durante o período de seca, quando o NRN diminuiu significativamente, houve um aumento expressivo nas concentrações de ferro em vários pontos de amostragem. O mês de outubro destacou-se com as maiores concentrações registradas nos pontos P1 (1179,6 µg/L) e P2 (607,2 µg/L). Esse aumento pode ser atribuído à menor vazão do rio, que reduz o efeito de diluição natural, e à contribuição de fontes externas, como processos de erosão do solo e possíveis atividades antrópicas próximas ao curso d'água.

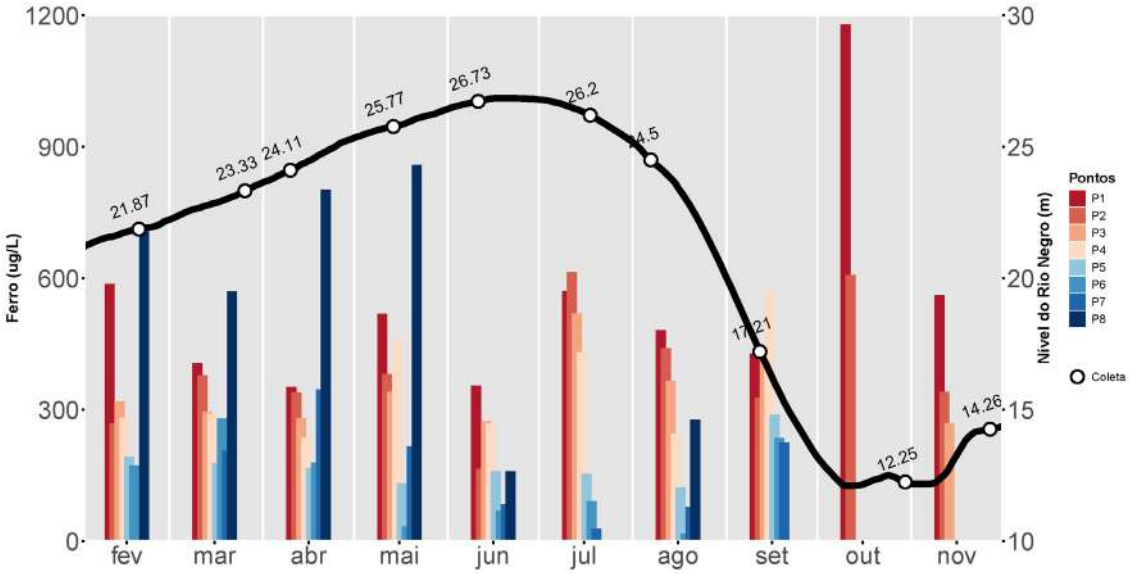


Figura 31: Concentrações de Ferro nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Magnésio

Observa-se na Figura 32, que a concentração de magnésio varia de acordo com as mudanças sazonais do nível do rio, apresentando padrões distintos nos períodos de cheia e de seca, influenciados por fatores naturais e antrópicos.

Nos meses de fevereiro a junho, quando o NRN esteve subindo, a concentração de magnésio apresentou valores relativamente baixos nos pontos P4 a P8. Nos pontos P1 e P2, no entanto, ocorreram picos elevados, com 201,20 µg/L (P1) em fevereiro e 271,40 µg/L (P2) em março, quando comparados aos períodos de cheia e seca. Observa-se que os valores altos de concentrações de magnésio são identificados na vazante. Em outubro, o P1 apresentou a maior concentração de magnésio, alcançando aproximadamente 347,2 µg/L, esse comportamento sugere um efeito de concentração natural, causado pelo volume baixo de água no rio Negro, é possível que haja uma contribuição de fontes antrópicas próximas aos pontos de amostragem, como atividades industriais ou agrícolas, que intensificam a presença de magnésio nos primeiros trechos analisados. Outra hipótese, seria considerar que, pelo magnésio ser um metal amplamente presente na crosta terrestre, é possível que o aumento da concentração também seja influenciado por processos de erosão de rochas (GARCIA; BRANDÃO; LIMA, 2008)(GARCIA; BRANDÃO; LIMA, 2008).

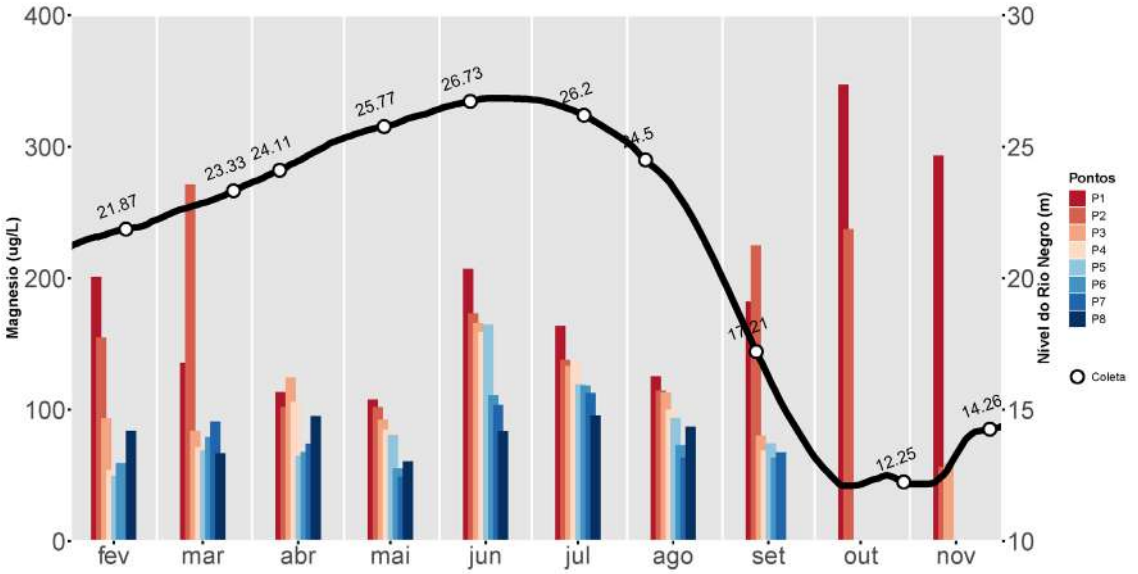


Figura 32: Concentrações de Magnésio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Potássio

A variação da concentração de potássio em relação ao NRN evidencia um padrão sazonal claro, influenciado inversamente proporcional pelo regime hidrológico do rio (Figura 33). Durante o período de cheia (fevereiro a junho), quando o nível do rio aumentou gradualmente, observou-se uma redução significativa nas concentrações de potássio. Esse comportamento sugere um efeito de diluição natural, no qual o maior volume de água, reduz as concentrações nas águas superficiais. Nota-se que, no mês de fevereiro os pontos P3 a P8 apresentaram concentrações mais elevadas, o que pode estar associado a contribuições geológicas locais ou processos de erosão nas proximidades desses trechos, como também, fontes de contaminação antrópicas, já que, os demais meses na cheia não apresentaram altas concentrações nesses pontos.

Durante o período de seca (julho a novembro), à medida que NRN diminuiu significativamente, houve um aumento expressivo nas concentrações de potássio, principalmente nos pontos iniciais de amostragem (P1 e P2). O P1 registrou a maior concentração ao longo do ano, com um pico de 1431,0 µg/L em outubro, período em que o rio atingiu seu nível mais baixo. Esse aumento nas concentrações pode ser explicado pela redução da vazão do rio, que diminui a capacidade de diluição, somado à possível contribuição de fontes externas, como atividades humanas nas proximidades. Assim, a análise reforça que a concentração de potássio está relacionada às variações sazonais e pode ser influenciada por fatores naturais e antrópicos.

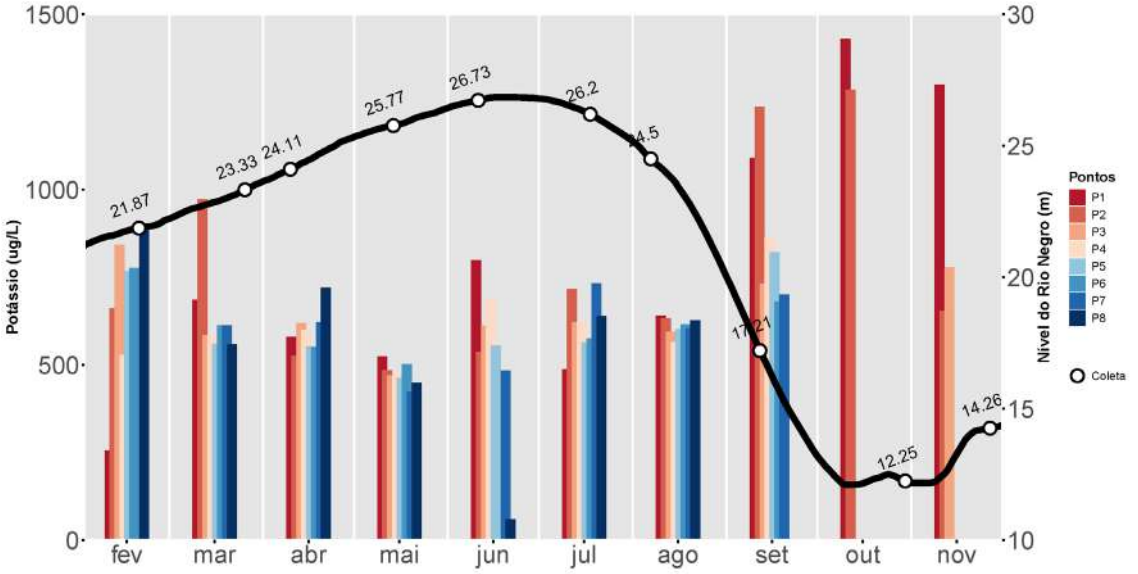


Figura 33: Concentrações do Potássio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Silício

A Figura 34, apresenta a variação da concentração do silício, que mostra um padrão sazonal bem definido ao longo do período de coleta. Nos meses de cheia, quando o NRN está elevado, as concentrações de silício apresentam valores mais baixos. Por outro lado, durante o período de seca, quando o nível do rio está mais baixo, as concentrações de silício aumentam consideravelmente. Essa dinâmica pode ser explicada pela diluição.

No mês de fevereiro, com o nível do rio em 21,87 metros, a concentração de silício variou entre 1403,5 µg/L e 1561,0 µg/L. Já em outubro, quando o nível do rio caiu para 12,25 metros, as concentrações de silício aumentaram significativamente, chegando a 2926,5 µg/L no P1. Os dados indicam uma variação espacial das concentrações de silício entre os diferentes pontos de coleta. De maneira geral, os pontos P1 e P2 apresentam as maiores concentrações de silício em comparação aos demais pontos. Isso sugere que fatores locais, como a presença de afluentes, áreas de deposição de sedimentos ou atividades humanas, podem influenciar a concentração de nutrientes em determinados locais. Por outro lado, os pontos P5 a P8 apresentaram concentrações mais baixas ao longo de quase todo o período analisado. Essa variação espacial pode estar relacionada à diferença nas características geográficas e hidrodinâmicas entre os pontos de coleta, como a proximidade de áreas de floresta inundada, sedimentação, e fluxo das águas.

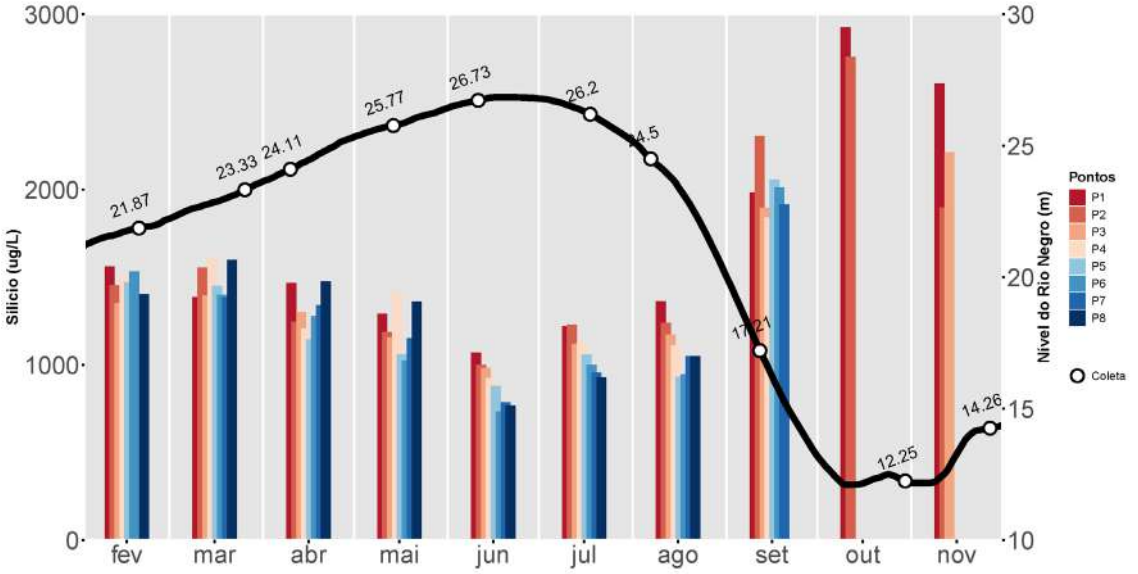


Figura 34: Concentrações do Silício nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Sódio

A concentração de sódio (Figura 35), mostra um comportamento relativo. Enquanto o nível do rio aumenta entre fevereiro e julho, as concentrações de sódio tendem a se manter relativamente estáveis nos meses de abril a agosto, mas apresentam um aumento expressivo durante o período de seca, especialmente nos meses de setembro e outubro.

Nos meses de fevereiro a julho, as concentrações de sódio permanecem abaixo de 2000 µg/L na maioria dos pontos de coleta. Em setembro, com o nível do rio em declínio para 12,21 metros, observa-se um aumento significativo na concentração de sódio em vários pontos, particularmente nos pontos P1 (4306,5 µg/L) em outubro e (4000,0 µg/L) em novembro, que registrou valores superiores. Esse aumento acentuado durante o período de seca sugere que a redução do volume de água do rio que concentra os sais dissolvidos, incluindo o sódio, em níveis mais altos.

De maneira geral, os pontos localizados mais próximos das margens e em áreas de maior influência de sedimentos parecem apresentar maiores concentrações de sódio. Essas variações podem estar relacionadas à diferença na composição dos solos e na proximidade de afluentes que drenam áreas ricas em minerais, como o sódio.

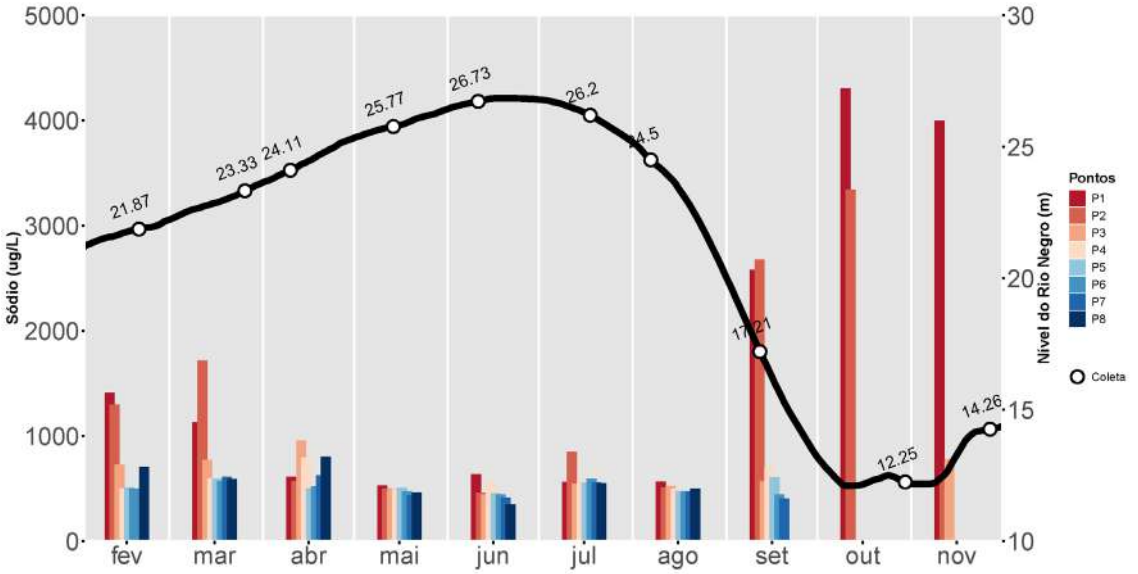


Figura 35: Concentrações de Sódio nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

B) Parâmetros Físicos

Temperatura

A temperatura da água e a temperatura do ar (Figura 36A e 36B), apresentaram medições com valores próximos entre si, refletindo a influência do sol tanto na água e como no ar. A temperatura do ar e da água não apresentaram variações significativas ao longo das medições em campo, que ocorreu no período entre 8 e 9 horas da manhã, mantendo-se relativamente estável na maior parte do tempo, mesmo com atenuação do NRN. Essa estabilidade é esperada porque a temperatura do ar depende mais de fatores climáticos regionais, como insolação e massas de ar, do que diretamente do nível do rio. Quanto a variação da temperatura (ΔT) (Figura 36C), apresentou variações negativas demonstrando que a temperatura superficial da água é maior que a temperatura da atmosfera. Relacionado às reações químicas e biológicas, quanto maior a temperatura da água maior a taxa de reações químicas e metabólicas (FANTIN-CRUZ et al., 2010).

A maior profundidade do rio funciona como um regulador térmico, dificultando aumentos bruscos na temperatura da água. No mês de agosto, fim da estação chuvosa, observa-se um aumento da elevação da temperatura da água, devido ao declínio do nível do rio e do fluxo de água. A redução no volume de água faz com que a temperatura da água seja mais influenciada pela radiação solar direta, resultando em temperaturas mais altas (MAIER, 1987). A temperatura do ar e a temperatura da água, aumentam e

diminuem proporcionalmente (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006).

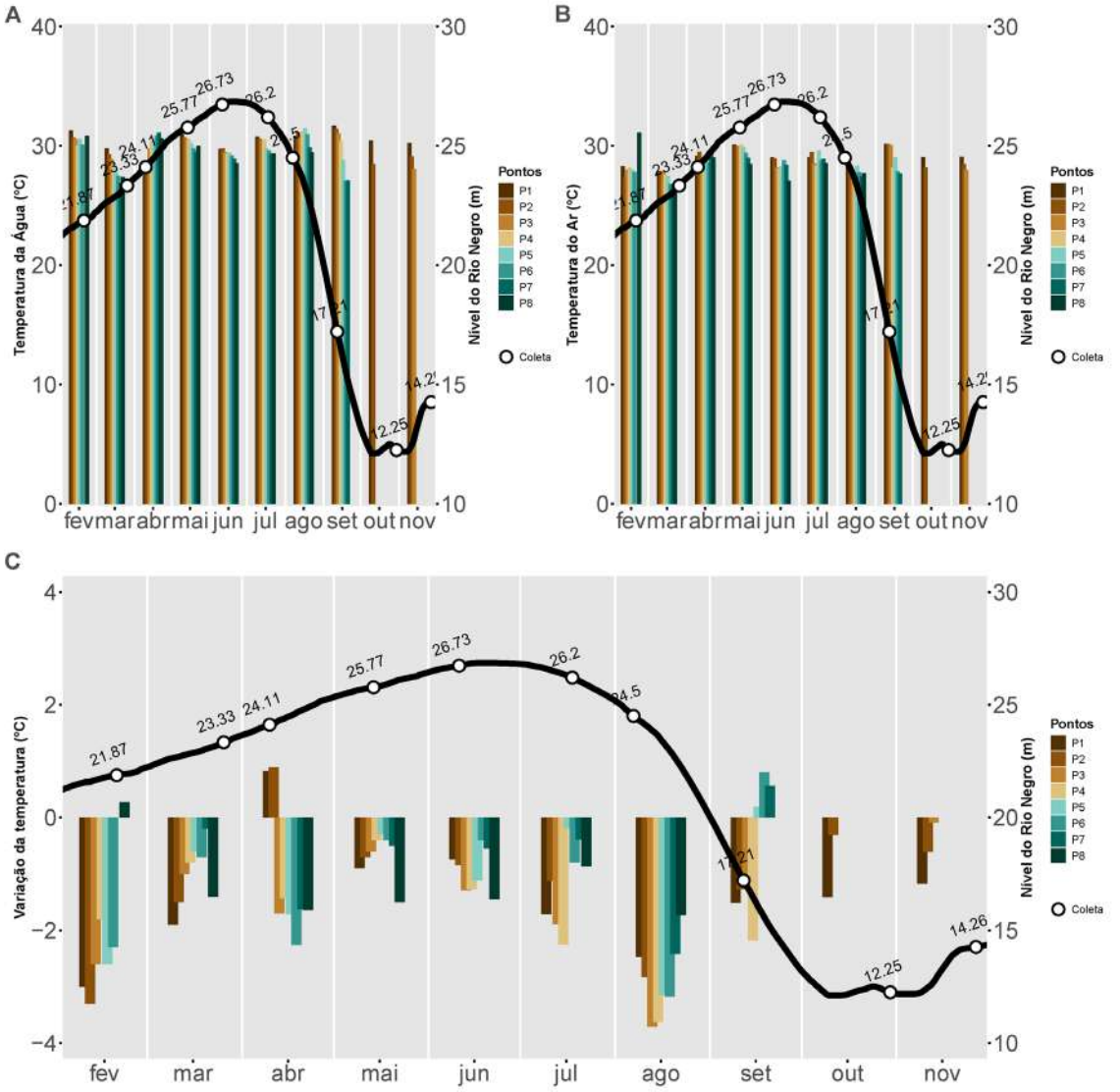


Figura 36: Medição da Temperatura, A) Temperatura da Água; B) Temperatura do Ar e C) Variação da Temperatura nas águas do rio Tarumã-Açu, em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Turbidez

Nota-se na Figura 37, que a turbidez aumenta gradativamente de setembro a novembro, atingindo o valor máximo em setembro no ponto P3, quando o NRN encontrou-se a 17,21 m, com medição de 95 NTU, valor muito próximo ao limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005 para rios de classe 2.

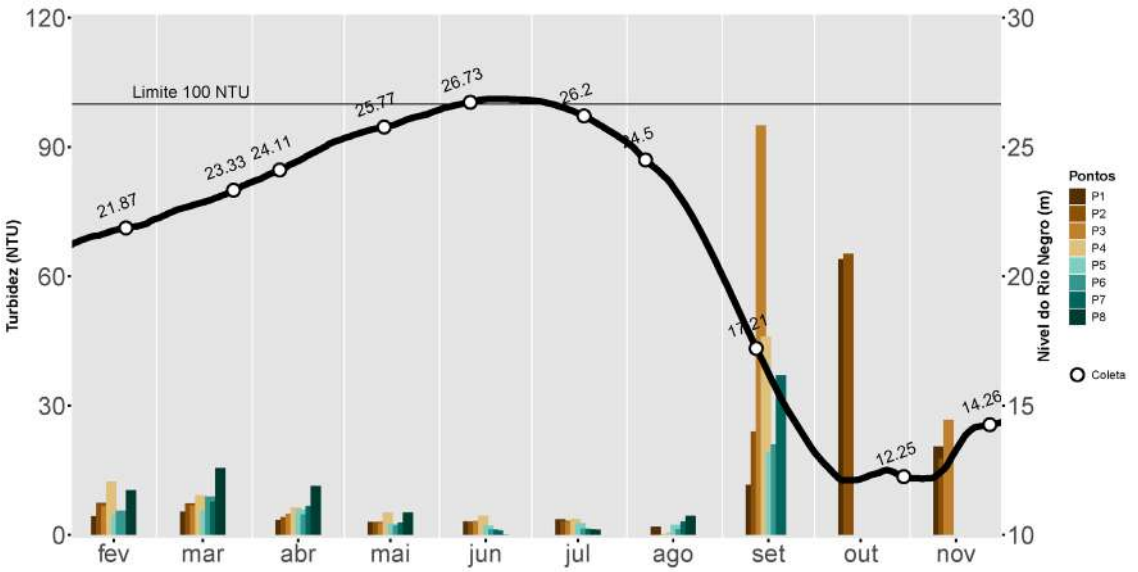


Figura 37: Medição de Turbidez nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Esse comportamento de elevação da turbidez nos meses de setembro a novembro, está associado a redução do NRN, que sugere maior mobilização de sedimentos e matéria particulada. Nota-se também, que os diferentes pontos de coleta apresentam variações nos valores de turbidez, com destaque para P1 e P2, que frequentemente mostram os valores mais elevados. Isso pode indicar características locais, como maior influência de atividades antrópicas ou fontes específicas de poluição que deixaram as águas mais turvas.

Condutividade

Os valores mais elevados de condutividade (Figura 38) são registrados nos pontos P1 e P2, nos meses de setembro, outubro e novembro, quando o NRN está em declínio acentuado. Observa-se uma tendência de crescimento progressivo na condutiviade à medida que o nível do rio diminui. Durante o período de cheia (março a agosto), nota-se uma tendência de estabilização nos valores de condutividade, com um nível aumentado em relação ao início do ano (fevereiro). Essa estabilidade pode ser explicada pelo maior volume de água diluindo os íons distribuídos, enquanto o aumento da condutividade observado no período de vazante sugere uma maior concentração de minerais devido à redução do volume das águas do Rio Negro. Além disso, valores acima de 100 µS/cm, é um sinal de contaminação próxima a área de estudo.

A diferença entre os pontos de coleta, especialmente os valores mais altos

encontrados no P1 (72 µS/cm) e P2 (70 µS/cm) em outubro, pode indicar uma maior influência de fontes locais de minerais ou descargas antrópicas, como escoamento de áreas urbanas ou atividades industriais. Em contraste, outros pontos, como P7 e P8, mostram valores mais baixos, indicando menor influência antrópica.

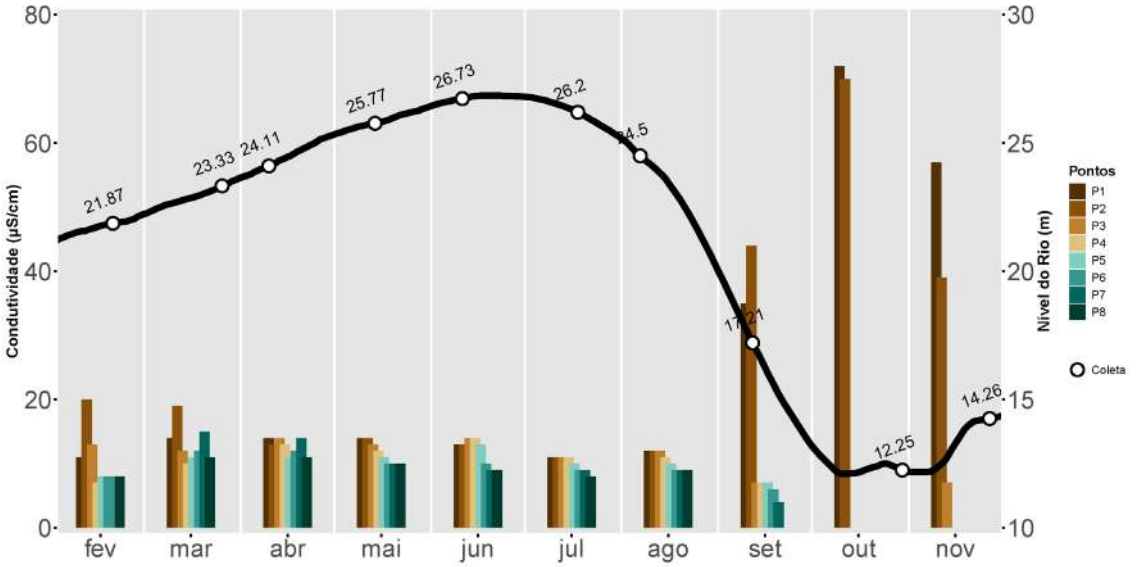


Figura 38: Medição da Condutividade Elétrica nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

Sólidos

A Figura 39A e 39B, apresentou as concentrações de sólidos totais e sólidos dissolvidos em mg/L. São duas formas de avaliar e determinar a quantidade de material particulado existente no rio. A maior parte dos sólidos totais é composta por sólidos dissolvidos e suspensos, que por sua vez são compostos de materiais orgânicos e inorgânicos.

Os valores de sólidos totais e sólidos dissolvidos apresentam um padrão distinto ao longo do ano, entre os meses e pontos estudados. Nos meses de fevereiro a junho em que ocorre o período da elevação do nível do rio, os valores são relativamente baixos. Isso indica que, uma maior diluição do volume de água reduz a concentração de sólidos dissolvidos e em suspensão. Entretanto, à medida que o nível do rio descai, a partir do mês de julho, observa-se concentrações maiores de sólidos em alguns pontos, como P1 e P2 nos meses de setembro, outubro e novembro.

Os sólidos totais não possuem enquadramento no CONAMA nº 357/2005, contudo o parâmetro de sólidos dissolvidos, sim, com um limite de 500mg/L. Observa-se

no comportamento dos sólidos totais com o NRN, que o mês de julho apresentou a maior concentração, sendo de 215 mg/L no ponto P5, momento em que o nível do rio começa a diminuir. Esse aumento expressivo das concentrações de sólidos totais no mês de julho, pode ser devido a intensificação do fluxo de água, advindo do carregamento de materiais sólidos provenientes das margens e áreas adjacentes.

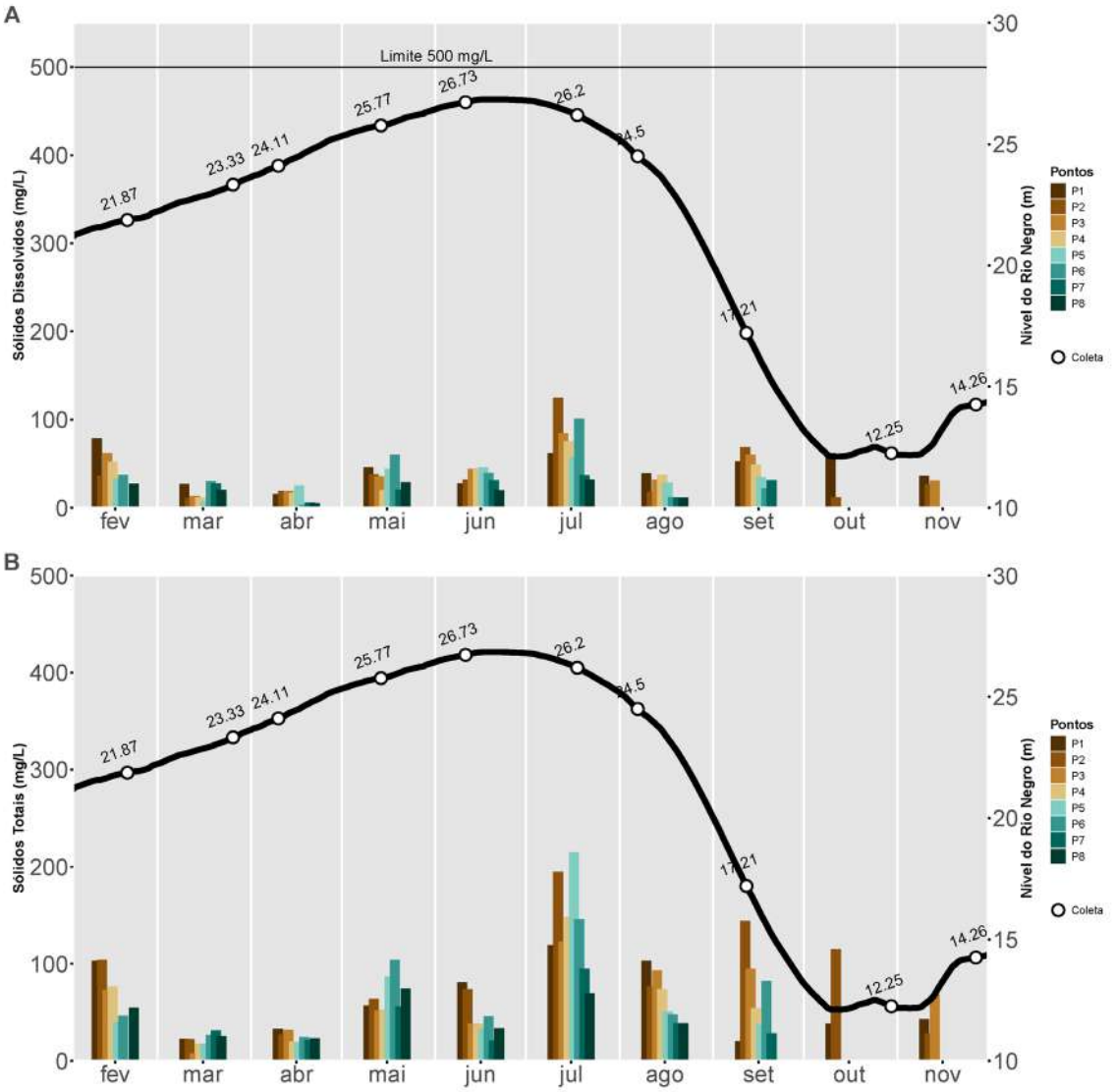


Figura 39: Concentrações dos Sólidos, A) Sólidos Totais e B) Sólidos Dissolvidos nas águas do rio Tarumã-Açu em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

C) Parâmetros Microbiológicos

Coliformes – Totais e Termotolerantes

Tanto coliformes totais, quanto coliformes termotolerantes, são grupos de

bactérias presentes no ambiente, e ambos refletem a presença de microrganismos potencialmente prejudiciais à saúde. Coliformes totais incluem organismos de origem fecal quanto não fecal. Já os coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes totais, que estão diretamente associados à presença de patógenos fecais (RECHE; PITTOL; FIUZA, 2010).

Na elevação e decaimento do NRN nota-se que as concentrações de coliformes totais (Figura 40B) são mais elevadas do que as concentrações de coliformes termotolerantes (Figura 40A), isso porque os coliformes totais incluem microrganismos não necessariamente provenientes de fezes. Ambos apresentam comportamento semelhante, fortemente modulados pelo regime hidrológico do rio Negro. Observando-se que, as maiores concentrações de coliformes totais foram nos meses de março, abril, outubro e novembro, com valor maior que 24196,0 NMP/100mL, enquanto que, os coliformes termotolerantes apresentaram concentrações maiores nos meses de abril e outubro, e com o mesmo valor encontrado de coliformes totais. Além disso, o CONAMA nº 357/2005 estabelece o limite de 1000 NMP/100mL para coliformes termotolerantes, logo, observa-se que os pontos P7 e P8 de abril, P1 e P2 de outubro, em continuidade o P1 de novembro, ultrapassaram a concentração estabelecida pela legislação.

Os pontos P1 e P2 frequentemente apresentam maiores concentrações, indicando uma maior influência de fontes de poluição próximas a esses locais, que pode ser devido ao despejo de esgoto não tratado que se acumula devido a poucas chuvas e o nível baixo do rio. Os pontos P6 e P7, com um aumento abrupto em abril no volume, pode indicar um evento pontual de contaminação, já que os demais pontos não tiveram concentrações elevadas de coliformes termotolerantes.

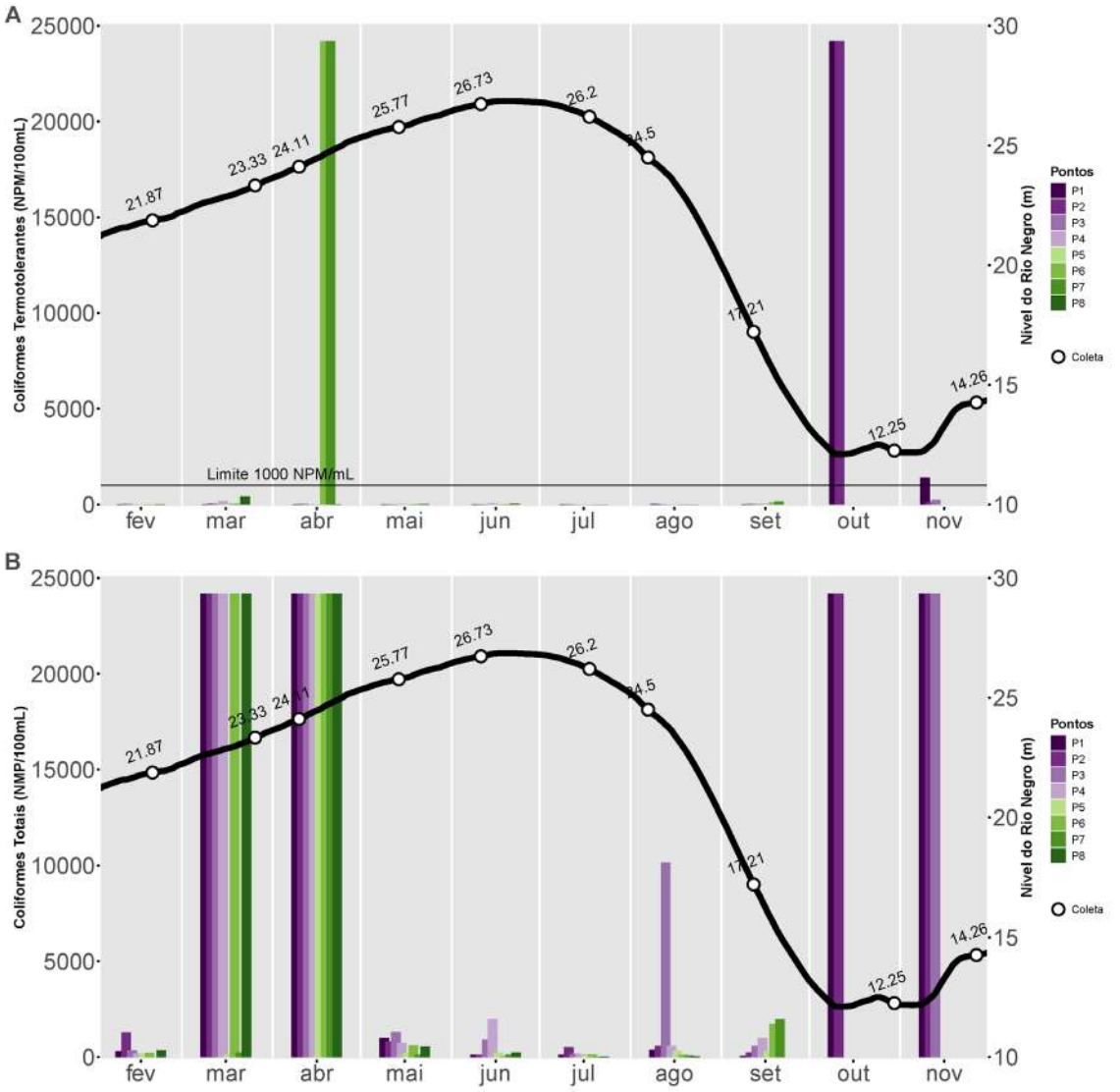


Figura 40: Concentrações de Coliformes, A) Coliformes Termotolerantes e B) Coliformes Totais nas águas do rio Tarumã-Açu, em relação ao nível do rio Negro, de fevereiro a novembro de 2024.

6.2 FATOR DE ENRIQUECIMENTO (FE)

Durante o período de estudo, compreendido entre fevereiro e novembro de 2024, foram analisadas as concentrações de 69 elementos metálicos (Anexo F) nas 67 amostras coletadas. Destes, 30 apresentaram concentrações detectáveis em pelo menos uma ocasião ao longo do período de estudo, e estes se encontram listado no Anexo G. Para uma análise mais detalhada e representativa, foram selecionados 7 metais com maior frequência de detecção, consistência e relevância estatística para avaliar as águas do rio Tarumã-Açu. Esses são: alumínio, cálcio, ferro, magnésio, potássio, silício e sódio.

Desse modo, a Tabela 10 apresenta o FE calculado para avaliar a influência

antropogênica nas suas respectivas concentrações ao longo de 10 meses. Ressaltando-se que o metal silício foi escolhido como elemento de referência por apresentar detecção em todas as análises dos 8 pontos de amostragem em estudo, logo, não é apresentado seus valores, pois o mesmo serve como base para a normalização e seu valor seria redundante, ou seja, igual a 1.

Nota-se (Tabela 10) que, os valores de FE em sua maioria apresentam-se predominantemente abaixo de FE <1, em todos os metais, sugerindo predominância de fontes naturais da bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu. No entanto, em pontos e meses específicos, foram observados valores de FE nos metais alumínio, cálcio, ferro e sódio que indicam um leve enriquecimento, sugerindo possível atividade antrópica. O metal cálcio apresentou nos meses de outubro e novembro, valores de FE >2, sugerindo um enriquecimento leve, além do mais, os maiores valores de FE foram detectados no P1, em um período onde ocorreu estiagem severa no rio Tarumã-Açu, sugerindo assim, que o enriquecimento leve pode ser devido à região que se encontra em uma área urbana e de suas descargas ao entorno do ponto de amostragem. Os metais potássio e magnésio, não apresentaram valores de FE >1 em todos os meses, sendo assim, são de predominância da geologia natural da região.

Tabela 10 - Fator de enriquecimento por pontos de amostragem das águas do rio Tarumã-Açu. **Fonte:** Próprio Autor (2025), Excel (2025).

Fator de Enriquecimento										
Metal	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**
Al (P1)	0,30	0,27	0,29	0,25	0,62	0,56	0,17	0,38	**1,25**	0,37
Al (P2)	0,23	0,31	0,36	0,18	0,61	0,78	0,16	0,73	0,60	0,63
Al (P3)	0,19	0,25	0,31	0,19	0,39	0,56	0,09	**1,77**	-	0,90
Al (P4)	0,19	0,34	0,31	0,37	0,60	0,61	0,13	**1,11**	-	-
Al (P5)	0,13	0,22	0,44	0,12	0,58	0,66	-	0,45	-	-
Al (P6)	0,17	0,31	0,35	0,07	**1,13**	0,80	-	0,33	-	-
Al (P7)	-	0,36	0,40	0,03	**1,08**	0,56	-	0,27	-	-
Al (P8)	0,25	0,52	0,47	0,22	0,64	0,61	-	-	-	
Ca (P1)	0,60	0,66	0,25	0,45	0,64	0,49	0,46	0,76	**2,42**	**2,11**
Ca (P2)	**1,13**	0,93	0,30	0,49	0,50	0,45	0,48	0,74	0,92	0,41
Ca (P3)	0,64	0,45	0,57	0,47	0,58	0,49	0,54	0,22	-	0,18

Ca (P4)	0,24	0,25	0,62	0,39	0,60	0,52	0,56	0,22	-	-
Ca (P5)	0,19	0,27	0,31	0,52	0,74	0,53	0,57	0,16	-	-
Ca (P6)	0,24	0,32	0,34	0,34	0,62	0,51	0,50	0,20	-	-
Ca (P7)	-	0,31	0,30	0,24	0,50	0,54	0,37	0,23	-	-
Ca (P8)	0,60	0,23	0,46	0,29	0,43	0,46	0,36	-	-	-
Fe (P1)	0,77	0,60	0,49	0,82	0,68	0,95	0,72	0,44	0,82	0,44
Fe (P2)	0,38	0,50	0,56	0,65	0,34	1,02	0,72	0,29	0,45	0,37
Fe (P3)	0,48	0,43	0,44	0,60	0,57	0,94	0,63	0,47	-	0,25
Fe (P4)	0,38	0,37	0,40	0,66	0,59	0,78	0,45	0,63	-	-
Fe (P5)	0,12	0,11	0,13	0,11	0,17	0,13	0,12	0,13	-	-
Fe (P6)	0,23	0,41	0,28	0,07	0,19	0,19	0,04	0,24	-	-
Fe (P7)	-	0,30	0,53	0,38	0,22	0,06	0,15	0,24	-	-
Fe (P8)	**1,03**	0,73	**1,11**	1,28	0,42	-	0,54	-	-	-
K (P1)	0,08	0,25	0,20	0,20	0,37	0,20	0,24	0,27	0,24	0,25
K (P2)	0,23	0,31	0,21	0,20	0,27	0,29	0,26	0,27	0,23	0,17
K (P3)	0,31	0,21	0,24	0,20	0,31	0,28	0,25	0,19	-	0,18
K (P4)	0,17	0,18	0,25	0,17	0,37	0,28	0,25	0,23	-	-
K (P5)	0,26	0,19	0,24	0,22	0,32	0,27	0,32	0,20	-	-
K (P6)	0,25	0,22	0,22	0,24	-	0,29	0,33	0,17	-	-
K (P7)	-	0,22	0,23	0,18	0,31	0,38	0,29	0,18	-	-
K (P8)	0,31	0,17	0,24	0,16	0,04	0,34	0,30	-	-	-
Mg (P1)	0,33	0,25	0,20	0,21	0,50	0,34	0,24	0,24	0,30	0,29
Mg (P2)	0,27	0,45	0,21	0,22	0,44	0,29	0,24	0,25	0,22	0,08
Mg (P3)	0,18	0,15	0,24	0,20	0,43	0,30	0,25	0,11	-	0,07
Mg (P4)	0,09	0,11	0,22	0,15	0,44	0,31	0,23	0,10	-	-
Mg (P5)	0,09	0,12	0,14	0,19	0,48	0,29	0,26	0,09	-	-
Mg (P6)	0,10	0,14	0,14	0,14	0,39	0,30	0,20	0,08	-	-
Mg (P7)	-	0,17	0,14	0,11	0,34	0,30	0,15	0,09	-	-
Mg (P8)	0,15	0,11	0,17	0,11	0,28	0,26	0,21	-	-	-
Na (P1)	0,83	0,75	0,38	0,38	0,55	0,42	0,38	**1,19**	**1,35**	**1,41**
Na (P2)	0,82	**1,01**	0,42	0,39	0,42	0,63	0,38	**1,07**	**1,11**	0,32
Na (P3)	0,49	0,51	0,67	0,39	0,42	0,44	0,41	0,28	-	0,19

Na (P4)	0,30	0,34	0,60	0,32	0,56	0,47	0,41	0,35	-	-
Na (P5)	0,32	0,38	0,40	0,44	0,47	0,48	0,47	0,27	-	-
Na (P6)	0,30	0,37	0,37	0,43	0,55	0,55	0,46	0,20	-	-
Na (P7)	-	0,41	0,43	0,35	0,48	0,54	0,41	0,19	-	-
Na (P8)	0,46	0,34	0,50	0,31	0,41	0,54	0,44	-	-	-

6.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

A fim de integrar as variáveis do presente estudo e interpretar a distribuição espacial nas águas do rio Tarumã-Açu, a ACP (Tabela 11) explicou com os cincos primeiros componentes principais 69,43% da variância total dos dados. Os autovalores dos dois primeiros componentes principais CP1 e CP2, explicam 43,80% da variância, com 29,12% atribuídos ao CP1 e 14,68% ao CP2. Desse modo, a ACP sugere que a maior parte da variabilidade no conjunto de dados pode ser representada por esses dois componentes, sendo suficiente para descrever os padrões gerais observados.

Tabela 11 – Autovalores gerados na Análise da Componente Principal para as águas do Rio Tarumã-Açu. **Fonte:** Próprio Autor (2025) e Software R (2025).

Autovalores	**CP1**	**CP2**	**CP3**	**CP4**	**CP5**
Variância	2,9059	2,0635	1,7819	1,5664	1,3433
% de Var.	29,12	14,68	10,95	8,462	6,222
Acumulado % de Var.	29,12	43,80	54,75	63,21	69,43

Com base nas duas primeiras componentes principais, construiu-se um gráfico de vetores (Figura 41), relacionando as variáveis e suas contribuições. Os resultados podem ser entendidos através da distância dos vetores das variáveis em relação a origem do círculo unitário (KUMMER et al., 2010). Variáveis próximas ao centro possuem menor influência na explicação da variabilidade, e as longas, maior influência. Variáveis próximas formam agrupamentos correlacionados, indicando que estão positivamente relacionadas. Variáveis opostas ao longo de um eixo possuem correlações negativas (SANT ANA et al., 2019).

Desse modo, podemos destacar a correlação das setas mais longas e das contribuições para ACP, por serem mais significativas, como é o caso das variáveis de demanda química de oxigênio, nitrito e nível do rio Negro, e a proximidade das setas

entre sólidos dissolvidos, sólidos totais e nitrogênio total, para a primeira componente Dim 1 (CP1). É possível também observar no subgrupo positivo da componente Dim 2 (CP2), as setas próximas de fósforo total, fosfato, cálcio, sódio, e condutividade elétrica, como também, magnésio e nitrogênio amoniacal indicando que essas variáveis estão correlacionadas entre si. No subgrupo negativo da Dim 2, vemos os vetores alinhados das variáveis potássio e nitrogênio orgânico, apresentando correlação. Além disto, ficou destacado a correlação inversa das setas nível do rio Negro e silício.

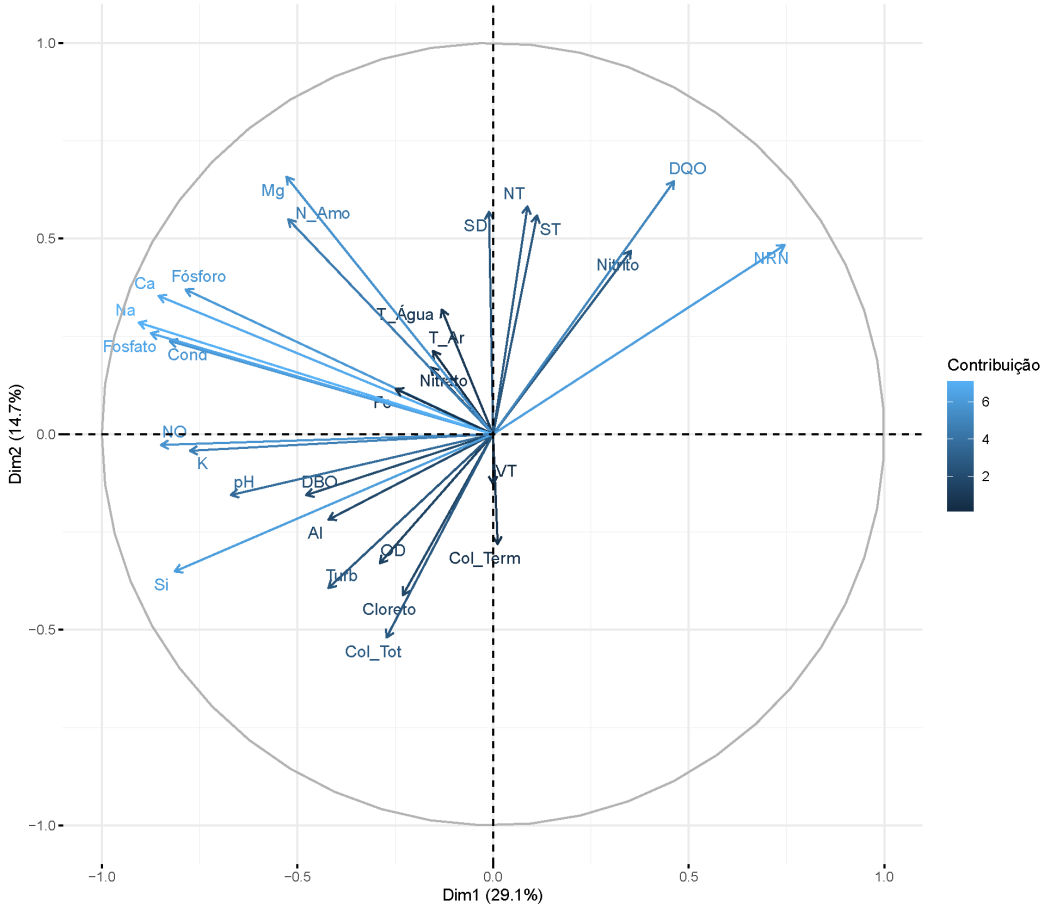


Figura 41: Gráfico de Vetores dos Componentes Principais (CP1 e CP2), e as contribuições dos parâmetros de qualidade da água no rio Tarumã-Açu. **Fonte:** Próprio Autor (2025) e Software R (2025).

Na Tabela 12, pode-se verificar as cargas fatoriais atribuídas pela CP1 e CP2, para todas as variáveis analisadas nesse estudo, em ordem decrescente. Quanto maior o valor da componente principal, maior a significância essa variável exerce no conjunto de dados, ou seja, maior influência no corpo de água.

Observa-se nos resultados, que os parâmetros com valores positivos para CP1, nível do rio Negro (0,256), demanda química de oxigênio (0,159) e nitrito (0,121), são os

mais relevantes. Podemos verificar também, que a CP2 apresentou os parâmetros magnésio (0,318), demanda química de oxigênio (0,313), nitrogênio total (0,282), sólidos dissolvidos (0,275), sólidos totais (0,270) e nitrogênio amoniacal (0,266), foram os que mais impactaram nessa componente.

Tabela 12 – Cargas fatoriais das componentes CP1 e CP2 para as variáveis analisadas nas águas do rio Tarumã-Açu. **Fonte:** Próprio Autor (2025), Software R (2025) e Excel (2025).

Parâmetro	**CP1**	**Parâmetro**	**CP2**
NRN	0,256	Mg	0,318
DQO	0,159	DQO	0,313
Nitrito	0,121	NT	0,282
ST	0,038	SD	0,275
NT	0,030	ST	0,270
Col_Term	0,004	N_Amo	0,266
SD	-0,003	NRN	0,234
VT	-0,021	Nitrito	0,227
T_Água	-0,045	Fósforo	0,179
T_Ar	-0,052	Ca	0,171
Nitrato	-0,054	T_Água	0,154
Cloreto	-0,079	Na	0,138
Fe	-0,085	Fosfato	0,125
Col_Tot	-0,093	Cond	0,115
OD	-0,100	T_Ar	0,103
Al	-0,145	Nitrato	0,082
Turb	-0,145	Fe	0,056
Mg	-0,161	NO	-0,013
DBO	-0,164	K	-0,020
N_Amo	-0,180	VT	-0,061
pH	-0,230	pH	-0,075
K	-0,266	DBO	-0,075
Fósforo	-0,270	Al	-0,105
Si	-0,280	OD	-0,160

Cond	-0,284	Si	-0,170
NO	-0,292	Col_Term	-0,171
Ca	-0,294	Turb	-0,190
Fosfato	-0,301	Cloreto	-0,199
Na	-0,311	Col_Tot	-0,251

6.4 ANÁLISE DE CLUSTER

A fim de representar as similaridades e dissimilaridade dos 8 pontos de estudo, o dendrograma de Cluster forneceu uma análise de agrupamento hierárquico utilizando a distância euclidiana como métrica de proximidade. Quanto maior a distância, menos semelhantes são os pontos entre si. Pontos próximos têm características mais semelhantes (FÁVERO, 2017).

Ao observar a dendrograma hierárquico (Figura 42), podemos identificar 4 agrupamentos formados. O primeiro agrupamento são os pontos P1 e P2, o segundo grupo formado pelos pontos P3, P4 e P6, o terceiro grupo formado pelo P5 e P7, e o último grupo é formado pelo ponto P8. Esse ponto aparece como isolado, conectando somente com os níveis mais altos do dendrograma, sendo assim, o ponto mais distinto dos demais.

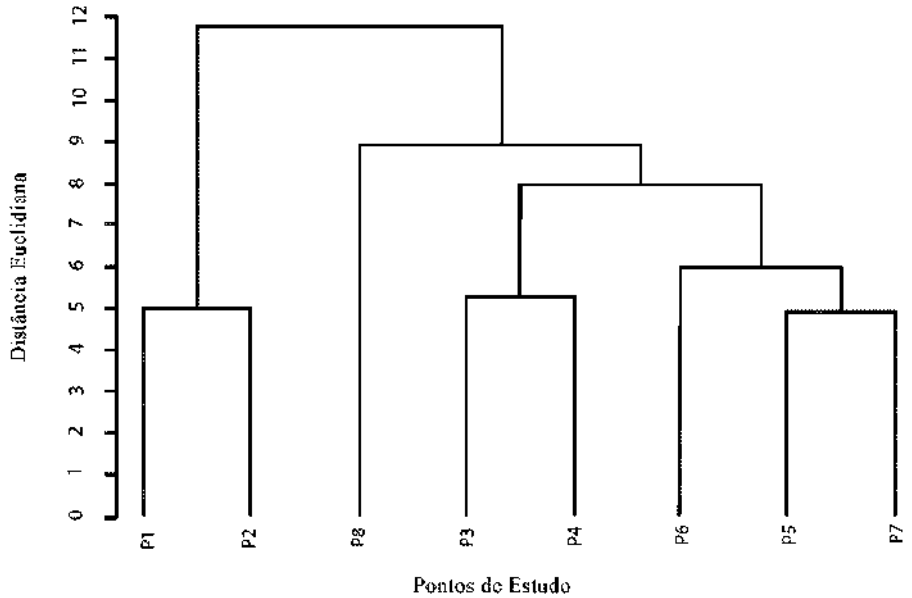


Figura 42: Dendrograma Hierárquico de Cluster. **Fonte:** Próprio Autor (2025**)** Software R (2025).

6.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – (IQA_{GP-QAT})

Buscou-se verificar a variação do IQA_{GP-QAT} temporal e espacial, através do comportamento mensal e pelos pontos de estudo nas águas do rio Tarumã-Açu. O IQA_{GP-QAT} variou entre categorias "Ótima", "Boa", "Regular" e "Ruim" ao longo do ano de 2024. A Figura 43A, representa o IQA_{GP-QAT} pelos pontos de estudo, indicando como se comporta as características locais, espacialmente, enquanto a Figura 43B representa o IQA_{GP-QAT} mensal e reflete a qualidade da água ao longo do tempo.

Os resultados do IQA_{GP-QAT} para os pontos amostrais (Figura 43A) durante os meses estudados apresentaram variações entre 43 (P1) e 91 (P7), indicando condições de qualidade de água que tendem da categoria ruim a ótima. Observa-se que, a maioria dos pontos estiveram em condições aceitáveis. Além do mais, percebe-se que as áreas onde os pontos de estudo são os mais afetados, são o caso dos pontos P1 e P2 que se encontram na área urbana, próximos a atividades de lazer, flutuantes, condomínios, e por ter maior densidade populacional próxima, podendo ocasionar impactos de poluição na qualidade da água. Em contrapartida, os pontos P7 e P8 encontram-se na nascente, em uma área rural, e são poucos impactados por atividades antrópicas.

A Figura 43B apresenta a qualidade da água dos meses de fevereiro a novembro de 2024, apresentando as variações durante as estações de cheia e seca. Os outliers presentes, representam a quantidade de pontos coletados no período de estudo. Logo, o mês de outubro foi o que apresentou as menores informações de dados obtidos sendo coletados apenas os pontos 1 e 2, essa situação ocorreu devido ao fato do baixo volume de água no rio Tarumã-Açu que impossibilitou a voadeira de navegar a dentro percurso do rio.

Conforme pode ser observado na Figura 43B, o IQA_{GP-QAT} apresentou um comportamento sazonal, ou seja, um período mais chuvoso com o nível do rio aumentando até o mês de julho, o IQA_{GP-QAT} apresentou-se consideravelmente aceitável para os padrões ambientais, enquanto no período seco, quando o nível do rio Negro estava diminuindo, o IQA_{GP-QAT} apresentou condições de boa a ruim, dando ênfase ao mês de outubro onde o nível do rio atingiu 12,25 metros de profundidade, e teve a pior condição registrada no ano de 2024. Isso indicou um acúmulo de poluentes nas águas do rio Tarumã-Açu, exacerbado pela maior influência das atividades humanas no período de seca.

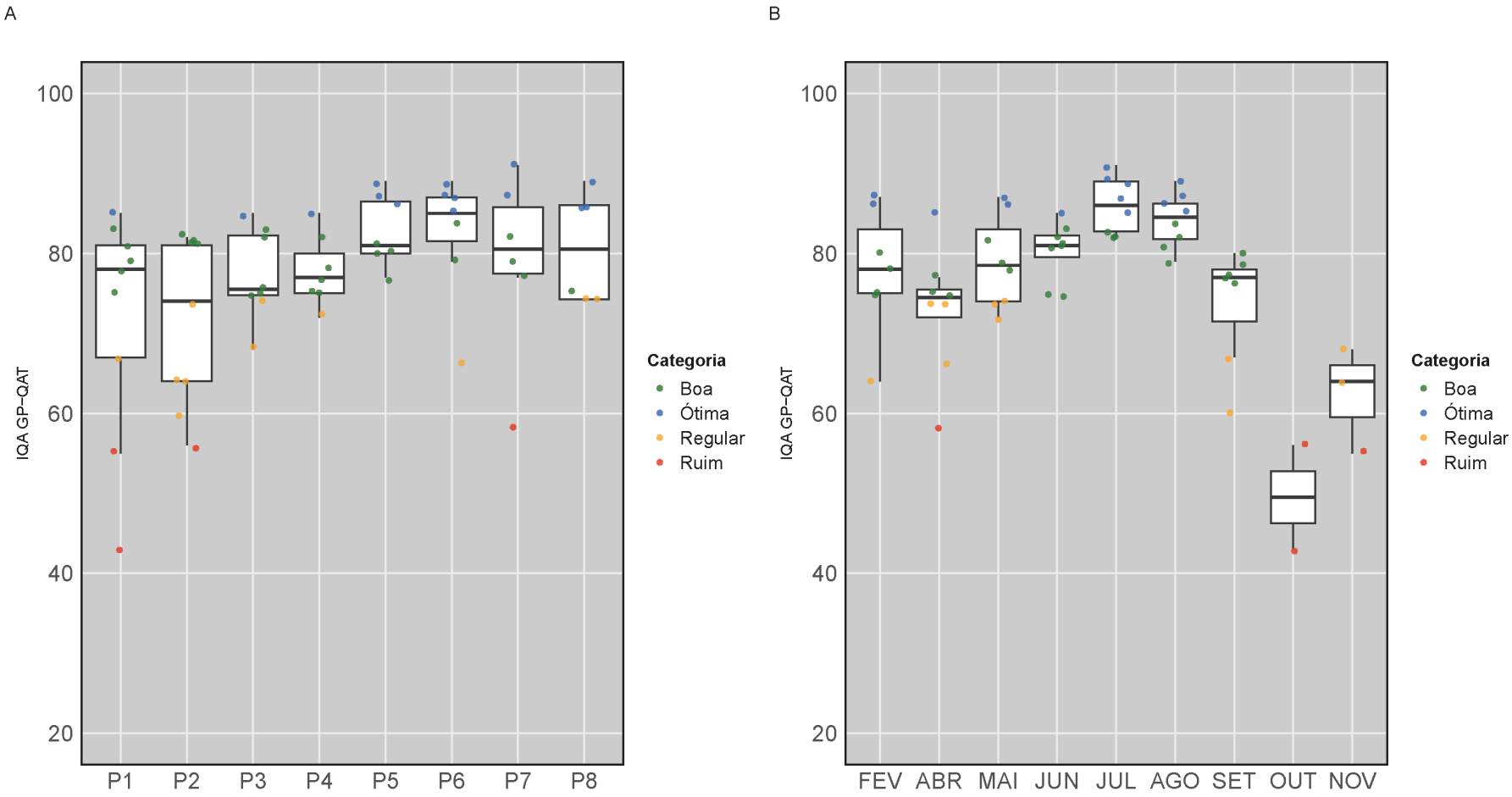


Figura 43: Variação espacial e temporal do índice de qualidade da água em boxplot, representando A) Distribuição média por pontos de amostragem e B) Distribuição média mensal.

7. DISCUSSÕES

7.1 SAZONALIDADE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE.

Se considerarmos as características urbanas e rurais do Tarumã-Açu, pode-se estabelecer maneiras distintas de avaliar sua dinâmica ambiental por causa do uso da água e da terra em diferentes localidades da região. As águas desse rio podem ser afetadas por atividades dentro e ao redor do rio, como as áreas de lazer, flutuantes, obras inadequadas, assoreamento, agricultura e dentre outras ocupações urbanas próximo ao rio. Além disso, a própria contaminação vinda de despejos inadequados jogados ao leito do rio.

Os resultados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, como também dos metais, evidenciaram a influência do regime hidrológico no rio Tarumã-Açu. O volume das águas do rio, em conjunto com atividades antrópicas, impactou significativamente as concentrações dos parâmetros avaliados, especialmente nos períodos em que a cota do nível do rio esteve historicamente baixo na cidade de Manaus. Um exemplo notável é a coleta realizada no mês de outubro, quando foi registrada uma profundidade de 12,25 metros (PORTO DE MANAUS, 2024). Essa variação do nível da água é característica dos regimes hidrológicos da bacia amazônica, em que o período de cheia ocorre no primeiro semestre e, seguido pela estação seca no segundo semestre (ALVES et al., 2021).

Os parâmetros químicos, fósforo total, fosfato, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal apresentaram alterações influenciadas pela variação sazonal da dinâmica do nível do rio, e associadas a contribuição das atividades antrópicas. Durante o período de cheia, observou-se uma redução nas concentrações desses compostos, atribuída à maior capacidade de diluição devido ao aumento no volume de água. Em contraste, na estação seca, as concentrações desses compostos aumentaram de forma expressiva, ultrapassando os limites estabelecidos pela legislação ambiental, como no caso do fósforo, cujo limite é de 0,10 mg/L. O nitrogênio amoniacal, por sua vez, apresentou valores próximos ao limite de 3,7 mg/L, mas sem ultrapassá-lo. Já o fosfato e o nitrogênio orgânico não possuem limites específicos definidos pelo CONAMA nº 357/2005. Segundo (HORBE et al., 2005), as variações nas concentrações de espécies nitrogenadas e fosfatadas podem ser explicadas pela concentração de solutos resultante do baixo volume de água nos

corpos hídricos durante a seca.

Essas alterações químicas, especialmente no período de seca, indicam elevados níveis de poluição no corpo hídrico, favorecendo o processo de eutrofização devido à alta concentração de nutrientes(ALVES et al., 2012; BARRETO et al., 2013; NOGUEIRA et al., 2015; VIDAL; NETO, 2014). Essa condição foi confirmada durante a campanha de monitoramento realizada em novembro, quando observou-se uma grande quantidade de vegetação aquática ao longo do rio, evidenciando os impactos mencionados.

O fósforo presente na água pode ter origem distinta, oriundos de fertilizantes, resíduos orgânicos provenientes de esgotos e efluentes industriais, além disso, acelera a eutrofização de rios, podendo ainda se apresentar na forma de fosfato (CETESB, 2022). Segundo Jardim e Guarda (2017), o fosfato, pode estar relacionado à oxidação dos esgotos urbanos, e pode ser proveniente da decomposição química dos polifosfatos utilizados na fabricação de detergentes. Para Esteves (2011), o descarte de efluentes ricos em fosfatos em cursos d'água está associado a ambientes com alta disponibilidade de nutrientes nitrogenados, o que estimula o crescimento de micro e macroorganismos fotossintetizadores. Esse processo pode desencadear florações indesejáveis, reduzindo a biodiversidade do ambiente afetado pela eutrofização.

O nitrogênio, por sua vez, pode ser encontrado em diferentes formas na água, como nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. O nitrogênio amoniacal geralmente apresenta concentrações elevadas em águas poluídas, resultando da decomposição da matéria orgânica (SENA; MONTEIRO; ALVES, 2020). O nitrito, é produzido pela oxidação do nitrogênio amoniacal ou pela redução do nitrato e sua presença indica decomposição parcial da matéria orgânica (SHEELA; LETHA; JOSEPH, 2011). Conforme Boeira (2024), o nitrogênio orgânico pode ser mineralizado por microrganismos presentes no solo, transformando matéria orgânica em $NH4^{+}$ (amônio), que é liberado no solo, podendo ser absorvido por plantas, transferido para sedimentos ou convertido em nitrato.

Essas condições evidenciam o impacto ambiental causados pelos compostos de fosforo e de nitrogênio no período em que as águas estão baixas. O acúmulo desses nutrientes associado ao seu transporte, podem vir a acumular alterações aquáticas ao rio Tarumã-Açu. Em águas doces, o excesso de nutrientes é uma das principais causas de problemas ecológicos, promovendo a eutrofização (GLIBERT et al., 2014; HEISLER et al., 2008; SCHINDLER, 2006). A eutrofização apresenta efeitos prejudiciais aos ecossistemas aquáticos, como o aumento da biomassa de algas, redução do oxigênio

dissolvido e o desenvolvimento de algas potencialmente tóxicas (SMITH; SCHINDLER, 2009).

Um estudo realizado no Lago de Olarias em Ponta Grossa – PR, por Costa et al. (2021c), identificou níveis elevados de fósforo e nitrogênio durante o período seco, associando a alta concentração desses nutrientes e à baixa profundidade do lago. Essa condição gerou problemas de eutrofização e crescimento excessivo de plantas, devido ao acúmulo de nutrientes provenientes de fontes como esgoto doméstico. Da mesma forma, Cerqueira et al. (2020), observaram que as atividades urbanas na Bacia do Rio Cachoeira, localizada na Bahia, contribuíram significativamente para o aumento de compostos nitrogenados e fosfatos, apontando a urbanização como um dos principais fatores da eutrofização.

Os parâmetros físicos também apresentaram variações significativas em função da sazonalidade, destacando-se a turbidez e a condutividade elétrica. Tendo seus maiores valores no período de seca, e menores valores no período em que o nível do rio se encontrou em alta ou período cheio, consolidando a influência da variação sazonal hidrológica da região. Apesar das elevações na turbidez durante a estação seca, os valores não ultrapassaram o limite de 100 NTU estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005.

O aumento da turbidez na estação seca é geralmente causado pela presença de partículas sólidas na superfície da água, acúmulo de sedimentos, entrada de matéria orgânica e inorgânica, além da ocupação antrópica que influencia nesse processo (GEMINIANO; SOARES; PINTO, 2021; TEIXEIRA; HELLER, 2004; TEIXEIRA et al., 2004), que consiste no grau de atenuação da incidência da luz no corpo hídrico, medindo a residência da água quanto a passagem de luz (SANTOS; MOHR, 2013). Consequentemente, a variância das concentrações de turbidez entre os pontos de amostragem, podem indicar áreas com maior presença de sólidos em suspensão e matérias orgânicas, como resultados de descargas de efluentes, queda de folhas, galhos de arvores e substâncias naturais, evidenciando um ambiente mais turvo.

A condutividade elétrica, apresentou aumento no período seco, que pode estar associado a presença de sais dissolvidos e poluentes químicos. Conforme a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (2014), a condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Isso demonstra que a redução do nível do rio amplifica os efeitos das fontes de origem antrópica, como escoamento agrícola, esgoto sanitários, descargas industriais e erosão de sedimentos. Além do mais, em

períodos de estiagem, a diminuição de água por evaporação concentra sais, vindo de rochas e solos, aumentando a condutividade elétrica (AZEVEDO et al., 2018; RIBEIRO et al., 2018).

Em comparação ao nosso estudo, a pesquisa de Andrade et al. (2012), sobre a variabilidade espaço temporal da condutividade elétrica, no Assentamento Rural Nossa Senhora do Rosário, no município de Pesqueira - PE, foi determinado que a condutividade da água no período seco tende aumentar nas áreas onde o nível da água está mais próximo a superfície do solo, pois estão suscetíveis a erosão do solo e da ação humana. Horbe et al. (2013), também detectou concentrações maiores durante o período seco, no Rio Madeira, localizado no estado do Amazonas.

Os íons produzidos das matérias orgânicas e inorgânicas, podem ter sido ocasionados pela grande quantidade de metais presente no rio Tarumã-Açu no período que o nível do rio esteve com pouco volume de águas, pois os parâmetros analisados nesse estudo detectaram altas concentrações na estação seca, influenciando no aumento tanto dos valores de turbidez por apresentar partículas sólidas na água, quanto na liberação de íons, aumentando das concentrações da condutividade elétrica.

Já os metais alumínio, cálcio, ferro, potássio, magnésio, sólido e silício apresentaram maiores concentrações na estação seca, destes, apenas ferro e magnésio não apresentaram comportamento sazonal hidrológico com o nível do rio, ou seja, não foi detectado variabilidade das concentrações com a hidrologia local, sugerindo que os mesmos podem não estar associados a origem naturais.

Os metais estão presentes de forma natural em rochas na crosta terrestre e, nos ambientes aquáticos, podem ser encontrados tanto por processos naturais, como o intemperismo, quanto por atividades humanas. Sua presença, em diferentes concentrações e dependendo das características físico-químicas da água, podem ocasionar sérios impactos ambientais. Além disso, no ambiente aquático, esses metais podem interagir com os sedimentos por meio de processos físicos e químicos, podendo se fixar no sedimento de forma total ou parcial (MARTINS; BRAIT; SANTOS, 2018).

Ainda nesse contexto, os demais parâmetros químicos e físicos deste estudo não apresentaram relação altamente significativas com a variação sazonal das suas concentrações ao NRN. Entretanto, um ponto crítico identificado, foi a presença dos parâmetros microbiológicos, como os coliformes totais e termotolerantes, com altas concentrações no período de seca, e podem estar associadas ao menor volume de água, e ao acumulo de contaminação antropogênica.

Os coliformes são bactérias indicadores de contaminação fecal. Muitas bactérias coliformes, incluindo *Escherichia coli* (*E. coli*) podem sobreviver por um tempo considerável na água, tornando-as um bom indicador da presença de outras bactérias patogênicas (BRANDT et al., 2017). Sua alta concentração geralmente é ocasionada especialmente em áreas urbanas próximas a despejos domésticos e industriais não tratados. O CONAMA nº 357/2005 regulamentou limite apenas para coliformes termotolerantes, na presença máxima de 1000 coliformes por 100 ml de água. Nesse caso, os valores ultrapassaram o limite da legislação ambiental nos meses de outubro e novembro seco em todos os pontos e nos meses de abril nos pontos P6 e P7.

Pesquisas realizadas por Figueiredo et al. (2015) e Arcos, Silva, Cunha (2020), destacaram a influência de fatores sazonais e antrópicos nas concentrações de coliformes em corpos d'água. O estudo de Figueiredo et al. (2015), realizado na Ostreicultura do Urindeua - Pa, apontou que os maiores níveis de coliformes termotolerantes em águas de cultivo de ostras foram registrados durante o baixo volume de água, que diminui a diluição dos poluentes, resultando em maior concentração desses organismos. Complementando essa perspectiva, o estudo de Arcos, Silva e Cunha (2020), no Rio Negro – AM, identificou que as variações nas concentrações de coliformes também estão associadas a períodos sazonais, além de serem influenciadas pela presença de embarcações e banhistas, que contribuem diretamente para a introdução de poluentes na água.

Esses estudos reforçam como tanto fatores climáticos quanto atividades humanas impactam a qualidade da água do rio. A variação sazonal do nível do rio Negro desempenha um papel essencial na dinâmica de nutrientes, metais e poluentes, com a seca representando o período mais crítico. Dessa forma, os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos, evidenciam a necessidade de ação devido a poluição hídrica.

Dos resultados do pH, observou-se que os períodos de estiagem e início da subida do rio, estiveram dentro do limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005 para os pontos P1 e P2. No entanto, segundo Zeidemann (2001) e Horbe e Oliveira (2018), a característica do pH das águas negras do rio Tarumã-Açu é ácida. Sendo assim, essas alterações estação seca apontam para uma alteração antrópica, causada pelo acúmulo da poluição hídrica no baixo volume de água. Conforme Fondriest Enviromental (2013), descargas de águas residuais que contém detergentes e produtos à base de sabão podem tornar a águas mais básicas.

Já temperatura é um parâmetro fundamental, que influencia no ecossistema

aquático, pois, altas temperaturas podem causar alterações em outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido (ZENI; OSTRENSKY; WESTPHAL, 2016). Foi observado que a variação da temperatura foi mais negativa, que indica que a temperatura superficial da água é mais elevada do que a temperatura do ar.

O oxigênio dissolvido, apresentou concentrações mínimas abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005 que é de 5,0 mg/L, durante a maior parte do período analisado. Os valores mais elevados foram averbados na subida do nível do rio, em fevereiro e novembro. Em rios de águas negras, é comum que o oxigênio dissolvido apresente valores baixos, devido a presença da grande quantidade de material orgânico dissolvido (KLINGE; RODRIGUES, 1971). Essa diminuição está relacionada com a demanda bioquímica de oxigênio (SPERLING, 2014). Em contrapartida, o aumento das concentrações de oxigênio dissolvido, podem ser atribuídas a aeração da água, causada por correntezas, fluxo da água e até pelas movimentas causadas pelas embarcações que contribuem no movimento da água (FONDRIEST ENVIRONMENTAL, 2013). Segundo Alvarenga, Cuesta e Souza (2024b), corpos hídricos com fluxo contínuo tendem a manter, altos níveis de oxigênio dissolvido sob condições normais, além do mais, essas concentrações podem variar ao longo do curso do rio, em função das mudanças nas características ambientais e das condições climáticas. O que de fato foi observado na medição do oxigênio dissolvido no mês de novembro, com nível baixo das águas e fortes correntezas da água em direção a foz.

A DBO5, por sua vez, apontou valores que ultrapassaram o limite permitido que é de 5,0 mg/L na maioria dos meses, indicando a presença significativa de matéria orgânica. As concentrações de demanda bioquímica de oxigênio variaram entre as estações de seca e chuvosa, os registros recorrentes ocorreram na estação seca e as maiores concentrações na estação chuvosa. Esse comportamento corrobora com as pesquisas de Fiorucci e Benedetti Filho (2005), que atribuíram o aumento da DBO na estação chuvosa à entrada de material orgânico proveniente do entorno, cuja decomposição exige o consumo de oxigênio (ALENCAR et al., 2019). Além disso, altas concentrações de DBO podem também estar associadas ao lançamento de despejos domésticos ou industriais, processos que intensificam o consumo de oxigênio, favorecendo a proliferação de microrganismos patogênicos, tornando-as águas inadequadas para o consumo e comprometendo sua capacidade autodepurativa dos corpos d'água, indicando o grau de impacto ambiental e a qualidade hídrica (DA CUNHA et al., 2014; PINTO; OLIVEIRA; PEREIRA, 2010; WARD et al., 2013).

Os resultados da DQO em relação ao nível do rio, foram observados os maiores valores em média no período de transição, da estação chuvosa para seca, no maior volume de água. Esse aumento no mês de julho, pode estar ligado a presença de compostos orgânicos recalcitrantes, causados por lixiviação de aterro sanitário (GOMES; SCHOENELL, 2018). Conforme Lange e Amaral (2009), os compostos recalcitrantes são aqueles que resistem à biodegradação e tendem a persistir e acumular no ambiente. Tais materiais não são necessariamente tóxicos aos micro-organismos, mas simplesmente são resistentes ao ataque metabólico.

A DQO é um parâmetro essencial para avaliar a quantidade de compostos orgânicos presente em águas superficiais (HUANG et al., 2019). Enquanto a DBO mede a quantidade de oxigênio consumida na decomposição biológica da matéria orgânica, a DQO avalia a quantidade total de oxigênio necessária para a oxidação química tanto da matéria orgânica quanto dos compostos inorgânicos presentes na água (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005). Embora não haja limites estabelecidos pelo CONAMA nº 357/2005, a DQO é um importante indicador de poluição, especialmente em áreas próximas a fontes de efluentes (BERLANDA et al., 2021).

A relação dessas duas variáveis é verificada no estudo de Tavares, Souza e Silva (2021), que identificaram os maiores teores de DBO em média, na época chuvosa, e observando, valores menores na estiagem. Enquanto a DQO, apresentou em média valores constantes na época chuvosa e valores em média mais altos na estiagem. Um estudo realizado no igarapé do Mindu Manaus - AM por Silva et al. (2023), evidenciou um elevado grau de degradação ambiental, caracterizado pelas altas concentrações de matéria orgânica. Os altos níveis de DBO e DQO detectados nesse igarapé, vem refletindo o impacto negativo dos despejos domésticos e industriais na qualidade hídrica, tornando a situação particularmente preocupante na região (BITTENCOURT et al., 2024)

Os parâmetros de qualidade sólidos totais e sólidos dissolvidos estão associados ao todo material particulado, e seus níveis de concentrações podem sofrer alterações devido à constante ação antrópica e a drenagem das águas decorrentes do período hidrológico. Enquanto um mede a soma total de material suspenso, o outro é a soma de todas as substâncias dissolvidas na água, incluindo sais, minerais e compostos orgânicos (BRAGA et al., 2021; RITCHER, 2009).

Foi observado que tanto sólidos totais quanto sólidos dissolvidos apresentaram em média, similaridade em suas concentrações, identificando as maiores concentrações no período de transição da estação de cheia para estação seca, especialmente no mês de julho.

Conforme Costa e Koide (2021), os sólidos estão relacionados com a vazão do rio, sendo a cheia com maiores concentrações, devido ao escoamento superficial, lavando a superfície do solo e carreando o que está depositado dentro de um rio, como aterros, drenagem de obras e demais poluições difusas. Pois, é durante a cheia que ocorre a maior parte do transporte de sedimentos e poluentes ao longo do percurso do rio (CARVALHO, 2008).

Por fim, o cloreto, é um indicador da presença de sais dissolvidos e frequentemente associado a fontes industriais e domésticas (PIMENTA; PEÑA; GOMES, 2009). Foi observado que as concentrações de cloreto não ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005, que é de 250 mg/L, mesmo havendo uma concentração elevada no ponto 1 no mês de outubro. Conforme Fernandes et al. (2012), o aumento de concentração de cloretos na água é um indicador de possível contaminação de esgotos pela sua presença na urina que tem como consequência a alteração do sabor da água. Para Parron et al. (2009), os níveis de cloretos têm relação com o período hidrológico devido ao aumento da concentração na seca.

7.2 INFLUÊNCIA GEOLÓGICA E ANTRÓPICA NA QUALIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO TARUMÃ-AÇU.

Devido à complexidade dos ecossistemas amazônicos, nos quais está inserida a bacia do rio Tarumã-Açu, tornam-se necessárias técnicas que possibilitem uma análise conjunta das informações ecológicas e suas interações. Nesse contexto, conforme apontado por Pinto, Faria e Almeida (2021), a utilização da Análise de Componentes Principais em dados de qualidade da água pode auxiliar no entendimento das fontes de poluição, das variações temporais e no monitoramento das condições de qualidade hídrica. E com o manejo dos dados estatísticos, é possível identificar os parâmetros que mais influenciam a qualidade da água na região.

Os resultados da ACP mostram que os 5 primeiros CPs são responsáveis por 69,43% da variação total dos dados. De modo geral, observa-se que cada componente apresenta diferentes contribuições para a variabilidade do conjunto de dados. Para determinar o número de componentes principais a serem considerados, verificou-se que os dois primeiros CPs gerados nesta análise possuem autovalores maiores que 1 (CÂNDIDO et al., 2021; FRAGA et al., 2016). O critério de seleção dos CPs consistiu em incluir somente os componentes cujos autovalores próprios fossem superiores a 1

(FINKLER et al., 2015). Além disso, as primeiras CPs explicaram uma grande parte da variância total dos dados, considerando que, quanto maior o autovalor, maior seria a relevância do componente principal. Dessa forma, foram selecionados os autovetores do CP1 (2,90) e o CP2 (2,06), que juntos explicaram 43,80% da variação total do conjunto de dados.

Em relação as correlações entre os parâmetros, as variáveis que compõem cada componente principal não são correlacionadas com as variáveis da outa CP, ou seja, a variação explicada pela CP1 é independente da variação explicada pelo CP2 e assim sucessivamente. Essa independência implica que nenhum componente principal causará uma resposta correlacionada em relação aos outros, uma vez que são ortogonais (FRAGA et al., 2016; HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2016).

A CP1 explicou 29,01% da variação dos dados, indicando que o nível do rio e a DQO foram as variáveis mais significativas no conjunto estudado, seguidas por nitrogênio total, sólidos totais, sólidos dissolvidos e nitrito. As setas sobrepostas para DQO e nitrito apontam para correlações positivas, indicando um potencial de carga orgânica e de nutrientes. Além disso, as setas próximas e apontadas na mesma direção para as variáveis nitrogênio total e sólidos totais sugerem correlação, no que se refere à concentração de partículas nitrogenadas suspensas ou dissolvidas na água. Pode-se inferir que a CP1 está associada a variáveis indicativas de cargas de nutrientes e à poluição das águas, decorrentes de esgoto doméstico e matéria orgânica, com base na contribuição dos parâmetros presentes nesta componente (CARDOSO- SILVA et al., 2014; GUEDES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2023).

A CP2 explicou 14,70% da variação total dos dados relacionados à qualidade da água, destacando-se pela relevância de parâmetros químicos como o nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, fósforo e fosfato, parâmetros físicos como a condutividade elétrica e os metais cálcio, potássio, magnésio, sódio e silício associados a essa componente. Além disso, foi identificada uma correlação significativa entre as variáveis condutividade elétrica, fosfato, fósforo, cálcio e sódio. Outra correlação observada incluiu o nitrogênio amoniacal e o magnésio, assim como o nitrogênio orgânico e o potássio.

A correlação entre condutividade elétrica e variáveis como fosfato, fósforo, cálcio e sódio indicam que a concentração de íons dissolvidos está associada à presença desses compostos químicos. Esse padrão sugere tanto a entrada e o transporte de poluentes ricos em nutrientes quanto a influência da geologia do rio Tarumã-Açu, cujos minerais

presentes no solo e nas rochas liberam íons na água. Neves et al. (2020), estudaram a bacia hidrográfica do rio Puraquequara, da cidade de Manaus-AM, e identificaram que as baixas concentrações de nutrientes, condutividade e metais são decorrentes de águas menos poluídas.

As outras relações dos compostos nitrogenados com o magnésio e o potássio, indicam descarga de esgoto doméstico, fertilizantes agrícolas, que frequentemente contêm a presença desses compostos orgânicos e inorgânicos, associados a decomposição da matéria orgânica, e a influência do solo. Conforme Mota e Sperling (2009), o nitrogênio amoniacal e orgânico são oriundos da ureia, que são as formas predominantes de nitrogênio a partir do esgoto doméstico.

Estes resultados das CPs são um indicativo de que o uso e ocupação do solo são causas das atividades antropogênicas ao entorno e dentro do rio Tarumã-Açu que influenciam na qualidade da água. De acordo com Camara, Jamil e Abdullah (2019), atividades próximas aos rios podem desequilibrar o ambiente natural, aumentar o aporte de metais pesados, de nutrientes e material orgânico. Tais alterações estão associadas a redução da qualidade da água.

Não obstante, os metais avaliados neste estudo, foram analisados através do seu FE, ou seja, se as origens do metal estão associadas a atividades antrópicas ou fontes naturais (RABELLO et al., 2018). O FE indicou a predominância de fontes naturais para a maioria dos metais avaliados, com valores geralmente abaixo de 1, logo, não possuem enriquecimento e suas concentrações podem ser do solo ou das rochas (ELHADI et al., 2018). Entretanto, os metais alumínio, cálcio, ferro e sódio apresentaram picos de enriquecimento baixo (FE <3) em pontos específicos e distintos na maioria das vezes. No período crítico de seca na Bacia do Tarumã, o cálcio apresentou os maiores valores exclusivamente no ponto 1 nos meses de outubro e de novembro. Ainda assim, não existe uma probabilidade significativa para afirmar a influência antrópica nesse período.

No estudo realizado por Rocha et al. (2023) no Rio Melchior, localizado entre Ceilândia e Samambaia do estado do Distrito Federal, foi apresentado informações dos mesmos elementos metálicos em discussão, constatando-se que nenhum deles apresentaram enriquecimentos em todos os pontos analisados, evidenciando assim sua origem geogênica.

Ao tratarmos do cálcio como elemento que mais se aproximou de enriquecimento significativo, estudos na região de Manaus apresentam distinções de análises. Na pesquisa de Melo, Silva e Miranda (2006), nas águas dos igarapés da bacia Hidrográfica do São

Raimundo, do Educandos e do Tarumã-Açu, foi identificado que as concentrações altas de cálcio ocorrem no período chuvoso, transportado ao corpo hídrico por águas pluviais que escoam com despejos domésticos e industrial. Já Ferreira et al. (2012b), em estudos nos igarapés da Reserva Florestal Adolpho Ducke, avaliaram que o cálcio se manteve dentro dos padrões da região. Lages et al. (2021), observaram no igarapé do Quarenta que as concentrações de cálcio estão acima dos valores naturais da região.

7.3 COMPORTAMENTO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – $IQA_{GP\text{-}QAT}$ NO RIO TARUMÃ-AÇU.

A avaliação da qualidade da água do rio Tarumã-Açu, se deu pelo cálculo e alteração/troca de alguns dos 9 parâmetros que compõe o Índice de Qualidade de Água já legislado, adaptando-o assim, para rios de águas negras, em que os parâmetros são: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo, nitrogênio amoniacal e coliformes termotolerantes.

A aplicação do $IQA_{GP\text{-}QAT}$ para esse estudo, demonstrou ser bastante eficiente, identificando de forma abrangente e clara a variação da qualidade da água em seus comportamentos sazonais nos meses analisados, como também para os pontos de amostragem. Os resultados variaram nos meses em que o nível do rio esteve em aumento, entre 58 e 91, enquanto nos períodos em que o volume de água diminuiu, variou entre 43 e 89. Sendo assim, as águas do rio Tarumã-Açu ficou classificada entre ruim a ótima.

Os piores índices de qualidade da água do rio Tarumã-Açu ocorreram especialmente no mês de outubro, onde o volume das águas esteve historicamente com a menor profundidade, sendo classificado com qualidade ruim nesse período. Por outro lado, as melhores condições de qualidade de água ocorreram em alto volume de água correspondente ao regime hidrológico da região. Esses resultados corroboram com a pesquisa de Damasceno et al. (2015), que também identificou melhores índices de qualidade no período de cheia no rio Amazonas, localizado no município de Macapá – AP, baseados na classificação do IQA_{CETESB}.

O estudo realizado por Junior et al. (2023) na Bacia de Educandos em Manaus - AM, apresentou condições de ruim a péssimo, e o mês de outubro que se encontra na estação seca da região, apresentou os piores valores e classificações do IQA, nos anos de 2021 e 2022, apesar disso, o estudo evidenciou pouca influência do regime hidrológico sazonal devido a bacia estar em condições ambientais graves. Já Arcos e Cunha (2022),

investigando às águas do rio Negro próximo as praias de Tupé, Lua e Ponta Negra, classificaram-nas entre ótima e boa, enfatizando que à medida que se aproxima da cidade de Manaus a qualidade da água diminui. Ressalta-se que essas pesquisas no Amazonas foram classificadas na faixa do IQA_{Cetesb}, que apontam características distintas dos rios amazônicos.

Os oito pontos de amostragem da presente pesquisa, se localizam entre a área urbana e rural no percurso da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu. Os primeiros pontos estão localizados a jusante da bacia, que se encontram em áreas urbanas, com flutuantes, praias, marinas, condomínios, comunidades ribeirinhas, industrias e atividades de lazer aos entornos dos primeiros pontos. Do ponto 5 ao ponto 8, já se encontram próximo a montante, em locais de área rural da bacia, com a presença de comunidades indígenas, sítios e chácaras.

Espacialmente, os primeiros pontos são os mais variados e tem maior amplitude do corpo hídrico. Isso se deve exclusivamente aos pontos 1 e 2, estarem em locais mais urbanizados, e assim terem impacto direto com altas fontes de contaminação antrópica. Júnior (2020), afirma que os corpos hídricos próximo de áreas urbanas são frequentemente impactados pelas atividades antrópicas na bacia hidrográfica, sendo as atividades como o descarte inadequado de esgoto sanitário, descartes indústrias, e as pessoas contribuírem de forma ativa e passiva no processo de contaminação e degradação ambiental.

Durante a estação seca, em que o nível da água esteve abaixo severamente, os pontos 1 e 2 apresentaram condições mais críticas segundo o $IQA_{GP\text{-}QAT}$ durante todo o período do presente estudo. Isso se dá ao fato de que esses locais foram diretamente impactados por atividades antrópicas, incluindo despejo de esgoto doméstico e industrial, além do uso intensivo do entorno para atividades de lazer e habitação. Indicando uma concentração elevada de poluentes que comprometem tanto a saúde ambiental quanto a segurança para usos humanos.

Enfatizando os argumentos da variação do IQA_{CETESB} aos pontos de estudo nas áreas a jusante e a montante da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, alguns estudos apontaram influências significativas e distintas nessas áreas urbanizadas e rurais. Queiroz e Rubim (2016), estudaram a orla de Manaus, com inclusão do primeiro ao quinto ponto de estudo próximo a foz do rio Tarumã-Açu, identificando que os pontos próximos a jusante são fortemente influenciados pela bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, devido a fontes de lançamentos de efluentes domésticos e industrias, além do mais, afirmaram que

a qualidade da água na área rural, são as mais preservadas por sua vegetação presente. Damasceno, De Souza Filho e Alves (2019), verificaram que os pontos P1 e P2 não se encontraram apropriados para fins de consumo humano. Já Ferreira et al. (2012b), descreve que a jusante do rio Tarumã-Açu está em área urbana, e vem sofrendo com o aumento populacional, devido a construção a construção de conjuntos habitacionais, o que vem causando degradação das águas da região.

De acordo com Alves et al. (2022), para analisar essa variação do $IQA_{GP\text{-}QAT}$ faz-se necessário a avaliação dos parâmetros separadamente, realizando uma análise mais detalhada para observar qual dos parâmetros pode estar diminuindo o índice de qualidade de água.

Dessa forma, identificamos os componentes do $IQA_{GP\text{-}QAT}$ que apresentaram alterações nos períodos críticos de qualidade das águas, através da ocupação urbana e variação sazonal do nível do rio. Partindo desse princípio, os parâmetros coliformes termotolerantes, pH, turbidez, condutividade elétrica e fósforo, foram os parâmetros que influenciaram no baixo índice de qualidade de água. O que implicou diretamente na poluição hídrica, devido ao acúmulo de poluentes químicos, como matérias orgânicas e inorgânicas.

O dendrograma hierárquico formado a partir da Análise de Cluster permitiu identificar os pontos que estão comumente ligados entre si, ou seja, o comportamento da qualidade da água em locais diferentes, apresentando suas dissimilaridades e similaridades. A hipótese presente se dá as áreas urbanas e rurais da região se encontrarem distintas. Os oito pontos de estudo formaram quatros grupos, onde 3 grupos apresentaram similaridades. O primeiro grupo formado pelos pontos P1 e P2, o segundo agrupamento formado por P3 e P4, o terceiro agrupamento formado pelos pontos P5, P6 e P7. O ponto P8 foi a área de estudo mais distinta de todos os agrupamentos.

Os pontos de estudo, estão com o início na foz e o término, no fim da montante. Neste sentindo, é evidente que os primeiros pontos P1 e P2 são caracterizados por maior fonte antrópica devido à proximidade com a urbanização, o que reflete muito a variação do $IQA_{GP\text{-}QAT}$ nesses pontos. Em contrapartida o ponto P8, se encontrada em uma área mais vegetada, e sob pouca influência na qualidade hídrica na área. Dessa forma, a aplicação da Análise de Cluster, considerando os agrupamentos formados, permitiu um planejamento estratégico e otimizado da amostragem espacial, como destacado por (LOPES; GOSLING, 2021; SINGH; K. P. et al., 2005).

Estudos realizados por Souza, Bertossi e Lastoria (2015), no Córrego Bandeira,

em Campo Grande - MS, e por Palácio et al. (2009), na Bacia Hidrográfica do rio Curu, no Ceará, também evidenciaram diferenças significativas nos agrupamentos formados pelos pontos de monitoramento. Essas diferenças são atribuídas ao regime hidrológico sazonal, que influencia diretamente as características químicas da água. Fatores como a vegetação ao redor dos corpos d'água e a incidência de chuvas desempenham um papel crucial, resultando em alterações na cor da água, no grau de diluição e no transporte de nutrientes, demonstrando a complexidade das interações ambientais nesses sistemas.

Já no estudo de Araujo et al. (2021), no rio Corrente dos Matões, município de Bom Jesus - PI, identificaram três grupos distintos de pontos amostrados, com base em suas semelhanças. A variação do volume de água influenciou a formação desses grupos, refletindo as diferentes características da região. Os pontos com maior influência urbana foram agrupados separadamente, enquanto os demais formaram outros conjuntos.

Portanto, esses achados, assim como o observado no rio Tarumã-Açu, exercem uma influência significativa na variação da qualidade da água, destacando a necessidade de um planejamento direcionado para o monitoramento e conservação dos recursos hídricos na região. Com base nas similaridades entre os pontos do rio, é possível projetar uma estratégia de amostragem otimizada, priorizando áreas de maior impacto, como aquelas sujeitas a descarte inadequado de efluentes industrias e doméstico, e da ocupação urbana.

7.4 REFLEXÕES ACERCA DOS DADOS ANALISADOS E AO USO DO SOLO

Os resultados deste estudo apresentam uma perspectiva abrangente e reveladora sobre a interação entre a urbanização, as práticas humanas e a qualidade da água na Bacia do Rio Tarumã-Açu. A análise destacou os múltiplos e multifacetados efeitos da urbanização aos parâmetros de qualidade, assim como a interdependência desses fatores com as épocas de cheia e de seca, e outros processos naturais.

Embora o nível do rio em si não seja um indicador direto da qualidade da água, ele é importante no contexto do regime hidrológico entre as estações de cheia e seca. Durante períodos de estiagem, a vulnerabilidade à poluição pontual aumenta, enquanto em períodos de cheia, os poluentes acumulados podem ser transportados pelo escoamento superficial e serem diluídos, chegando em áreas receptoras (RIGHETTO, 2009).

Isso é particularmente relevante na Bacia do Tarumã-Açu, onde o período de cheia, combinada com o uso inadequado da terra, intensifica processos como erosão e

degradação hídrica. Conforme o estudo de Colares et al. (2022), a Bacia do Tarumã-Açu vem sofrendo com a erosão do solo na parte inferior, onde está localizada o rio avaliado nesse estudo, devido a ocupação urbana.

No estudo de Rodrigues, Araújo e Almeida (2024), na Bacia do Tarumã-Açu, verificou-se que, as mudanças climáticas e o aumento do volume de chuvas têm contribuído para o aumento do nível do rio, agravando processos como a poluição difusa e o represamento das águas, devido à construção de barragens. Esses fatores alteram os padrões naturais de fluxo e promovem a formação de reservatórios que afetam diretamente a dinâmica hídrica.

O uso inadequado da terra e a ausência de um planejamento da ocupação do espaço, contribuem para a intensificação de conflitos de uso da terra e da água. Estes decorrem de solos usados para uma atividade que não está em conformidade com a sua capacidade natural, gerando o aumento da erosão do solo, degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Esses impactos negativos são verificados pelo aumento das concentrações de nutrientes na água ou de outros compostos dissolvidos que são causados por maior lixiviação dos solos por escoamento ou infiltração (MEURER; BISSANI; SELBACH, 2000; PEREIRA et al., 2020).

Ficou evidente que áreas urbanizadas não apenas apresentam níveis elevados de poluentes em seus corpos hídricos, mas também registram oscilações mais acentuadas entre as estações do ano, especialmente em comparação com áreas menos urbanizadas ou preservadas.

Diante do cenário atual de urbanização acelerada, os achados deste estudo devem servir como um alerta. É essencial que a sociedade reconheça os riscos associados à degradação da qualidade da água em áreas urbanas e priorize abordagens sustentáveis. Essas iniciativas podem incluir a adoção de métodos construtivos ecológicos, o aprimoramento dos sistemas de tratamento de efluentes e a revitalização de ecossistemas aquáticos, permitindo que esses ambientes atuem como barreiras naturais contra a contaminação.

A preservação da qualidade da água em áreas urbanas transcende uma questão de saúde pública. Trata-se de uma medida fundamental para garantir o equilíbrio ecológico e a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos inseridos no contexto urbano. É, portanto, um compromisso coletivo que exige ação imediata.

Os resultados também ressaltam a urgência de uma gestão hídrica mais eficaz nas regiões urbanizadas. A presença significativa de poluentes evidencia a necessidade de

monitoramentos mais rigorosos e frequentes. Intervenções mitigadoras devem ser priorizadas em áreas de alta densidade urbana, e ações educativas tornam-se indispensáveis para sensibilizar a população sobre os riscos e impactos da urbanização.

Embora os desafios impostos pela urbanização sejam inegáveis, este estudo reforça que uma abordagem bem planejada podem garantir a sustentabilidade, a saúde da população e dos corpos d’água em metrópoles em expansão.

8. CONCLUSÃO

Esse estudo, revelou a influência do regime de chuvas e da dinâmica da cota do rio em respostas as concentrações dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos, o qual foram observadas maiores valores no período em que o volume de água encontrou-se baixo. As águas do rio Tarumã-Açu apresentaram variações comportamentais de concentração dos parâmetros: fósforo total, fosfato, oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, turbidez, condutividade, coliformes e aos metais alumínio, cálcio, potássio, sódio e silício, em relação a sazonalidade hidrológica.

A maioria dos parâmetros analisados exibe valores compatíveis com os respectivos valores máximos permitidos pela resolução CONAMA nº 357/05 para águas de classe 2. No entanto, os parâmetros de coliformes termotolerantes, DBO, nitrito, pH, oxigênio dissolvido e fósforo total, em alguns momentos deste estudo não estiveram dentro de sua faixa permitida, o que evidenciou a contribuição antrópica na contaminação do rio.

O $IQA_{GP\text{-}QAT}$ das duas estações encontraram-se distintos, onde o período seco a faixa do $IQA_{GP\text{-}QAT}$ se encontrou com menor qualidade, especialmente no mês de outubro, onde foi classificado como ruim. Alguns pontos apresentaram melhores valores na qualidade da água no período chuvoso, além disso, os pontos que se encontram na área montante indicaram melhores qualidades. Isso se deve ao fato de se encontrarem na área rural da bacia. Por outro lado, os pontos P1 e P2, no período de estiagem, indicaram maior contaminação.

O dendrograma hierárquico da Análise de Cluster, se mostrou eficiente, sendo possível estabelecer as similaridades e dissimilaridades dos pontos de amostragem. Nortearam-se para que os pontos da área urbana são os mais similares, e são os mais influentes na qualidade da água do rio Tarumã-Açu.

A análise de ACP, demonstrou ser capaz de estabelecer a influência direta dos parâmetros: DQO, nível do rio Negro, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, fósforo total, fosfato, condutividade elétrica e os metais cálcio, potássio, sódio, silício, magésio, como as principais variáveis que influenciam nas águas do rio Tarumã-Açu.

Portanto, conclui-se que a bacia do rio Tarumã-Açu tem sofrido com a contaminação devido a ocupação urbana, como o descarte inadequado de resíduos, esgoto não tratado, deteriorando as suas águas. Além do mais, o efeito da sazonalidade como o nível das águas, influenciou diretamente no aumento de contaminação no período seco,

já que o processo de diluição foi menor. Neste sentido, as análises multivariadas foram capazes de elucidar questões pertinentes a influência das variáveis físicas, químicas e microbiológicas no ano de 2024 em relação ao nível do rio Negro, produzindo informações que podem contribuir com as tomadas de decisão de gestão dos recursos hídricos e preservação dos recursos hídricos da região.

REFERÊNCIAS

AFONSO, A. R. E.; FOLTIN, J. P. A Substituição da Análise de Demanda Química de Oxigênio (DQO) pela de Carbono Orgânico Total (TOC) e Elaboração de um Fator (K) para Conversão dos Resultados das Técnicas em Efluentes Industriais. **Revista Brasileira de Processos Químicos**, v. 4, n. 1, 2023.

ALENCAR, V. E. S. A.; DA ROCHA, E. J. P.; JÚNIOR, J. A. S.; CARNEIRO, B. S. Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baia de Guajará-Belém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, p. 661–680, 2019.

ALMEIDA, J. R. F. DE; FRISCHKORN, H. AGRUPAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS DE UM PEQUENO AQUÍFERO ALUVIAL: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIACHO FORQUILHA EM QUIXERAMOBIM-CE/BRASIL. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 8, p. 114–130, 2015.

ALVARENGA, G. P.; CUESTA, B. O. DE B.; SOUZA, C. D. R. DE. Análise da qualidade da água da Lagoa do Japiim, Manaus - Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 3, p. e8713345352, 22 mar. 2024a.

ALVARENGA, G. P.; CUESTA, B. O. DE B.; SOUZA, C. D. R. DE. Análise da qualidade da água da Lagoa do Japiim, Manaus - Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 3, p. e8713345352, 22 mar. 2024b.

ALVES, C. N.; LIMA, S. C.; SOUZA. J. F.; ROCHA, S. F. Os impactos ambientais na Lagoa Jacuném relacionado ao processo de urbanização no município de Serra (Espírito Santo). **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 5, p. 44–54, 2022.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 115–124, 2012.

ALVES, L. G. S.; SENNA, R. C.; SANTOS, M. S.; DA ROCHA, C. INUNDAÇÃO DO ESTADO DO AMAZONAS EM 2021. Em: **DESASTRES E ÁGUA**. 1. ed. [s.l: s.n.]. p. 133–157.

AMARAL, Thaís. **Variação Sazonal dos Parâmetros de Qualidade de Águas da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu**. dissertação—Manaus: Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia, 2023.

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; RIBEIRO, L. G. Monitoramento de recursos hídricos e parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas. **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**, v. 2, p. 204, 2018.

ANA. **Bacia Amazônica**.

ANA. **Qualidade da Água**. **Ministério da Integração Nacional e Desenvolvimento**

Regional, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua#:~:text=O%20%C3%8Dndice%20de%20Qualidade%20das,considera%C3%A7%C3%A3o%20este%20uso%20da%20%C3%A1gua.>. Acesso em: 23 abr. 2024

ANA. **Portal da Qualidade das Águas**.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. A proposed water quality index: the case of Trussu River, Ceará, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 135–142, 2005.

ANDRADE, J. S.; ALEIXO, R. N. C.; OLIVEIRA, L. B. DE. Dinâmica Pluvial em Manaus e Ritmo Climático em Ano-Padrão Chuvoso. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 13, n. 29, 2020.

ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A., RODRIGUES, D. F. B. **Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco 1Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br>.

AOAC. **Official Methods Of Analysis Of AOAC International**. 16ª ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.

ARANTES, J. O.; SANTOS, G. O. Monitoring of Ribeirão Pumpkin Water in the City of Rio Verde GO, As an Instrument for Water Resource Management. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 26, 2020.

ARAUJO, F. B. C.; MOURA, M. C. S., ARAUCO, A. M. S.; SANTOS, G. V.; NOVAIS, M. C. Avaliação espacial e sazonal da qualidade da água do rio Corrente dos Matões (Piauí), utilizando análise multivariada. **Ambiência Guarapuava**, v. 16, n. 2175–9705, p. 900–917, 2021.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; NETO, J. M. M.; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. BACIAS HIDROGRÁFICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1, 2009.

ARCOS, A. N.; CUNHA, H. B. DA. Índice de qualidade de água (IQA) e balneabilidade em praias de água doce no rio Negro, Manaus (Amazonas). **Revista espinhaço**, v. 11, n. 1, 2022.

ARCOS, A. N.; SILVA, J. S. DA; CUNHA, H. B. DA. Grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade em praia de água doce no rio Negro, Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020.

AZEVEDO, L. C.; OLIVEIRA, A. C.; MARTINS, I. C. S.; SILVA, V. L.; RIBEIRO, C. S. Salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 13, n. 1981– 092X, p. 52–69, 2018.

BAIRD, RODGER. et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. [s.l.] American Public Health Association, 2017.

BARELLA, W.; JUNIOR, M. P.; SMITH, W. S. S.; MONTANG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. Em: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. R ed. [s.l: s.n.]. v. 2p. 187–207, 2000.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. V.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. EUTROFIZAÇÃO EM RIOS BRASILEIROS. **Enciclopédia Biosfera**, 2013.

BARROS, D. A.; BORGES, L. A. C.; NASCIMENTO, G. O.; PEREIRA, J. A. A.; REZENDE, J. L. P.; SILVA, R. A. Breve análise dos instrumentos da política de gestão ambiental brasileira. **Política & Sociedade**, v. 11, p. 155–180, 2012.

BENINI, S. M.; MARTIN, E. S. Decifrando as áreas verdes públicas. **Revista Formação**, v. 2, n. 17, p. 63–80, 2021.

BENJAMÍN, A. H.; MARQUES, C. L.; TINKER, C. The Water Giant Awakes: An Overview of Water Law in Brazil. **Texas Law Review**, v. 83, p. 2185, 2004.

BERLANDA, A.; BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A.; SOUZA, N. C. V. L. Temporal and spatial evaluation of the surface water quality of the river desquite watershed, santa Catarina. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 45–51, 2021.

BITTENCOURT, C. N.; LIMA, W. M. S.; ASSUNÇÃO, T. O. G.; GOMES, M. H. R.; PEREIRA, R. O. APLICAÇÃO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO ESPÍRITO SANTO, JUIZ DE FORA – MG. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 12, 2024.

BOEIRA, R. C. Uso de lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solo tropical. 2004.

BRAGA, E. A. S.; AQUINO, M. D.; ROCHA, C. M.; MENDES, L. S. A. S.; SALGUEIRO, A. R. G. N. L. Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado. **Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 2, 2021.

BRAGA, K. A. D. A. F.; SILVA, F. F. DA; SCHAFFRATH, V. R. MICROBACIA DO IGARAPÉ DO GIGANTE: UNIDADE DE PLANEJAMENTO PARA A GESTÃO DA BACIA DO TARUMÃ. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 103–129, 2012.

BRAGA, P. I. S. Subdivisão fitogegráfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. **Acta Amazônica**, v. 9, p. 53–80, 1979.

BRANDT, M. J.; JOHNSON, K. M.; ELPHINSTON, A. J.; RATNAYAKA, D. D. **Twort's Water Supply**. 7ª ed. [s.l: s.n.]. 2017.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 28 jan. 2024a.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do**

Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/DOU/1981/09/02>. Acesso em: 23 abr. 2024b.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente.** Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024.

BRASIL. Resolução ANA Nº 104, de 8 de Outubro de 2021. 2022.

BRINKMANN, W. L. F. Particulate and Dissolved Materials in the Rio Negro-Amazon Basin. **Sediments and Water Interactions**, p. 3–12, 1986.

CAMARA, M.; JAMIL, N. R.; ABDULLAH, A. F. BIN. **Impact of land uses on water quality in Malaysia: a review**. **Ecological Processes**Springer Verlag, , 1 dez. 2019.

CAMPOS, D. C.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; RAMOS, P. C. A. Stripping de amônia de lixiviado de aterro sanitário em reatores de fluxo pistonado. **TECNO-LÓGICA**, v. 14, p. 52–60, 2010.

CÂNDIDO, T. R. S.; SANTOS, A. P. C.; MENDONÇA, R. S.; DONATO, M. E. A. A. L.; OLIVEIRA, V. B.; LEMOS, D. G. L.; SILVA, I. L.; SANTOS, V. A. Aplicação da ferramenta estatística Análise de Componentes Principais (ACP) na identificação e análise da qualidade de estação de tratamento de água para hemodiálise. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 111171–111183, 29 dez. 2021.

CARDOSO- SILVA, S.; NISHIMURA, P. Y.; PADIAL, P. R.; MARIANI, C. F.; MOSCHINI- CARLOS, V.; POMPÊO, M. L. M. Compartimentação e qualidade da água: o caso da Represa Billings. Em: **Ecologia e Meio Ambiente**. [s.l: s.n.]. v. 28p. 31–43.

CARVALHO, A. T. F. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO: DISCUSSÃO SOBRE OS IMPACTOS DA PRODUÇÃO SOCIAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 42, n. 1, p. 140–161, 2020.

CARVALHO, D. DA C. **DINÂMICA DA OCUPAÇÃO E IMPACTOS ECONÔMICOS DOS FLUTUANTES RECREATIVOS NA BACIA DO TARUMÃ-AÇU-MANAUS/AM DÉBORA DA COSTA CARVALHO MANAUS 2022**. **Dissertação - PGSS - Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Mestrado) - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.**, 2022.

CARVALHO, D. DA C.; GARCEZ, W. P. B.; WACHHOLZ, F. Regulamentação e regularização dos flutuantes recreativos no Tarumã-Açu: contradições procedimentais e normativas. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 13, p. e11569, 5 dez. 2024.

CARVALHO, N. DE O. **Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro**. [s.l: s.n.]. v. 2008

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. DE P. R.; SOUSA, F. DE A. S. DE. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140–147, 2006.

CERQUEIRA, T. C.; MENDONÇA, R. L.; GOMES, R. L.; DE JESUS, R. M.; DA SILVA, D. M. L. Effects of urbanization on water quality in a watershed in northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 1, p. 1–17, 23 jan. 2020.

CETESB. **Guia Nacional de coleta e Preservação de amostras**. Brasília: [s.n.].

CETESB. **Apêndice C - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**.

CETESB, C. A. DO E. DE S. P. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo - Apêndice D —Índices de Qualidade das Águas**. , 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2024

CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.; BOULET, R. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. **Experientia**, v. 43, p. 234–241, 1987.

CHEN, C. W.; KAO, C.; CHEN, C.; DONG, C. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. **Chemosphere**, v. 66, n. 8, p. 1431–1440, jan. 2007.

CHIDIAC, S.; NAJJAR, P. E.; OUAINI, N.; RAYESS, Y. E.; AZZI, D. E. A comprehensive review of water quality indices (WQIs): history, models, attempts and perspectives. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 22, n. 2, p. 349–395, 11 jun. 2023.

CNRH. **CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS RESOLUÇÃO Nº 32, de 15 de outubro de 2003**. , 2003.

COLARES, I. S.; JUNIOR, J. C.F.; RODRIGUES, L. S.; MAIA, S. A.; WACHHOLZ. SUSCETIBILIDADE DO SOLO À EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TARUMÃ-AÇU (AMAZONAS – BRASIL). **Caminhos de Geografia**, v. 23, n. 89, p. 367–389, 10 out. 2022.

COSTA, A. G.; FERREIRA, A. F.; HAANDEL, A. VAN. Monitoramento da atividade bacteriana de um sistema de lodos ativados Bardenpho por meio da respirometria. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 17–23, mar. 2007.

COSTA, J. S.; RODRIGUES, L. S.; SILVA, A. G. C.; REIS, T. C.; MELO, M. G. G.; LIBERATO, M. A. R. Forest fragmentation and its potential implications for the management of the Tarumã-Açu River basin, Central Amazon, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, v. 56, n. 2, p. 209–222, 2021a.

COSTA, J. S.; RODRIGUES, L. S.; SILVA, A. G. C.; REIS, T. C.; MELO, M. G. G.; LIBERATO, M. A. R. Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central. **Scientia Plena**, v. 17, n. 9, 18 out. 2021b.

COSTA, R. F.; FEITOSA, J. R. P.; FISCH, G.; SOUZA, S. S.; NOBRE, C. A. VARIABILIDADE DIÁRIA DA PRECIPITAÇÃO EM REGIÕES DE FLORESTA E PASTAGEM NA AMAZÔNIA. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 4, p. 395–408, 1998.

COSTA, J.; TAPIA-CORAL, S.; SOARES, E.; MOTA, A.; SILVA, A. 10596 - Conflitos na Área de Preservação Ambiental Tarumã-Açu/Tarumã - Mirim: proteger para quem? **Cadernos de Agroecologia [Volumes 1 (2006) a 12 (2017)]**, v. 6, n. 2, 2011.

COSTA, K. A.; COL, A. D.; VENTURA, A. C. T.; GUMY, M. N.; WEINERT, P. L.; SCHEFFER, E. W. O. INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM LAGOS URBANOS: UM ESTUDO DE CASO. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 19889–19907, 2021c.

COSTA, M. E.; KOIDE, S. Polutogramas dos sólidos e Turbidez no Córrego Vicente Pires – Distrito Federal. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 2, p. 2109–2127, 30 maio 2021.

CRISPIM, D. L.; FERNANDES, L. L.; ALBUQUERQUE, R. L. DE O. Aplicação de técnica estatística multivariada em indicadores de sustentabilidade nos municípios do Marajó-PA. **Revista Principia**, 2019.

DA CUNHA, A. C.; VILHENA, J. E. S.; SANTOS, E. S.; SARAIVA, J. M. B.; KUHN, P. A. F.; BRITO, D. C.; SOUZA, E. B.; ROCHA, E. P.; CUNHA, H. F. A.; BRITO, A. U.; JÚNIOR, A. C. P. B.; PACA, V. H. M.; SANTOS, P. V. C. J. Extreme precipitation-streamflow event in the river araguari basin, amapá/brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 95–110, 1 dez. 2014.

DAMASCENO, M. C. S.; RIBEIRO, H. M. C.; TAKIYAMA, L. R.; PAULA, M. T. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 3, 3 jul. 2015.

DAMASCENO, S. B.; COSTA, F. E. V.; SOARES. D. A. S.; SIMÃO. M. O. A. R. Valoração dos Atributos Ambientais da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu. Em: FARIA, K. M. S.; TRINDADE, S. P. (Eds.). **Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**. Goiânia: [s.n.]. v. 1. 2021.

DAMASCENO, S. B.; DE SOUZA FILHO, E. A.; ALVES, S. B. S. M. U. Usos múltiplos dos recursos hídricos em propriedade rural na Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. Em: **Meio Ambiente em Foco**. [s.l: s.n.]. v. 8p. 46. 2019.

DAMASCENO, S. B.; SOUZA FILHO, E. A. DE; ALVES, S. B. DA S. M. Usos múltiplos dos recursos hídricos em propriedade rural na Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus-Am. Em: TOLEDO, F. DOS S. (Ed.). **Meio Ambiente em Foco**. 1. ed. Belo Horizonte: [s.n.]. v. 8p. 46. 2019.

ELHADI, R. E.; ABDULLAH, A. M.; ABDULLAH, A. H.; ASH'AARI, Z. H.; KHAN, M. F. Seasonal variations of atmospheric particulate matter and its content of heavy metals in Klang valley, Malaysia. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 18, n. 5, p. 1148–1161, 1 maio 2018.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia. 3ª edição**. Rio de Janeiro: [s.n.].

FÁVERO, L. FÁVERO, Luiz; FÁVERO, Patrícia. Análise de dados: técnicas multivariadas exploratórias com SPSS e STATA. . **Elsevier Brasil**, 2017.

FEARNSIDE, P. M. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Science and Policy**, v. 38, p. 164–172, abr. 2014.

FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M. B.; FERNANDES, M. R. M.; GUIMARÃES, G. S. C. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Palmital, Macaé-RJ. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1981–8203, p. 115–116, 2012.

FERREIRA, M. B. M.; SALLES, A. O. T. POLÍTICA AMBIENTAL BRASILEIRA: ANÁLISE HISTÓRICO-INSTITUCIONALISTA DAS PRINCIPAIS ABORDAGENS ESTRATÉGICAS. **Revista de Economia**, v. 43, n. 2, 2016.

FERREIRA, S. J. F.; MIRANDA, S. A. F.; FILHO, A. O. M.; SILVA, C. C. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 4, p. 533–540, 2012a.

FERREIRA, S. J. F.; MIRANDA, S. A. F.; FILHO, A. O. M.; SILVA, C. C. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 42, p. 533–540, 2012b.

FERREIRA, S. J. F.; PINEL, S.; RÍOS-VILLAMIZAR, E. A.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; VITAL, A. R. S.; MONTEIRO, M. T. F.; SILVA, M. S. R.; CUNHA, T. R. B.; SANTOS, A. S.; BENDER, S.; CUNHA, H. B. Impact of rapid urbanization on stream water quality in the Brazilian Amazon. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 8, 1 abr. 2021.

FIGUEIREDO, J. F.; RIBEIRO, S. C. A.; PAULA, M. T.; PONTES, A. N. **DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES NA ÁGUA DE CULTIVO DE OSTRAS DO MANGUE (Crassostrea rhizophorae) EM REGIÃO ESTUARINA**, 2015. (Nota técnica).

FILIZOLA, N.; CÂNDIDO, L.; MANZ, A.; ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L. Variabilidade hidrológica na Amazônia : uma perspectiva para a elaboração do balanço hídrico regional. **Amazonía y agua: desarrollo sostenible en el siglo XXI**, p. 109, 2009.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 4, p. 566–576, 2011.

FINKLER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T. A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V. E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 4, 28 out. 2015.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química nova na escola**, v. 22, p. 10–16, 2005.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. UMA REVISÃO GERAL SOBRE O CLIMA DA AMAZÔNIA. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, 1998.

FITTKAU, E. J. **Remarks on limnology of central-Amazon rain-forest streams: With 1 figure and 1 table in the text and on 1 folder.** (T. & Francis, Ed.)**Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen**, 1964.

FONDRIEST ENVIRONMENTAL. Fondriest environmental learning centre - pH of Water. . 2013.

FONSECA, I. F. DA; BURSZTYN, M.; MOURA, A. M. M. DE. Conhecimentos técnicos, políticas públicas e participação: o caso do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Revista de Sociologia e Política**, v. 20, n. 42, p. 183–198, jun. 2012.

FRAGA, A. B.; SILVA, F. L.; HONGYU, K.; SANTOS, D. S.; MURPHY, T. W.; LOPES, F. B. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein × Zebu cows. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 3, p. 533–538, 1 mar. 2016.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 772–780, 2009.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em Etas**. Funasa Brasília, DF, , 2014.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central Brazil. **Journal of Climate**, p. 1–20, 2004.

GAO, L.; WANG, Z.; LI, S.; CHEN, J. Bioavailability and toxicity of trace metals (Cd, Cr, Cu, Ni, and Zn) in sediment cores from the Shima River, South China. **Chemosphere**, v. 192, p. 31–42, fev. 2018.

GARCIA, L. R. A.; BRANDÃO, P. R. G.; LIMA, R. M. FERNANDES. Magnesita. Em: [s.l: s.n.].

GEMINIANO, M. M.; SOARES, A.; PINTO, A. L. Influência do uso da terra nos parâmetros da qualidade das águas superficiais do monumento das lagoas urbanas da cidade de Três Lagoas/MS no inverno de 2019. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 558–581, 2021.

GLIBERT, P. M.; MARANGER, R; SOBOTA, D. J.; BOUWMAN, L. The Haber Bosch–harmful algal bloom (HB–HAB) link. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 10, p. 13, 1 out. 2014.

GOMES, L. P.; SCHOENELL, E. K. Aplicação de ozônio e de ozônio + peróxido de hidrogênio para remoção de compostos recalcitrantes em lixiviados de aterros sanitários. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 113–124, 2018.

GONÇALVES, J. C. S. I.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; DIBIAZI, A. L. B.; GODOY, L. H.; CONCEIÇÃO, F. T. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e simulação autodepuração na bacia hidrográfica do córrego São Simão, SP. **Revista Ambiente e Agua**, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2014.

GONZAGA, L. B. T.; HURTADO, F. B. ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PERDA DE VEGETAÇÃO NA BACIA DO IGARAPÉ BELMONT, PORTO VELHO-RO. **Novos Cadernos NAEA**, v. 26, n. 1, 2023.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. [s.l.] ARTMED editora, 2016.

GP-QAT. **Monitoramento ambiental**. Disponível em: <https://www.gp-qat.com/general-1>. Acesso em: 19 abr. 2024.

GROTT, S. L.; FAÇANHA, E. B.; FURTADO, R. N.; CUNHA, H. F. A.; CUNHA, A. C. Space-seasonal variation of groundwater parameters used for human consumption in the city of macapá, amapá, Brazil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 645–654, 1 jul. 2018.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558–563, 2012.

GUYOT, J. L.; JOUANNEAU, J. M.; SOARES, L.; BOAVENTURA, G. R.; MAILLET, N.; LAGANE, C. Clay mineral composition of river sediments in the Amazon Basin. **Catena**, v. 71, n. 2, p. 340–356, 15 out. 2007.

HAIR, J. J. J. ; T. R. L. ; B. W. C. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman editora, 2009.

HEISLER, J.; GLIBERT, P. M.; BURKHOLDER, J. M.; ANDERSON, D. M.; COCHLAN, W.; DENNISON, W. C.; DORTCH, Q.; GOBLER, C. J.; HEIL, C. A.; HUMPHRIES, E.; LEWITUS, A.; MAGNIEN, R.; MARSHALL, H. G.; SELLNER, K.; STOCKWELL, D. A.; SUDDLESON, M. Eutrophication and harmful algal blooms: A scientific consensus. **Harmful Algae**, v. 8, n. 1, p. 3–13, dez. 2008.

HIRSCH, I. J. **Princípios básicos e metalurgia do alumínio**. [s.l.] Simpósio International da VDI sobre technologia do alumínio (da matéria prima à reciclagem), 2003.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. DE O. Principal Component Analysis: theory, interpretations and applications. **E&S Engineering and Science**, v. 5, p. 83–90, 2016.

HORBE, A. M. C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. R. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus-AM. **Acta Amazônica**, v. 35, p. 119, 2005.

HORBE, A. M. C.; QUEIROZ, M. M. A.; MOURA, C. A. V.; TORO, M. A. G. Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários-Amazonas-Brasil. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 4, p. 489–504, 2013.

HORBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. DE S. Química de igarapés de água preta do nordeste do Amazonas-Brasil. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 753–760, 2008.

HUANG, X.; ZHU, Y.; YANG, W.; JIANG, A.; JIN, X.; ZHANG, Y.; YAN, L.; ZHANG, G.; LIU, Z. A self-supported CuO/Cu nanowire electrode as highly efficient sensor for COD measurement. **Molecules**, v. 24, n. 17, 28 ago. 2019.

HUPFFER, H. M.; NAIME, R. VOCACÃO DE DIÁLOGO DO ARTIGO 225 DA CONSTITUIÇÃO FEDERAL NO CONFLITO AMBIENTAL. **Revista veredas do direito**, v. 9, n. 17, p. 213–243, 2012.

IBGE, I. B. DE G. E E. **Panorama do Censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=portal>. Acesso em: 23 abr. 2024.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia - Dados Históricos**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 23 abr. 2024.

IWATA, M. J. R.; CEMIN, G.; TEIXEIRA, M. A. S. B. Gestão de resíduos em empreendimentos flutuantes de turismo e lazer no rio Tarumã-Açu em Manaus – AM. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 17, n. 53, p. e1319, 6 mar. 2024.

JARDIM, P. B.; GUARDA, V. L. DE M. Mata ciliar e qualidade de água em nascentes do município de Ouro Branco, Minas Gerais. **Além dos Muros da Universidade**, v. 2, 2017.

JÚNIOR, J. C. M. DE A. ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GOIANA. **Revista Geociências UNG-Ser, Guarulhos-SP**, v. 19, n. 1981– 741X, p. 24–4, 2020.

JUNIOR, S. D.; ALBUQUERQUE, P. M.; BANHOS, E. F.; OLIVEIRA, R. L.; BATISTA, C. E.; RIBEIRO, I. O.; LOIOLA, S. K. S.; NETA, A. S. C.; MORAES, C. R. F. Water quality assessment of the Educandos basin in Manaus, Brazil: use of the water quality index and multivariate statistical techniques. **Concilium**, v. 23, n. 21, p. 922–945, 29 nov. 2023.

KELLER, E. S.; PINTER, N. **Active Tectonics of Upper Seddle River**. [s.l.] Nj: Prentice Hall, 1996. v. 19

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Matéria Orgânica e nutrientes na mata de terra firme perto de Manaus. **Acta Amazonica**, v. 1, n. 1, p. 69–72, 1971.

KUMMER, L.; MELO, V. F.; BARROS, Y. J.; AZEVEDO, J. C. R. USO DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA AGRUPAMENTO DE AMOSTRAS DE SOLOS COM BASE NA GRANULOMETRIA E EM CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MINERALÓGICAS. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 6, p. 469–480, 2010.

LAGES, A. S.; MIRANDA, S. A. F.; ALBUQUERQUE, S. D.; ABREU, A. C.; BRINGEL, S. R. B.; FERREIRA, S. J. F.; SILVA, M. L. Quimiometria aplicada à avaliação química do igarapé que cruza o polo industrial de Manaus/AM. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 10, p. 328–338, 18 dez. 2021.

LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. DO. Geração e características do lixiviado. **Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Rio de Janeiro: ABES**, v. 1, p. 26–59, 2009.

LEME, T. N. OS MUNICÍPIOS E A POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Planejamento e políticas públicas**, n. 35, 2022.

LIMA, J. L. B. DE. **Democracia participativa, paridade e a necessária reforma da composição do conama**. **Fórum de Direito Urbano e Ambiental**Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://bd.tjdft.jus.br/jspui/handle/tjdft/34527>. Acesso em: 1 jan. 2024

LOPES, H. E. G.; GOSLING, M. DE S. Cluster Analysis in Practice: Dealing with Outliers in Managerial Research. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 25, n. 1, 2021.

LOPES, M. M. L.; TEIXEIRA, D. O PROCESSO DE CRIAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DOS COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Revista Uniara**, v. 14, p. 7–16, 2011.

LOSEKANN, C. PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE CIVIL NA POLÍTICA AMBIENTAL DO GOVERNO LULA. **Ambiente & sociedade**, v. 15, p. 179–200, 2012.

LOZANO-PARRA, J. Recursos hídricos. Disponibilidad, variabilidad y gestión. **Revista de Geografía Norte Grande**, v. 71, p. 5–8, 2018.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. [s.l: s.n.]. v. 20

MADIGAN, M. T. et al. **Brock Biology of Microorganisms**. 14. ed. Boston: [s.n.].

MAGALHÃES, L. M. S.; BLUM, W. E. H.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Relações entre o solo e a floresta no estabelecimento de unidade de paisagens florestais, na Amazônia. **Floresta e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 89–103, 1998.

MAIA, S. A.; FERREIRA JUNIOR, J. C.; WACHHOLZ, F.; COLARES, I. S. **Caracterização e Localização da Bacia Hidrográfica Do Rio Tarumã-Açu, Manaus-Am**. [s.l.] Universidade do Estado do Amazonas, 2019.

MAIER, M. H. MAIER, Maria Helena. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47º55'–48º55'W; 22º30'–21º55'S–Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, v. 39, p. 164–185, 1987.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M.; BROWN, I. F. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, n. 3, p. 495–516, fev. 2008.

MARTINS, R. O.; BRAIT, C. H. H.; SANTOS, F. F. AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS PESADOS E DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA E SEDIMENTO DO LAGO BONSUCESSO, JATAÍ-GO. **Geoambiente On-line**, p. 29, 2018.

MELO, A. C. G. A legislação como suporte a programas de recuperação florestal no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, v. 8, n. 17, p. 9–16, 2005.

MELO, SIRLEY DE F. DOS S. DE; ROMANEL, C. **GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO AMAZONAS: O CASO DA BACIA DO TARUMÃ-AÇU**. Dissertação—Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC Rio, 2017.

MELO, M. G.; DE CASTRO, L. G.; REIS, L. A.; COSTA, G. S.; SILVA, F. M. A.; BOLSON, M. A.; CHAAR, J. S.; KOOLEN, H. H. F.; JUNIOR, E, S.; BATAGLION, G. A. Metals, n-Alkanes, Hopanes, and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Sediments from Three Amazonian Streams Crossing Manaus (Brazil). **Chemistry (Switzerland)**, v. 2, n. 2, p. 274–292, 1 jun. 2020.

MELO, S. DE F. DOS S. DE. **Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas: o Caso da Bacia do Tarumã-Açu**. Dissertação—Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2017.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. DO S. R. DA; MIRANDA, S. Á. F. INFLUÊNCIA ANTRÓPICA SOBRE ÁGUAS DE IGARAPÉS NA CIDADE DE MANAUS-AMAZONAS. **Caminhos da Geografia**, v. 5, n. 16, p. 40–47, 2005.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. DO S. R.; MIRANDA, S. Á. F. INFLUÊNCIA ANTRÓPICA SOBRE ÁGUAS DE IGARAPÉS NA CIDADE DE MANAUS-AM. **Caminhos de Geografia**, v. 7, p. 73–79, 2006.

MENDONÇA, A. L. P.; SILVA FILHO, E. C.; MAMED, D. DE O. AS ÁGUAS DA REGIÃO NORTE BRASILEIRA E A LUTA DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO ESTADO DO AMAZONAS PELA ÁGUA POTÁVEL. **Revista do Direito Público**, v. 18, n. 2, p. 2023, 2023.

MENEZES, J. M.; SABINO, H.; CRISTO, V.; PRADO, R.B.; LIMA, L.A.; DI LULLO, L.B.; JUNIOR, G.C.S. Comparison Between the Water Quality Indexes Cetesb and Bascarán Applied to the Hydrographic Basin of the São Domingos River, Northwest of Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 1, p. 194–202, 16 maio 2018.

METZGER, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; FERREIRA, J.; FERNANDES, G. W.; LIBRÁN-EMBID, F.; PILLAR, V. D.; PRIST, P. R.; RODRIGUES, R. R.; VIEIRA, I. M. C. G.; OVERBECK, G. E. Por que o Brasil precisa de suas Reservas Legais. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3, p. 104–116, 1 jul. 2019.

MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. Poluentes do solo e do ambiente. **Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Genesis**, v. 1, p. 151–168, 2000.

MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químico. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 75–92, 2009.

MOTA, F. S. B.; SPERLING, M. V. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção.** ABES ed. Rio de Janeiro: PROSAB 5 - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2009.

MUÑOS, L. A cooperação pela água como caminho para a paz. **Água e cooperação: reflexões, experiências e alianças em favor da vida. Brasília: Ararazul**, p. 31–36, 2014.

NAUBI, I.; ZARDARI, N. H.; SHIRAZI, S. M.; IBRAHIM, N. F. B.; BALOO, L. Effectiveness of water quality index for monitoring Malaysian river water quality. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 25, n. 1, p. 231–239, 2016.

NAYAK, J. G.; PATIL, L. G.; PATKI, V. K. Development of water quality index for Godavari River (India) based on fuzzy inference system. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 10, 1 abr. 2020.

NETO, P. V. **Estatística Descritiva: Conceitos Básicos**. São Paulo: [s.n.].

NEVES, R. K. R.; BATISTA, I. H.; SILVA, J. R. C.; FILHO, E. A. S.; NEVES, E. P. L. EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA (MANAUS-AM). **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, 9 mar. 2020.

NOGUEIRA, P. F.; CABRAL, J. B. P.; OLIVEIRA, S. F.; ROCHA, I. R. EUTROFIZAÇÃO NO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO RIO CLARO (GO). **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 30, p. 19–33, 15 dez. 2015.

OLIVEIRA, K. A. DE; CORONA, H. M. P. A PERCEPÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE PROPOSTAS EDUCATIVAS E DE POLÍTICAS AMBIENTAIS. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 1, n. 1, 2008.

OLIVEIRA, V. C.; SILVA, L. F.; REZENDE, B. N.; SANTOS, I. C. L.; MALTEZ, M. A. P. F.; OLIVEIRA, C. E. A. Uso de estatística multivariada para avaliação de parâmetros de qualidade da água na Bacia do Rio Paracatu. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 11, p. 71–085, 2023.

OLIVEIRA, F. DE A. **MONITORAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA E SUA RELAÇÃO COM A TEMPERATURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU / MANAUS (AM)**. Manaus: [s.n.].

PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; ALEXANDRE, D. M. B.; ARRAES, F. D. D. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2494–2500, 2009.

PARRON, L. M.; LIMA, J. E. F. W.; DA CRUZ, C. J. D.; FRANCISCON, L. GEOLOGIA, USO DA TERRA E QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO, MG. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 11, n. 1983–1501, p. 59–70, 2009.

PASCOALOTO, D.; SILVA, M. S. R.; PINTO, A. G. R.; GONÇALVES, T. J.; LINS, V. K. C.; LINS, J. F.; SILVA, R. K. B.; TAKANO, E. E. A. MACROALGAS E QUALIDADE DA ÁGUA EM TRÊS COMUNIDADES RIBEIRINHAS NA BACIA DO TARUMÃ-MIRIM, MANAUS (AM). **Caminhos da Geografia**, v. 10, n. 30, p. 135–143, 2009.

PEREIRA, M. A. B.; ALVES, W. S.; OLIVEIRA, L. D.; MORAIS, W. A.; LIMA, L. O.; NUNES, N. C. Qualidade Hídrica da Cachoeira do Rio São Tomás, no Município de Rio Verde, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, p. 377–390, 2020.

PEREIRA, M. A. F.; BARBIEIRO, B. L.; QUEVEDO, D. M. DE. Importância do monitoramento e disponibilização de dados hidrológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 308–320, 6 maio 2020.

PEREIRA, W. S.; FREIRE, R. S. Ferro zero: uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 130–136, 2005.

PERIM, M. A.; COCCO, M. D. A. Efeitos das Transformações antrópicas às margens do rio Una, Taubaté, São Paulo, Brasil. **Revista Ambiente e Agua**, v. 11, n. 3, p. 1163–1171, 2016.

PIASENTIN, A. M.; JUNIOR, D. L. S.; SAAD, A. R.; JUNIOR, A. J. M.; RACKZA, M. F.Índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. **Geociências**, v. 28, n. 3, p. 305–317, 2009.

PIMENTA, S. M.; PEÑA, A. P.; GOMES, P. S. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde - Goiás. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p. 393–412, dez. 2009.

PIMENTEL, M. S.; LIMA, A. A.; BARRETO, D. F. O.; BEZERRA, I. F. O. Evolutionary Analysis of Tarumã Açu Degradation by Urban Growth. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 12, p. 81–87, 2019.

PINHEIRO, E. A.; ROBERTO, J. C. A.; SOUTO, S. P.; LIMA, S. C. Impactos ambientais

na fauna silvestre causado pelo crescimento urbano da cidade de Manaus-AM. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 14, n. 5, p. 8622–8634, 31 maio 2023.

PINTO, A. G. N.; SILVA, M. S. R.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. C. Efeitos da contribuição antrópica sobre as águas do Rio Negro, na cidade de Manaus, Estado do Amazonas. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 29, p. 26–32, 2009a.

PINTO, A. G. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, S.; SANTOS, H. M. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 627–638, 2009b.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H. DE; PEREIRA, G. A. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO COMO PRINCIPAL INDICADOR DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO CÓRREGO BOM JARDIM, BRASILÂNDIA/MS. **Revista GEOMAE**, v. 1, n. 2778–3306, p. 69–82, 2010.

PINTO, C. C.; FARIA, F. P. C. P. DE; ALMEIDA, G. M. DE. Utilização de modelo baseado em análise por componentes principais para identificação de condições críticas de qualidade de água superficial. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 288–305, 2021.

PINTO, L. A. **Proposta de arranjo para gestão dos recursos hídricos na comunidade parque São Pedro, Manaus - AM.** Dissertação—Manaus: Universidade do Estado do Amazonas, 2018.

PORTO DE MANAUS. **Nível do Rio Negro**.

QUEIROZ, C. P. D. S.; RUBIM, M. A. L. Avaliação da condição de balneabilidade na orla urbana de Manaus/AM/Brasil. **Scientia Amazonia**, v. 5, n. 2, p. 24–33, 2016.

QUEIROZ, M. S. DE; CARVALHO, J. A. L. DE. GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE TARUMÃ-AÇÚ BASIN, AMAZONAS, BRAZIL. **Brazilian Geographical Journal**, v. 11, n. 2, p. 113–125, 28 dez. 2020.

QUINELATO, R. V.; FARIAS, E. S.; BRITO, J. M. S.; VIRGENS, W. A.; PIRES, L. C. Análise espaço temporal da qualidade da água dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. **Scientia Plena**, v. 16, n. 7, 27 ago. 2020.

RABELLO, M. V. T.; CESAR, R. G.; CASTILHOS, Z.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, T. M. P.; WASSERMAN, J. C.; POLIVANOV, H. Potential ecological risk assessment in sediments from the Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro (RJ). **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 41, n. 3, p. 363–374, 2018.

RECHE, M. H. L. R.; PITTOL, M.; FIUZA, L. M. BACTÉRIAS E BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUAS DE ECOSSISTEMAS ORIZÍCOLAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 02, p. 452–463, 30 jun. 2010.

RIBEIRO, I. J. C.; BARBOSA, G. E.; SILVA, O.; ARAÚJO, D. T. R.; LUCENA, A. D.

Implementation of treatment methods to combat efflorescences. **Revista PrincipiaDivulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, p. 43–53, 2018.

RICHEY, J. E.; NOBRE, C.; DESER, C. **Descarga do rio Amazonas e variabilidade climática: 1903 a 1985**. (A. A. para o Avanço da Ciência, Ed.)**Ciência**, 1989.

RIGHETTO, A. MAROZZI. **Manejo de águas pluviais urbanas.** [s.l: s.n.].

RITCHER, C. A. **Água: métodos e tecnologias de tratamento**. São Paulo: Blucher: [s.n.].

ROCHA, A. B. A.; BOAVENTURA. G. R.; TONHÁ, M. R.; BARBOSA, V. R. F.; ALMEIDA, C. M. S.; GARNIER, J. ESTUDO DE INDICADORES DA CONTAMINAÇÃO DO RIO MELCHIOR, DISTRITO FEDERAL, PELA OCUPAÇÃO DA BACIA POR USO URBANO. **Geosciences = Geociências**, v. 42, n. 2, p. 241–252, 2023.

ROCHA, A. R. **Análise de dados espectrais de sensoriamento remoto de campo e orbital em águas pretas, como suporte a gestão de recursos hídricos, no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Tarumã-açu, Manaus/Amazonas-Brasil**. Dissertação— Manaus: Universidade do Estado do Amazonas, 2021.

ROCHA, L. C. R. DA; HORBE, A. M. C. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aqüífero Alter do Chão em Manaus-AM. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 307–312, 2006.

ROCHA, J. L. S.; REGO, N. A. C.; SANTOS, J. W. B.; OLIVEIRA, R. M.; MENEZES, M. Indicador integrado de qualidade ambiental aplicado à gestão da bacia hidrográfica do rio Jiquiriçá, BA, Brasil. **Ambi-Agua**, v. 5, n. 1, p. 89–101, 2010.

RODRIGUES, I. M.; ARAÚJO, N. J. DE S.; ALMEIDA, B. L. O. DOS S. ESTUDO DE CASO: USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PURAQUEQUARA E TARUMÃ, MANAUS – AM. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 6, p. 4298–4308, 28 jun. 2024.

RODRIGUES, L. C.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; GALVANIN, E. A. S.; KREITLOW, J. P. Dynamics of landscape anthropization in the rio Queima Pé subbasin, Mato Grosso, Brazil. **Revista Espacios**, v. 36, 2015.

RODRIGUES, M. A. **Direito Ambiental Esquematizado**. 5º ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

SAHOO, M. M.; PATRA, K. C.; KHATUA, K. K. Inference of Water Quality Index Using ANFIA and PCA. **Aquatic Procedia**, v. 4, p. 1099–1106, 2015.

SANT ANA, W. D. O.; BACK, Á. J.; LADWIG, N. I.; SUTIL, T. et al. QUALIDADE D'ÁGUA E IMPLICAÇÕES NA DINÂMICA SEDIMENTAR NO MÉDIO CURSO DO RIO TUBARÃO, SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 25, p. 215–229, 7 out. 2019.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. D. S. R. Heavy metal (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb

e Zn) study in the Tarumã-Açu basin - Manaus (AM). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 111–118, 2007.

SANTOS, I. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes - AM. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p. 229–236, 2006.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira.** Editora HUCITEC ed. São Paulo: [s.n.]. v. 1

SANTOS, M. L. S.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Estudo das diferentes formas de fósforo nas águas da plataforma continental do Amazonas. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 569–573, jun. 2007.

SANTOS, R. S.; MOHR, T. Saúde e qualidade da água: Análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista contexto & saúde**, v. 13, p. 46–53, 2013.

SARLET, I. W. As resoluções do CONAMA e o princípio da legalidade: a proteção ambiental à luz da segurança jurídica. **Revista Jurídica**, v. 10, n. 90, p. 01–25, 2008.

SCHINDLER, D. W. **Recent advances in the understanding and management of eutrophication**. Limnology and Oceanography. **Anais**...American Society of Limnology and Oceanography Inc., 2006.

SEIFI, A.; DEHGHANI, M.; SINGH, V. P. Uncertainty analysis of water quality index (WQI) for groundwater quality evaluation: Application of Monte-Carlo method for weight allocation. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106653, 1 out. 2020.

SEMA. **PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO AMAZONAS - PERH/AM**. Manaus - AM: Secretária do Meio Ambiente, 2020.

SEMA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas**. Disponível em: <https://www.sema.am.gov.br/plano-estadual-de-recursos-hidricos-do-amazonas-e-aprovado-por-conselho-estadual/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SENA, I. M. N.; MONTEIRO, A. S. C.; ALVES, J. DO P. Variações na qualidade da água e no estado trófico do Reservatório Macela no período de 2004 a 2014. Em: **Olhar dos recursos e do meio ambiente do estado de Sergipe**. [s.l: s.n.]. p. 34.

SHEELA, A. M.; LETHA, J.; JOSEPH, S. Environmental status of a tropical lake system. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 180, n. 1–4, p. 427–449, set. 2011.

SILVA, F. L.; FUSHITA, Â. T.; CUNHA-SANTINO, M. B.; JÚNIOR, I. B.; JÚNIOR, J. C. T. V. Gestão de recursos Hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Fisica**, v. 14, n. 3, p. 1626–1653, 2021.

SILVA, G. S. DA; JARDIM, W. DE F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 689–694, 2006.

SILVA, I. R.; SILVA, I. F.; SILVA.; CAMPOS, M. E. S.; MATOS, R. S. M.; SOUZA, I. F. Utilização de fungos filamentosos no biotratamento da água de igarapés na cidade de Manaus (Amazonas-Brasil). **Research, Society and Development**, v. 12, n. 5, p. e28712541781, 29 maio 2023.

SILVA, J. A. DA. **Aplicação de indicadores ambientais para o cálculo do IQA (Indice de Qualidade da Água) em zona urbana de Manaus**. Dissertação—Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2016.

SILVA, J. C. DA; SOARES, E. A.; CORTEZ, S. A. M. Assessment of water quality in permanent preservation areas by obtaining IQA. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 22988–22997, 1 abr. 2022.

SILVA, S. A.; AZEVEDO, L. E. C..; LIMA, G. V. B. A.; PEREIRA, M. M..; ARAÚJO, I. R. S. Otimização estatística de parâmetros de qualidade de águas superficiais no monitoramento ambiental em atividades de mineração na Amazônia. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e99932596, 19 fev. 2020a.

SILVA, L. J. S.; MENEGHETTI, G. A.; PINHEIRO, J. O. C.; SANTOS, A. C.; FONSECA, A. I. H.; OSSAME, A. L. Agricultura familiar, desafios e oportunidades da Cooptarumã nas comunidades do Tarumã-Açu, Manaus, AM. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 102–125, 10 ago. 2020b.

SILVA, S. H.; NODA, S. N. Adinâmica entre as águas e terras na Amazônia e seus efeitos sobre as várzeas. **Revista Ambiente e Agua**, v. 11, n. 3, p. 445–458, 2016.

SINGH; K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S.; SINGH, V. K. Chemometric data analysis of pollutants in wastewater-a case study. **Analytica Chimica Acta**, v. 532, p. 25, 2005.

SIOLI, H. **Das wasser im Amazonasgebiet**. **Forsh**Akademie-Verlag, , 1950.

SIOLI, H. Estudo preliminar das relações entre a geologia e a limnologia da zona bragantina (Pará). 1951.

SIOLI, H.; KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, v. 1, p. 27–47, 1962.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution**, abr. 2009.

SOUZA, A. DE; BERTOSSI, A. P. A.; LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, v. 9, n. 3, p. 227, 7 out. 2015.

SOUZA, B. S. DE; WACHHOLZ, F.; COLARES, I. S. Impactos Ambientais e Qualidade dos Recursos Hídricos: Uma análise sobre a Cachoeira Alta do Tarumã (Manaus-AM). Em: FARIA, KARLA M. S. DE; TRINDADE, S. P. (Eds.). **Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**. [s.l.] C&a Alfa Comunicação,

2021. v. 1p. 1195.

SOUZA, R. S. DE. **Entendendo a questão ambiental**. Editora EDUNISC ed. Santa Cruz, RS: [s.n.].

SPERLING, M. VON. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 4. ed. [s.l.] ntrodução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 2014. v. 1

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M. Geochemistry of the Amazon 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. **Journal of Geophysical Research**, v. 88, n. 14, p. 9671–9688, 1983.

TAVARES, C. C.; SOUSA, J. B.; SILVA, F. DA L. QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAPUTANGAS, CÁCERES, MATO GROSSO. **REVISTA EQUADOR**, v. 10, n. 2, p. 155–182, 2021.

TEIXEIRA, J. C.; HELLER, L. FATORES AMBIENTAIS ASSOCIADOS ÀS HELMINTOSES INTESTINAIS EM ÁREAS DE ASSENTAMENTO SUBNORMAL, JUIZ DE FORA, MG. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 9, p. 301–305, 2004.

TEIXEIRA, S. R.; ALÉSSIO, P.; SANTOS, G. T. A.; DIAS, F. C. INFLUÊNCIA DA DATA DA COLETA DO LODO DE ETA INCORPORADO EM MASSAS CERÂMICAS, NAS SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS. **Proceedings of the 48 th Annual Meeting of the Brazilian Ceramic Society**, 2004.

TEODORO, A.; IDE, C. N.; RIBEIRO, M. L.; BROCH, S. A. O.; SILVA, J. B. Implementação do conceito Capacidade de Diluiçãode Efluentes no modelo de qualidade da água QUAL-UFMG: estudo de caso no Rio Taquarizinho (MS). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 275–288, 2013.

THOMAZ, D.; CENTENO, L. N.; CECCONELLO, S. T. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do Rio Comandaí, através do Índice de Qualidade da Água. **Revista Thema**, v. 22, n. 1, p. 79–103, 17 mar. 2023.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. UFRGS, Edusp, ABRH ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1997. v. 4

TURNBULL, L.; WILCOX, B. P.; BELNAP, J.; RAVI, S.; D'ODORICO, P.; CHILDERS, D.; GWENZI, W.; OKIN, G.; WAINWRIGHT, J.; CAYLOR, K. K.; SANKEY, T. Understanding the role of ecohydrological feedbacks in ecosystem state change in drylands. **Ecohydrology**, v. 5, n. 2, p. 174–183, mar. 2012.

VADDE, K. K.; WANG, J.; CAO, L.; YUAN, T.; MCCARTHY, A.; SEKAR, R. Assessment of water quality and identification of pollution risk locations in Tiaoxi River (Taihu Watershed), China. **Water (Switzerland)**, v. 10, n. 2, 10 fev. 2018.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, M. A. F.; JUNIOR, J. C. L.; SILVA, S. C. P . ANÁLISE DO USO E DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO TARUMÃ-AÇU: UM OLHAR PARA A SUSTENTABILIDADE. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 5, n. 13, 2019.

VIANA, V. Flutuantes no Tarumã: caminhos para a solução do impasse. **Acrítica**, 2024.

VIDAL, T. F.; NETO, J. C. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 402–407, 2014.

WANG, Y.; LING, M.; LIU, R.; YU, P.; TANG, A.; LUO, X.; MA, Q. Distribution and source identification of trace metals in the sediment of Yellow River Estuary and the adjacent Laizhou Bay. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 97, p. 62–70, fev. 2017.

WARD, N. D.; KEIL, R. G.; MEDEIROS, P. M.; BRITO, D. C.; CUNHA, A. C.; DITTMAR, T.; YAGER, P. L.; KRUSCHE, A. V.; RICHEY, J. E. Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River. **Nature Geoscience**, v. 6, n. 7, p. 530–533, jul. 2013.

WEDEPOHL, K. H. The composition of the continental crust. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 59, n. 7, p. 1217–1232, abr. 1995.

WU, Z.; WANG, X.; CHEN, Y.; CAI, Y.; DENG, J. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. **Science of the Total Environment**, v. 612, p. 914–922, 15 jan. 2018.

YUSUP, Y.; ALKARKHI, A. F. M. Cluster analysis of inorganic elements in particulate matter in the air environment of an equatorial urban coastal location. **Chemistry and Ecology**, v. 27, n. 3, p. 273–286, 19 jun. 2011.

ZEIDEMANN, V. K. O rio das Águas Negras. **Florestas do Rio Negro. Companhia das Letras, São Paulo. 344p**, p. 62–87, 2001.

ZENI, T. O.; OSTRENSKY, A.; WESTPHAL, G. G. C. RESPOSTAS ADAPTATIVAS DE PEIXES A ALTERAÇÕES AMBIENTAIS DE TEMPERATURA E DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO. **Archives of Veterinary Science**, v. 21, n. 3, 2016.

ZHOU, J.; LAU, K.-M. Does a Monsoon Climate Exist over South America? **Journal of Climate**, v. 11, p. 1–21, 1997.

ANEXOS

ANEXO A - ETIQUETAS

Ponto 1 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 1** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 1** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 1 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 1** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 1** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__
Ponto 2 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 2** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 2** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 2 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 2** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 2** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__
Ponto 3 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 3** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 3** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 3 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 3** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 3** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__
Ponto 4 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 4** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 4** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 4 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 4** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 4** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__
Ponto 5 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 5** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 5** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 5 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 5** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 5** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__

Ponto 6 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 6** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 6** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 6 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 6** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 6** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__
Ponto 7 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 7** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 7** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 7 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 7** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 7** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__
Ponto 8 (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Ponto 8** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Ponto 8** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Ponto 8 (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Ponto 8** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Ponto 8** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__
Reserva (T. AÇU) **DBO (500 mL)** __/__/__	**Reserva** (T. AÇU) **NITRATO+NITRITO+COLIFORMES (125 mL)** __/__/__	**Reserva** (T. AÇU) **CLORETOS (500 mL)** __/__/__
Reserva (T. AÇU) **FOSFATO+FÓSFORO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__	**Reserva** (T. AÇU) **METAIS+SÓLIDOS TOTAIS+SÓLIDOS SOLÚVEIS (1L)** __/__/__	**Reserva** (T. AÇU) **NITROGÊNIO+DQO (1 L)** Adicionar H2SO4 1:1 __/__/__

ANEXO B - IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN/100mL

IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table *(per 100ml)*

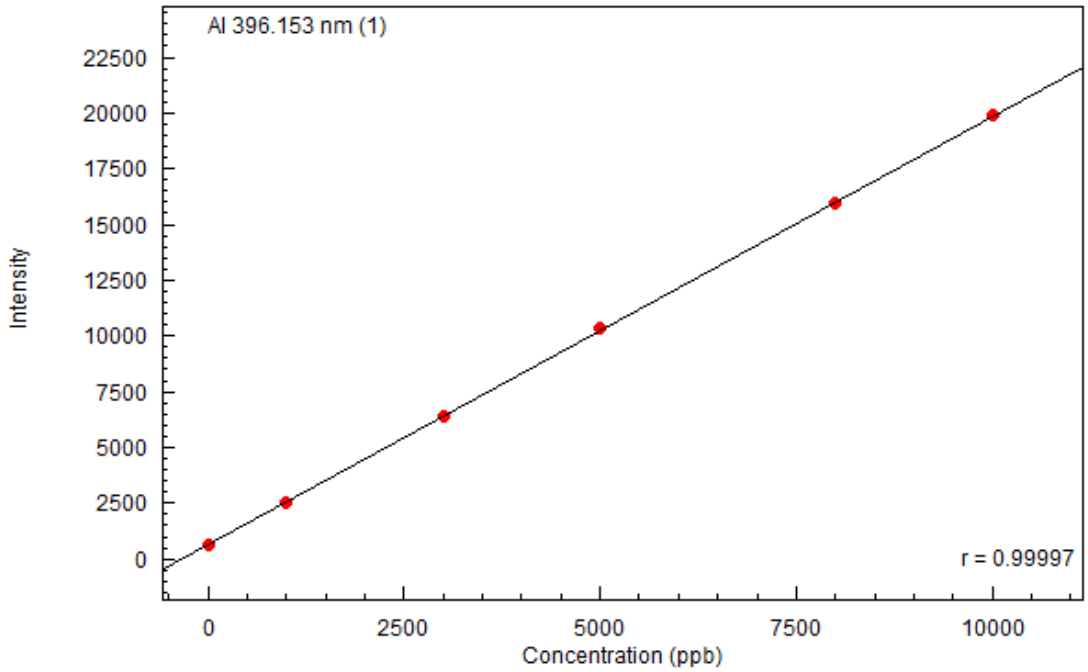
 # Small Wells Positive

# Large Wells Positive	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	<1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.2	21.2	22.2	23.3	24.3
1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.3	18.3	19.3	20.4	21.4	22.4	23.5	24.5	25.6
2	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.6	21.6	22.7	23.7	24.8	25.8	26.9
3	3.1	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	9.2	10.3	11.3	12.4	13.4	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.7	20.8	21.8	22.9	23.9	25.0	26.1	27.1	28.2
4	4.1	5.2	6.2	7.2	8.3	9.3	10.4	11.4	12.5	13.5	14.6	15.6	16.7	17.8	18.8	19.9	21.0	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3	27.4	28.5	29.6
5	5.2	6.3	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7	14.7	15.8	16.9	17.9	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	27.7	28.8	29.9	31.0
6	6.3	7.4	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	32.4
7	7.5	8.5	9.6	10.7	11.8	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9	26.0	27.1	28.3	29.4	30.5	31.6	32.8	33.9
8	8.6	9.7	10.8	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.1	25.2	26.3	27.4	28.5	29.7	30.8	32.0	33.1	34.3	35.4
9	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.2	24.3	25.4	26.6	27.7	28.9	30.0	31.2	32.3	33.5	34.6	35.8	37.0
10	11.0	12.1	13.2	14.4	15.5	16.6	17.7	18.9	20.0	21.1	22.3	23.4	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2	30.3	31.5	32.7	33.8	35.0	36.2	37.4	38.6
11	12.2	13.4	14.5	15.6	16.8	17.9	19.1	20.2	21.4	22.5	23.7	24.8	26.0	27.2	28.3	29.5	30.7	31.9	33.0	34.2	35.4	36.6	37.8	39.0	40.2
12	13.5	14.6	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1	26.3	27.5	28.6	29.8	31.0	32.2	33.4	34.6	35.8	37.0	38.2	39.5	40.7	41.9
13	14.8	16.0	17.1	18.3	19.5	20.6	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.8	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.2	37.5	38.7	39.9	41.2	42.4	43.6
14	16.1	17.3	18.5	19.7	20.9	22.1	23.3	24.5	25.7	26.9	28.1	29.3	30.5	31.7	33.0	34.2	35.4	36.7	37.9	39.1	40.4	41.6	42.9	44.2	45.4
15	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.7	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.1	33.3	34.6	35.8	37.1	38.4	39.6	40.9	42.2	43.4	44.7	46.0	47.3
16	18.9	20.1	21.3	22.6	23.8	25.0	26.2	27.5	28.7	30.0	31.2	32.5	33.7	35.0	36.3	37.5	38.8	40.1	41.4	42.7	44.0	45.3	46.6	47.9	49.2
17	20.3	21.6	22.8	24.1	25.3	26.6	27.8	29.1	30.3	31.6	32.9	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.9	43.2	44.5	45.9	47.2	48.5	49.8	51.2
18	21.8	23.1	24.3	25.6	26.9	28.1	29.4	30.7	32.0	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	41.1	42.4	43.8	45.1	46.5	47.8	49.2	50.5	51.9	53.2
19	23.3	24.6	25.9	27.2	28.5	29.8	31.1	32.4	33.7	35.0	36.3	37.6	39.0	40.3	41.6	43.0	44.3	45.7	47.1	48.4	49.8	51.2	52.6	54.0	55.4
20	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1	31.5	32.8	34.1	35.4	36.8	38.1	39.5	40.8	42.2	43.6	44.9	46.3	47.7	49.1	50.5	51.9	53.3	54.7	56.1	57.6
21	26.5	27.9	29.2	30.5	31.8	33.2	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.4	42.8	44.1	45.5	46.9	48.4	49.8	51.2	52.6	54.1	55.5	56.9	58.4	59.9
22	28.2	29.5	30.9	32.3	33.6	35.0	36.4	37.7	39.1	40.5	41.9	43.3	44.8	46.2	47.6	49.0	50.5	51.9	53.4	54.8	56.3	57.8	59.3	60.8	62.3
23	29.9	31.3	32.7	34.1	35.5	36.8	38.3	39.7	41.1	42.5	43.9	45.4	46.8	48.3	49.7	51.2	52.7	54.2	55.6	57.1	58.6	60.2	61.7	63.2	64.7
24	31.7	33.1	34.5	35.9	37.3	38.8	40.2	41.7	43.1	44.6	46.0	47.5	49.0	50.5	52.0	53.5	55.0	56.5	58.0	59.5	61.1	62.6	64.2	65.8	67.3
25	33.6	35.0	36.4	37.9	39.3	40.8	42.2	43.7	45.2	46.7	48.2	49.7	51.2	52.7	54.3	55.8	57.3	58.9	60.5	62.0	63.6	65.2	66.8	68.4	70.0
26	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	42.8	44.3	45.9	47.4	48.9	50.4	52.0	53.5	55.1	56.7	58.2	59.8	61.4	63.0	64.7	66.3	67.9	69.6	71.2	72.9
27	37.4	38.9	40.4	42.0	43.5	45.0	46.5	48.1	49.6	51.2	52.8	54.4	56.0	57.6	59.2	60.8	62.4	64.1	65.7	67.4	69.1	70.8	72.5	74.2	75.9
28	39.5	41.0	42.6	44.1	45.7	47.3	48.8	50.4	52.0	53.6	55.2	56.9	58.5	60.2	61.8	63.5	65.2	66.9	68.6	70.3	72.0	73.7	75.5	77.3	79.0
29	41.7	43.2	44.8	46.4	48.0	49.6	51.2	52.8	54.5	56.1	57.8	59.5	61.2	62.9	64.6	66.3	68.0	69.8	71.5	73.3	75.1	76.9	78.7	80.5	82.4
30	43.9	45.5	47.1	48.7	50.4	52.0	53.7	55.4	57.1	58.8	60.5	62.2	64.0	65.7	67.5	69.3	71.0	72.9	74.7	76.5	78.3	80.2	82.1	84.0	85.9
31	46.2	47.9	49.5	51.2	52.9	54.6	56.3	58.1	59.8	61.6	63.3	65.1	66.9	68.7	70.5	72.4	74.2	76.1	78.0	79.9	81.8	83.7	85.7	87.6	89.6
32	48.7	50.4	52.1	53.8	55.6	57.3	59.1	60.9	62.7	64.5	66.3	68.2	70.0	71.9	73.8	75.7	77.6	79.5	81.5	83.5	85.4	87.5	89.5	91.5	93.6
33	51.2	53.0	54.8	56.5	58.3	60.2	62.0	63.8	65.7	67.6	69.5	71.4	73.3	75.2	77.2	79.2	81.2	83.2	85.2	87.3	89.3	91.4	93.6	95.7	97.8
34	53.9	55.7	57.6	59.4	61.3	63.1	65.0	67.0	68.9	70.8	72.8	74.8	76.8	78.8	80.8	82.9	85.0	87.1	89.2	91.4	93.5	95.7	97.9	100.2	102.4
35	56.8	58.6	60.5	62.4	64.4	66.3	68.3	70.3	72.3	74.3	76.3	78.4	80.5	82.6	84.7	86.9	89.1	91.3	93.5	95.7	98.0	100.3	102.6	105.0	107.3
36	59.8	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.8	75.9	78.0	80.1	82.3	84.5	86.7	88.9	91.2	93.5	95.8	98.1	100.5	102.9	105.3	107.7	110.2	112.7
37	62.9	65.0	67.0	69.1	71.2	73.3	75.4	77.6	79.8	82.0	84.2	86.5	88.8	91.1	93.4	95.8	98.2	100.6	103.1	105.6	108.1	110.7	113.3	115.9	118.6
38	66.3	68.4	70.6	72.7	74.9	77.1	79.4	81.6	83.9	86.2	88.6	91.0	93.4	95.8	98.3	100.8	103.4	105.9	108.6	111.2	113.9	116.6	119.4	122.2	125.0
39	70.0	72.2	74.4	76.7	78.9	81.3	83.6	86.0	88.4	90.9	93.4	95.9	98.4	101.0	103.6	106.3	109.0	111.8	114.6	117.4	120.3	123.2	126.1	129.2	132.2
40	73.8	76.2	78.5	80.9	83.3	85.7	88.2	90.8	93.3	95.9	98.5	101.2	103.9	106.7	109.5	112.4	115.3	118.2	121.2	124.3	127.4	130.5	133.7	137.0	140.3
41	78.0	80.5	83.0	85.5	88.0	90.6	93.3	95.9	98.7	101.4	104.3	107.1	110.0	113.0	116.0	119.1	122.2	125.4	128.7	132.0	135.4	138.8	142.3	145.9	149.5
42	82.6	85.2	87.8	90.5	93.2	96.0	98.8	101.7	104.6	107.6	110.6	113.7	116.9	120.1	123.4	126.7	130.1	133.6	137.2	140.8	144.5	148.3	152.2	156.1	160.2
43	87.6	90.4	93.2	96.0	99.0	101.9	105.0	108.1	111.2	114.5	117.8	121.1	124.6	128.1	131.7	135.4	139.1	143.0	147.0	151.0	155.2	159.4	163.8	168.2	172.8
44	93.1	96.1	99.1	102.2	105.4	108.6	111.9	115.3	118.7	122.3	125.9	129.6	133.4	137.4	141.4	145.5	149.7	154.1	158.5	163.1	167.9	172.7	177.7	182.9	188.2
45	99.3	102.5	105.8	109.2	112.6	116.2	119.8	123.6	127.4	131.4	135.4	139.6	143.9	148.3	152.9	157.6	162.4	167.4	172.6	178.0	183.5	189.2	195.1	201.2	207.5
46	106.3	109.8	113.4	117.2	121.0	125.0	129.1	133.3	137.6	142.1	146.7	151.5	156.5	161.6	167.0	172.5	178.2	184.2	190.4	196.8	203.5	210.5	217.8	225.4	233.3
47	114.3	118.3	122.4	126.6	130.9	135.4	140.1	145.0	150.0	155.3	160.7	166.4	172.3	178.5	185.0	191.8	198.9	206.4	214.2	222.4	231.0	240.0	249.5	259.5	270.0
48	123.9	128.4	133.1	137.9	143.0	148.3	153.9	159.7	165.8	172.2	178.9	186.0	193.5	201.4	209.8	218.7	228.2	238.2	248.9	260.3	272.3	285.1	298.7	313.0	328.2
49	135.5	140.8	146.4	152.3	158.5	165.0	172.0	179.3	187.2	195.6	204.6	214.3	224.7	235.9	248.1	261.3	275.5	290.9	307.6	325.5	344.8	365.4	387.3	410.6	435.2

IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table (per 100ml)

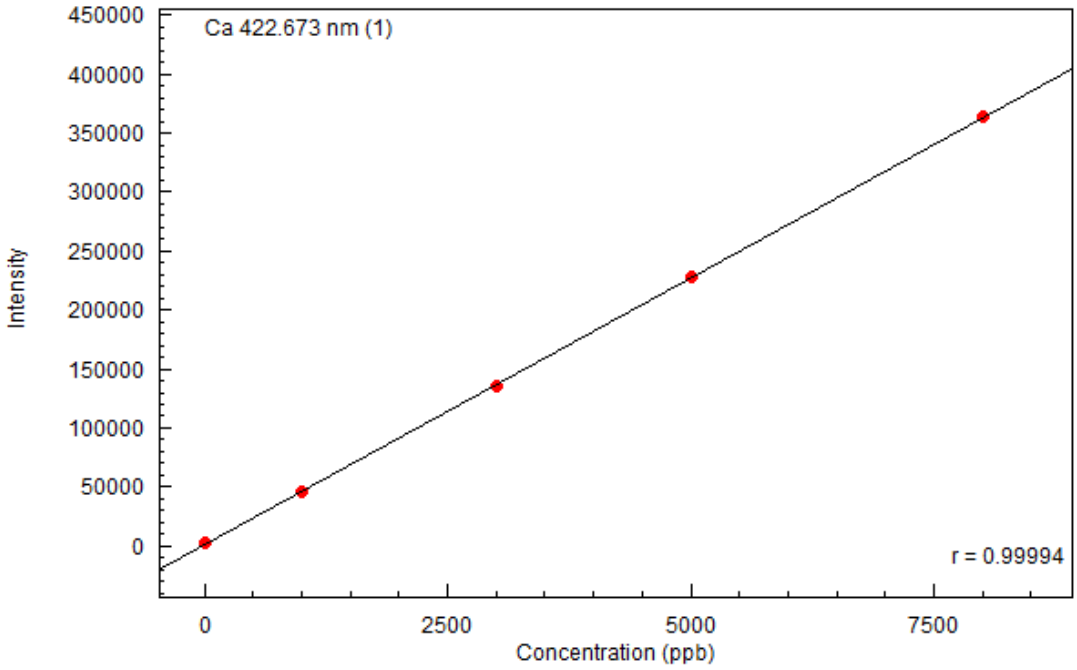
# Large Wells Positive	# Small Wells Positive																							
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
0	25.3	26.4	27.4	28.4	29.5	30.5	31.5	32.6	33.6	34.7	35.7	36.8	37.8	38.9	40.0	41.0	42.1	43.1	44.2	45.3	46.3	47.4	48.5	49.5
1	26.6	27.7	28.7	29.8	30.8	31.9	32.9	34.0	35.0	36.1	37.2	38.2	39.3	40.4	41.4	42.5	43.6	44.7	45.7	46.8	47.9	49.0	50.1	51.2
2	27.9	29.0	30.0	31.1	32.2	33.2	34.3	35.4	36.5	37.5	38.6	39.7	40.8	41.9	43.0	44.0	45.1	46.2	47.3	48.4	49.5	50.6	51.7	52.8
3	29.3	30.4	31.4	32.5	33.6	34.7	35.8	36.8	37.9	39.0	40.1	41.2	42.3	43.4	44.5	45.6	46.7	47.8	48.9	50.0	51.2	52.3	53.4	54.5
4	30.7	31.8	32.8	33.9	35.0	36.1	37.2	38.3	39.4	40.5	41.6	42.8	43.9	45.0	46.1	47.2	48.3	49.5	50.6	51.7	52.9	54.0	55.1	56.3
5	32.1	33.2	34.3	35.4	36.5	37.6	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.4	45.5	46.6	47.7	48.9	50.0	51.2	52.3	53.5	54.6	55.8	56.9	58.1
6	33.5	34.7	35.8	36.9	38.0	39.2	40.3	41.4	42.6	43.7	44.8	46.0	47.1	48.3	49.4	50.6	51.7	52.9	54.1	55.2	56.4	57.6	58.7	59.9
7	35.0	36.2	37.3	38.4	39.6	40.7	41.9	43.0	44.2	45.3	46.5	47.7	48.8	50.0	51.2	52.3	53.5	54.7	55.9	57.1	58.3	59.4	60.6	61.8
8	36.6	37.7	38.9	40.0	41.2	42.3	43.5	44.7	45.9	47.0	48.2	49.4	50.6	51.8	53.0	54.1	55.3	56.5	57.7	59.0	60.2	61.4	62.6	63.8
9	38.1	39.3	40.5	41.6	42.8	44.0	45.2	46.4	47.6	48.8	50.0	51.2	52.4	53.6	54.8	56.0	57.2	58.4	59.7	60.9	62.1	63.4	64.6	65.8
10	39.7	40.9	42.1	43.3	44.5	45.7	46.9	48.1	49.3	50.6	51.8	53.0	54.2	55.5	56.7	57.9	59.2	60.4	61.7	62.9	64.2	65.4	66.7	67.9
11	41.4	42.6	43.8	45.0	46.3	47.5	48.7	49.9	51.2	52.4	53.7	54.9	56.1	57.4	58.6	59.9	61.2	62.4	63.7	65.0	66.3	67.5	68.8	70.1
12	43.1	44.3	45.6	46.8	48.1	49.3	50.6	51.8	53.1	54.3	55.6	56.8	58.1	59.4	60.7	62.0	63.2	64.5	65.8	67.1	68.4	69.7	71.0	72.4
13	44.9	46.1	47.4	48.6	49.9	51.2	52.5	53.7	55.0	56.3	57.6	58.9	60.2	61.5	62.8	64.1	65.4	66.7	68.0	69.3	70.7	72.0	73.3	74.7
14	46.7	48.0	49.3	50.5	51.8	53.1	54.4	55.7	57.0	58.3	59.6	60.9	62.3	63.6	64.9	66.3	67.6	68.9	70.3	71.6	73.0	74.4	75.7	77.1
15	48.6	49.9	51.2	52.5	53.8	55.1	56.4	57.8	59.1	60.4	61.8	63.1	64.5	65.8	67.2	68.5	69.9	71.3	72.6	74.0	75.4	76.8	78.2	79.6
16	50.5	51.8	53.2	54.5	55.8	57.2	58.5	59.9	61.2	62.6	64.0	65.3	66.7	68.1	69.5	70.9	72.3	73.7	75.1	76.5	77.9	79.3	80.8	82.2
17	52.5	53.9	55.2	56.6	58.0	59.3	60.7	62.1	63.5	64.9	66.3	67.7	69.1	70.5	71.9	73.3	74.8	76.2	77.6	79.1	80.5	82.0	83.5	84.9
18	54.6	56.0	57.4	58.8	60.2	61.6	63.0	64.4	65.8	67.2	68.6	70.1	71.5	73.0	74.4	75.9	77.3	78.8	80.3	81.8	83.3	84.8	86.3	87.8
19	56.8	58.2	59.6	61.0	62.4	63.9	65.3	66.8	68.2	69.7	71.1	72.6	74.1	75.5	77.0	78.5	80.0	81.5	83.1	84.6	86.1	87.6	89.2	90.7
20	59.0	60.4	61.9	63.3	64.8	66.3	67.7	69.2	70.7	72.2	73.7	75.2	76.7	78.2	79.8	81.3	82.8	84.4	85.9	87.5	89.1	90.7	92.2	93.8
21	61.3	62.8	64.3	65.8	67.3	68.8	70.3	71.8	73.3	74.9	76.4	77.9	79.5	81.1	82.6	84.2	85.8	87.4	89.0	90.6	92.2	93.8	95.4	97.1
22	63.8	65.3	66.8	68.3	69.8	71.4	72.9	74.5	76.1	77.6	79.2	80.8	82.4	84.0	85.6	87.2	88.9	90.5	92.1	93.8	95.5	97.1	98.8	100.5
23	66.3	67.8	69.4	71.0	72.5	74.1	75.7	77.3	78.9	80.5	82.2	83.8	85.4	87.1	88.7	90.4	92.1	93.8	95.5	97.2	98.9	100.6	102.4	104.1
24	68.9	70.5	72.1	73.7	75.3	77.0	78.6	80.3	81.9	83.6	85.2	86.9	88.6	90.3	92.0	93.8	95.5	97.2	99.0	100.7	102.5	104.3	106.1	107.9
25	71.7	73.3	75.0	76.6	78.3	80.0	81.7	83.3	85.1	86.8	88.5	90.2	92.0	93.7	95.5	97.3	99.1	100.9	102.7	104.5	106.3	108.2	110.0	111.9
26	74.6	76.3	78.0	79.7	81.4	83.1	84.8	86.6	88.4	90.1	91.9	93.7	95.5	97.3	99.2	101.0	102.9	104.7	106.6	108.5	110.4	112.3	114.2	116.2
27	77.6	79.4	81.1	82.9	84.6	86.4	88.2	90.0	91.9	93.7	95.5	97.4	99.3	101.2	103.1	105.0	106.9	108.8	110.8	112.7	114.7	116.7	118.7	120.7
28	80.8	82.6	84.4	86.3	88.1	89.9	91.8	93.7	95.6	97.5	99.4	101.3	103.3	105.2	107.2	109.2	111.2	113.2	115.2	117.3	119.3	121.4	123.5	125.6
29	84.2	86.1	87.9	89.8	91.7	93.7	95.6	97.5	99.5	101.5	103.5	105.5	107.5	109.5	111.6	113.7	115.7	117.8	120.0	122.1	124.2	126.4	128.6	130.8
30	87.8	89.7	91.7	93.6	95.6	97.6	99.6	101.6	103.7	105.7	107.8	109.9	112.0	114.2	116.3	118.5	120.6	122.8	125.1	127.3	129.5	131.8	134.1	136.4
31	91.6	93.6	95.6	97.7	99.7	101.8	103.9	106.0	108.2	110.3	112.5	114.7	116.9	119.1	121.4	123.6	125.9	128.2	130.5	132.9	135.3	137.7	140.1	142.5
32	95.7	97.8	99.9	102.0	104.2	106.3	108.5	110.7	113.0	115.2	117.5	119.8	122.1	124.5	126.8	129.2	131.6	134.0	136.5	139.0	141.5	144.0	146.6	149.1
33	100.0	102.2	104.4	106.6	108.9	111.2	113.5	115.8	118.2	120.5	122.9	125.4	127.8	130.3	132.8	135.3	137.8	140.4	143.0	145.6	148.3	150.9	153.7	156.4
34	104.7	107.0	109.3	111.7	114.0	116.4	118.9	121.3	123.8	126.3	128.8	131.4	134.0	136.6	139.2	141.9	144.6	147.4	150.1	152.9	155.7	158.6	161.5	164.4
35	109.7	112.2	114.6	117.1	119.6	122.2	124.7	127.3	129.9	132.6	135.3	138.0	140.8	143.6	146.4	149.2	152.1	155.0	158.0	161.0	164.0	167.1	170.2	173.3
36	115.2	117.8	120.4	123.0	125.7	128.4	131.1	133.9	136.7	139.5	142.4	145.3	148.3	151.3	154.3	157.3	160.5	163.6	166.8	170.0	173.3	176.6	179.9	183.3
37	121.3	124.0	126.8	129.6	132.4	135.3	138.2	141.2	144.2	147.3	150.3	153.5	156.7	159.9	163.1	166.5	169.8	173.2	176.7	180.2	183.7	187.3	191.0	194.7
38	127.9	130.8	133.8	136.8	139.9	143.0	146.2	149.4	152.6	155.9	159.2	162.6	166.1	169.6	173.2	176.8	180.4	184.2	188.0	191.8	195.7	199.7	203.7	207.7
39	135.3	138.5	141.7	145.0	148.3	151.7	155.1	158.6	162.1	165.7	169.4	173.1	176.9	180.7	184.7	188.7	192.7	196.8	201.0	205.3	209.6	214.0	218.5	223.0
40	143.7	147.1	150.6	154.2	157.8	161.5	165.3	169.1	173.0	177.0	181.1	185.2	189.4	193.7	198.1	202.5	207.1	211.7	216.4	221.1	226.0	231.0	236.0	241.1
41	153.2	157.0	160.9	164.8	168.9	173.0	177.2	181.5	185.8	190.3	194.8	199.5	204.2	209.1	214.0	219.1	224.2	229.4	234.8	240.2	245.8	251.5	257.2	263.1
42	164.3	168.6	172.9	177.3	181.9	186.5	191.3	196.1	201.1	206.2	211.4	216.7	222.2	227.7	233.4	239.2	245.2	251.3	257.5	263.8	270.3	276.9	283.6	290.5
43	177.5	182.3	187.3	192.4	197.6	202.9	208.4	214.0	219.8	225.8	231.8	238.1	244.5	251.0	257.7	264.6	271.7	278.9	286.3	293.8	301.5	309.4	317.4	325.7
44	193.6	199.3	205.1	211.0	217.2	223.5	230.0	236.7	243.6	250.8	258.1	265.6	273.3	281.2	289.4	297.8	306.3	315.1	324.1	333.3	342.8	352.4	362.3	372.4
45	214.1	220.9	227.9	235.2	242.7	250.4	258.4	266.7	275.3	284.1	293.3	302.6	312.3	322.3	332.5	343.0	353.8	364.9	376.2	387.9	399.8	412.0	424.5	437.4
46	241.5	250.0	258.9	268.2	277.8	287.8	298.1	308.8	319.9	331.4	343.3	355.5	368.1	381.1	394.5	408.3	422.5	437.1	452.0	467.4	483.3	499.6	516.3	533.5
47	280.9	292.4	304.4	316.9	330.0	343.6	357.8	372.5	387.7	403.4	419.8	436.6	454.1	472.1	490.7	509.9	529.8	550.4	571.7	593.8	616.7	640.5	665.3	691.0
48	344.1	360.9	378.4	396.8	416.0	436.0	456.9	478.6	501.2	524.7	549.3	574.8	601.5	629.4	658.6	689.3	721.5	755.6	791.5	829.7	870.4	913.9	960.6	1011.2
49	461.1	488.4	517.2	547.5	579.4	613.1	648.8	686.7	727.0	770.1	816.4	866.4	920.8	980.4	1046.2	1119.9	1203.3	1299.7	1413.6	1553.1	1732.9	1986.3	2419.6	>2419.6

ANEXO C – CURVA ANALÍTICA DOS MESTAIS



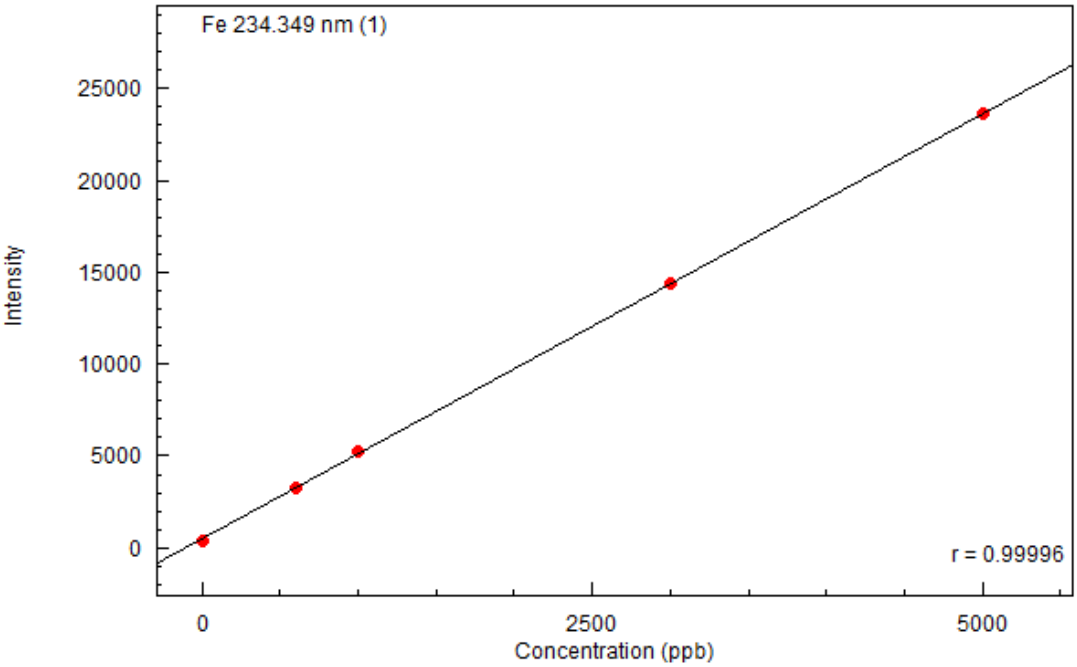
Equation: Conc = a * I ^ 3 + b * I ^ 2 + c * I + d

Factor: a = 0.0000000 c = 0.5210086 Weight: None
b = 0.0000000 d = -346.1096 Origin: None
Detection Limit (3s) = 2.923127 Limit of Quantity (10s) = 9.743758



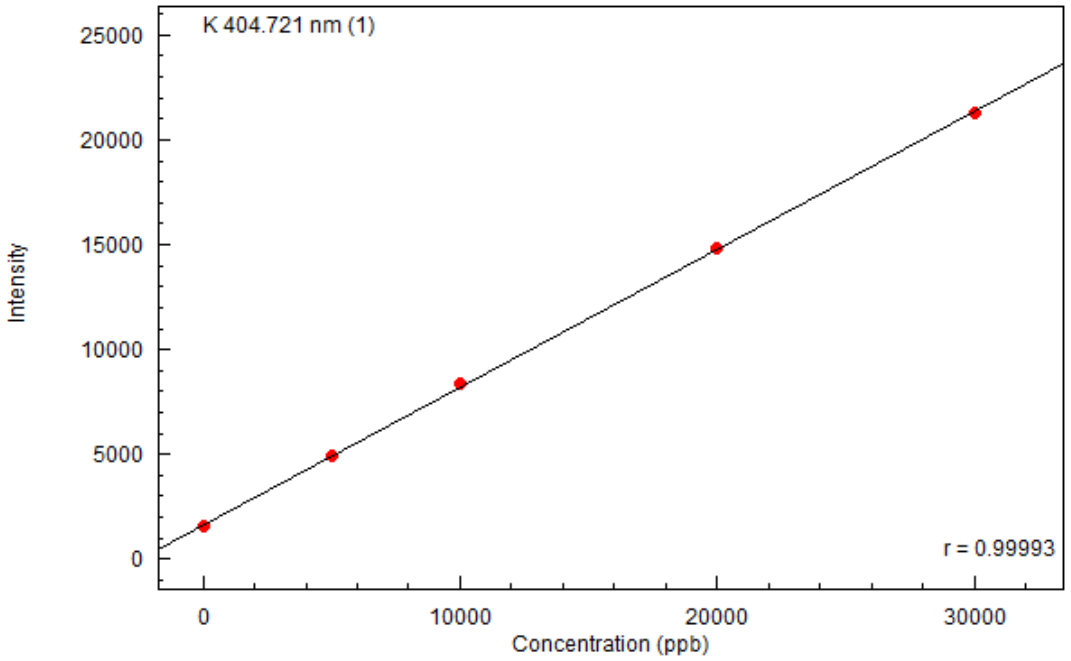
Equation: Conc = a * I ^ 3 + b * I ^ 2 + c * I + d

Factor: a = 0.0000000 c = 0.0221056 Weight: None
b = 0.0000000 d = -29.84574 Origin: None
Detection Limit (3s) = 0.8450795 Limit of Quantity (10s) = 2.816932



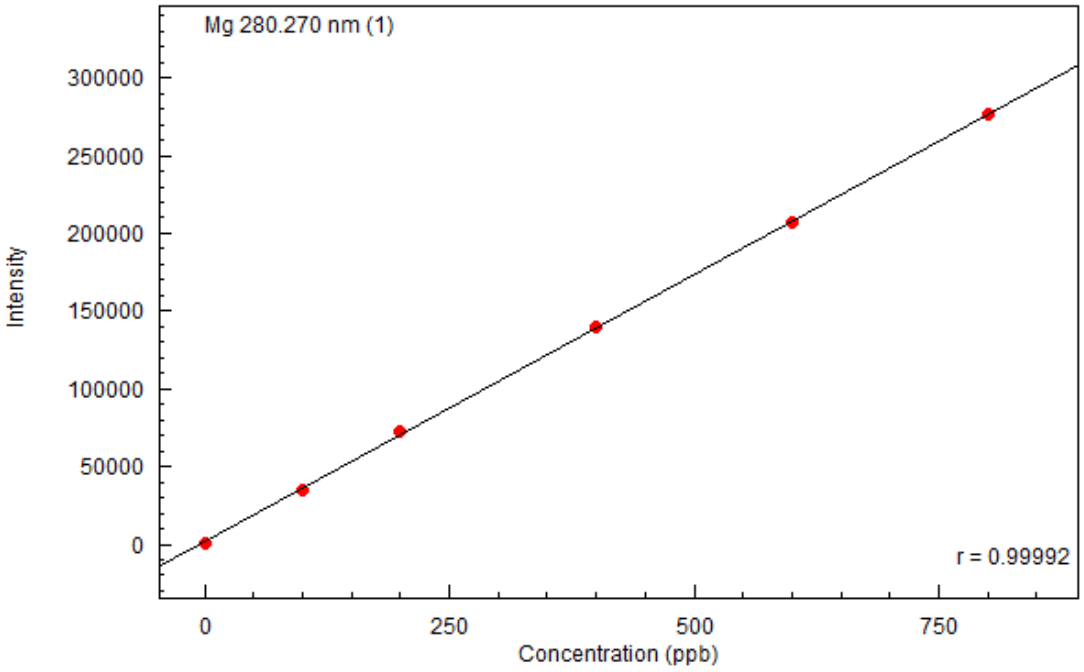
Equation: Conc = a * I ^ 3 + b * I ^ 2 + c * I + d

Factor: a = 0.0000000 c = 0.2162631 Weight: None
b = 0.0000000 d = -112.6070 Origin: None
Detection Limit (3s) = 1.202438 Limit of Quantity (10s) = 4.008126



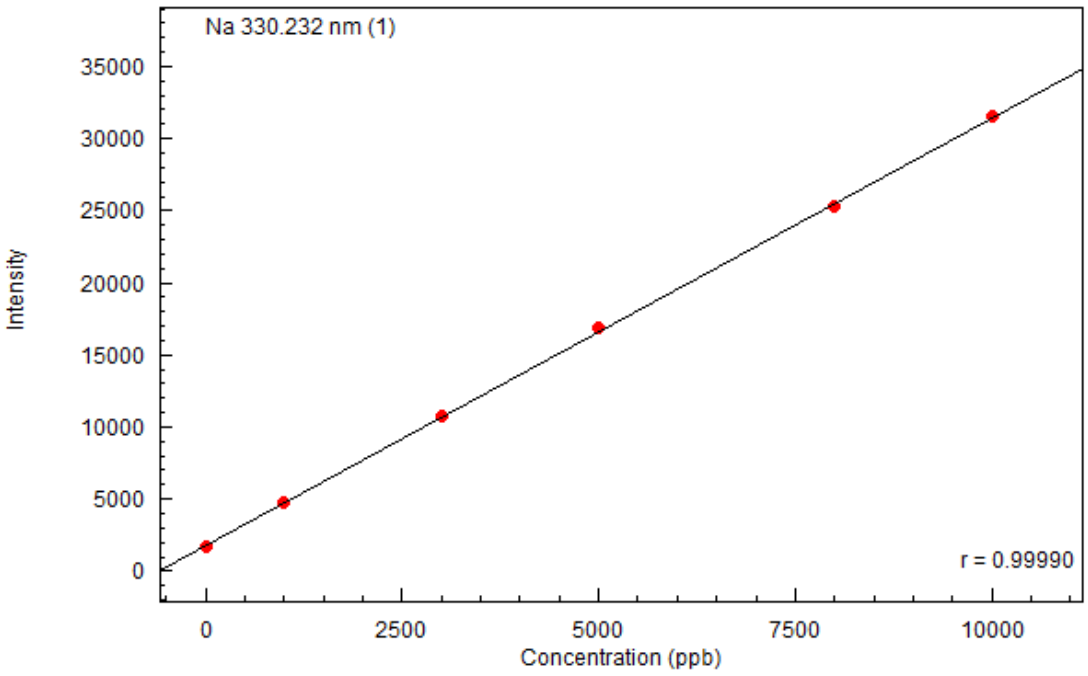
Equation: Conc = a * I ^ 3 + b * I ^ 2 + c * I + d

Factor: a = 0.0000000 c = 1.519791 Weight: None
b = 0.0000000 d = -2493.776 Origin: None
Detection Limit (3s) = 25.84132 Limit of Quantity (10s) = 86.13775



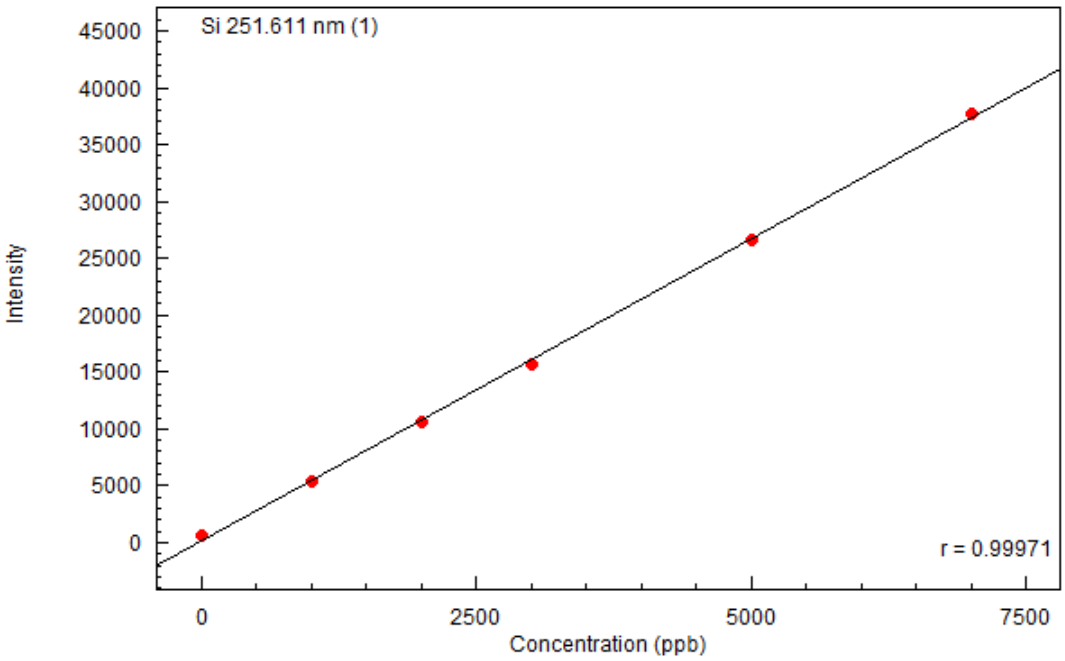
Equation: Conc = a * I ^ 3 + b * I ^ 2 + c * I + d

Factor: a = 0.0000000 c = 0.0029125 Weight: None
b = 0.0000000 d = -6.058589 Origin: None
Detection Limit (3s) = 0.1798189 Limit of Quantity (10s) = 0.5993965



Equation: Conc = a * I ^ 3 + b * I ^ 2 + c * I + d

Factor: a = 0.0000000 c = 0.3372892 Weight: None
b = 0.0000000 d = -607.7392 Origin: None
Detection Limit (3s) = 5.467767 Limit of Quantity (10s) = 18.22589



Equation: Conc = a * I ^ 3 + b * I ^ 2 + c * I + d

Factor: a = 0.0000000 c = 0.1881175 Weight: None
b = 0.0000000 d = -32.96179 Origin: None
Detection Limit (3s) = 0.9098157 Limit of Quantity (10s) = 3.032719

ANEXO D – ESTATÍSTICA DESCRITIVA

	FEV	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**
Temperatura da Água (ºC)										
Mínimo	30,00	26,90	28,35	29,50	28,53	29,32	29,43	27,08	28,50	28,07
Máximo	31,30	29,80	31,11	31,00	29,79	30,76	31,49	31,69	30,45	30,24
Média	30,59	28,29	30,04	30,29	29,31	30,06	30,73	29,66	29,48	29,14
Mediana	30,60	28,25	30,49	30,35	29,39	30,12	30,94	30,39	29,48	29,11
DP	0,41	0,94	0,97	0,47	0,39	0,55	0,66	1,83	0,98	0,89
Temperatura do Ar (ºC)										
Mínimo	27,40	26,00	28,09	28,50	27,08	28,31	27,19	27,68	28,19	27,98
Máximo	31,12	27,90	29,50	30,10	29,01	29,60	28,36	30,18	29,04	29,07
Média	28,40	27,28	28,96	29,63	28,35	28,90	27,84	29,02	28,62	28,52
Mediana	28,00	27,55	29,02	29,95	28,35	28,87	27,75	29,02	28,62	28,50
DP	1,14	0,65	0,44	0,56	0,58	0,42	0,42	1,03	0,42	0,45
Variação da Temperatura (ºC)										
Mínimo	-3,30	-1,90	-2,26	-1,50	-1,45	-2,25	-3,71	-2,18	-1,41	-1,17
Máximo	0,27	-0,20	0,89	-0,30	-0,40	-0,19	-1,73	0,80	-0,31	-0,09
Média	-2,19	-1,01	-1,08	-0,66	-0,96	-1,15	-2,89	-0,63	-0,86	-0,62
Mediana	-2,60	-0,90	-1,64	-0,55	-0,98	-0,99	-2,99	-1,01	-0,86	-0,61
DP	1,10	0,52	1,14	0,36	0,36	0,69	0,62	1,06	0,55	0,44
OD (%)										

Mínimo	59,20	30,00	27,00	50,90	32,40	51,60	56,30	51,90	39,60	73,70
Máximo	109,50	66,00	70,00	71,60	56,20	60,20	77,60	73,60	57,70	133,60
Média	77,39	47,63	57,63	60,13	48,51	57,10	65,13	65,36	48,65	102,27
Mediana	69,50	46,00	63,50	58,65	50,85	58,05	64,35	66,10	48,65	99,50
DP	16,97	12,18	14,89	6,91	6,98	2,47	6,54	6,97	9,05	24,53
OD (mg/L)										
Mínimo	4,48	2,80	2,10	3,90	2,45	3,94	4,17	3,84	2,99	5,45
Máximo	8,23	5,00	5,50	5,44	4,23	4,53	5,76	5,83	4,47	10,42
Média	5,80	3,75	4,48	4,48	3,67	4,33	4,88	4,99	3,73	7,91
Mediana	5,29	3,55	4,75	4,36	3,85	4,41	4,85	5,11	3,73	7,86
DP	1,22	0,83	0,99	0,53	0,52	0,18	0,47	0,66	0,74	2,03
pH										
Mínimo	5,32	5,22	5,34	5,19	5,57	4,78	5,03	5,29	6,82	5,70
Máximo	6,67	6,62	5,99	5,73	5,74	5,19	5,32	6,36	6,94	6,67
Média	5,77	5,72	5,60	5,45	5,65	4,99	5,18	5,67	6,88	6,30
Mediana	5,51	5,62	5,50	5,47	5,64	4,98	5,19	5,43	6,88	6,53
DP	0,45	0,40	0,23	0,16	0,05	0,14	0,11	0,43	0,06	0,43
Condutividade (uS/cm)										
Mínimo	7,00	10,00	11,00	10,00	9,00	8,00	9,00	4,00	70,00	7,00
Máximo	20,00	19,00	14,00	14,00	14,00	11,00	12,00	44,00	72,00	57,00

Média	10,71	13,00	12,75	11,75	11,88	10,00	10,50	15,71	71,00	34,33
Mediana	8,00	12,00	13,00	11,50	13,00	10,50	10,50	7,00	71,00	39,00
DP	4,27	2,74	1,20	1,64	2,03	1,12	1,32	15,27	1,00	20,68
Turbidez (NTU)										
Mínimo	4,32	5,35	3,47	2,18	0,04	1,16	0,00	11,60	63,90	17,67
Máximo	12,40	15,55	11,40	5,23	4,43	3,69	4,42	95,00	65,30	26,70
Média	7,33	8,29	5,96	3,34	2,30	2,52	1,70	36,27	64,60	21,62
Mediana	6,66	7,52	5,42	2,92	2,64	2,86	1,56	24,00	64,60	20,50
DP	2,81	3,03	2,31	1,12	1,34	0,99	1,46	26,25	0,70	3,77
DBO (mg/L)										
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	1,90
Máximo	11,90	0,00	6,50	11,90	0,00	0,00	2,60	9,30	6,40	10,10
Média	7,21	0,00	3,76	5,69	0,00	0,00	1,51	6,43	3,20	5,13
Mediana	9,40	0,00	4,50	7,00	0,00	0,00	2,00	6,10	3,20	3,40
DP	4,71	NR	2,34	4,69	0,00	0,00	0,89	2,09	3,20	3,56
DQO (mg/L)										
Mínimo	29,33	9,33	36,00	52,00	49,33	130,67	62,00	10,67	61,67	12,00
Máximo	144,00	64,00	80,66	188,66	124,00	217,33	122,00	47,33	97,33	31,00
Média	80,28	39,33	55,58	134,08	85,58	184,83	83,04	24,48	79,50	23,33
Mediana	87,33	40,67	50,66	147,00	86,66	192,34	77,83	24,00	79,50	27,00
DP	43,03	17,70	17,87	44,25	27,25	27,57	16,81	12,27	17,83	8,18

Cloretos (mg/L)										
Mínimo	0,65	0,00	8,61	0,00	3,11	0,00	0,00	3,25	5,56	2,01
Máximo	4,78	3,12	12,03	0,48	17,05	0,72	2,55	9,66	25,17	6,15
Média	2,87	0,69	10,07	0,20	8,12	0,12	1,52	5,97	15,36	3,94
Mediana	3,27	0,22	9,80	0,19	7,41	0,00	1,99	5,72	15,36	3,67
DP	1,40	1,00	1,06	0,16	4,31	0,24	0,87	2,10	9,80	1,70
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)										
Mínimo	0,02	0,10	0,00	0,00	0,15	0,07	0,04	0,05	0,17	0,21
Máximo	0,44	0,50	0,00	0,22	0,51	0,39	0,19	0,18	0,23	1,58
Média	0,14	0,26	0,00	0,07	0,40	0,25	0,11	0,09	0,20	0,67
Mediana	0,13	0,23	0,00	0,05	0,46	0,26	0,10	0,08	0,20	0,22
DP	0,14	0,14	0,00	0,08	0,12	0,11	0,05	0,04	0,03	0,64
Nitrogênio Orgânico (mg/L)										
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	1,79	0,00
Máximo	0,70	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	1,32	2,02	1,26
Média	0,13	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,56	1,91	0,58
Mediana	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	1,91	0,48
DP	0,24	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,36	0,12	0,52
Nitrito (mg/L)										
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	0,00	2,00	0,00	5,00	6,00	2,50	1,00	0,50	0,00	0,00

Média	0,00	0,81	0,00	2,40	4,00	1,43	0,38	0,07	0,00	0,00
Mediana	0,00	0,50	0,00	1,00	3,50	1,50	0,25	0,00	0,00	0,00
DP	0,00	0,86	0,00	2,15	1,53	0,62	0,41	0,17	0,00	0,00
Nitrato (mg/L)										
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	3,75	0,55	0,05	0,25	0,05	0,05	0,00	0,10	0,00	1,00
Média	1,16	0,10	0,01	0,13	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,40
Mediana	0,00	0,05	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
DP	1,61	0,17	0,02	0,09	0,02	0,02	0,00	0,03	0,00	0,43
Nitrogênio Total (mg/L)										
Mínimo	0,02	0,25	0,00	0,01	2,49	0,77	0,04	0,31	2,02	0,22
Máximo	4,04	3,17	0,05	7,83	6,37	2,77	1,25	1,37	2,19	3,84
Média	1,43	1,46	0,01	2,77	4,78	1,82	0,55	0,74	2,10	1,63
Mediana	0,84	1,25	0,00	1,20	5,08	1,84	0,56	0,72	2,10	0,83
DP	1,60	1,03	0,02	2,67	1,40	0,68	0,44	0,30	0,08	1,58
Fósforo Total (mg/L)										
Mínimo	0,007	0,010	0,013	0,020	0,019	0,014	0,015	0,023	0,189	0,010
Máximo	0,015	0,031	0,018	0,046	0,064	0,019	0,026	0,090	0,198	0,152
Média	0,010	0,017	0,016	0,028	0,029	0,017	0,019	0,039	0,194	0,061
Mediana	0,009	0,015	0,016	0,023	0,022	0,018	0,018	0,030	0,194	0,022
DP	0,003	0,006	0,002	0,009	0,014	0,002	0,004	0,022	0,005	0,064

Fosfato (mg/L)										
Mínimo	0,002	0,000	0,003	0,004	0,007	0,002	0,002	0,004	0,151	0,005
Máximo	0,007	0,014	0,011	0,022	0,010	0,004	0,007	0,043	0,177	0,107
Média	0,004	0,006	0,006	0,007	0,009	0,003	0,004	0,016	0,164	0,042
Mediana	0,003	0,005	0,005	0,006	0,009	0,003	0,005	0,011	0,164	0,015
DP	0,002	0,005	0,002	0,006	0,001	0,001	0,001	0,013	0,013	0,046
Sólidos Totais (mg/L)										
Mínimo	40,00	7,50	18,33	52,00	21,00	69,67	38,67	20,33	38,33	28,33
Máximo	104,00	31,33	32,67	104,00	81,00	215,00	103,33	144,33	115,00	68,33
Média	71,24	21,36	24,96	68,46	45,67	138,92	65,42	66,00	76,67	46,66
Mediana	73,33	22,25	24,00	60,50	38,17	134,50	62,34	54,33	76,67	43,33
DP	23,88	6,79	4,99	17,54	19,58	45,32	23,37	40,84	38,34	16,50
Sólidos Dissolvidos (mg/L)										
Mínimo	27,33	7,00	3,00	20,00	20,00	32,00	11,33	22,33	12,00	27,00
Máximo	78,67	30,00	25,00	60,00	46,00	125,00	39,33	68,66	62,00	36,00
Média	46,67	18,48	13,69	36,63	35,54	71,83	23,75	45,57	37,00	31,33
Mediana	37,33	16,85	16,25	36,67	35,84	68,84	23,34	49,00	37,00	31,00
DP	17,18	8,42	7,48	12,66	8,64	29,47	11,18	15,45	25,00	3,68
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)										
Mínimo	10,00	10,00	10,00	5,20	6,30	1,00	2,00	8,60	24196,00	108,10
Máximo	30,00	417,00	24196,00	26,20	63,80	17,10	21,60	146,70	24196,00	1413,10

Média	15,71	93,88	6059,00	14,99	21,74	6,99	9,25	50,44	24196,00	589,77
Mediana	10,00	36,00	10,00	13,30	13,30	4,10	9,60	29,50	24196,00	248,10
DP	7,28	131,45	10471,40	7,95	18,62	6,21	5,80	48,80	0,00	584,98
Coliformes Totais (NMP/100mL)										
Mínimo	158,00	131,00	24196,00	115,30	51,20	16,10	36,80	65,70	24196,00	24196,00
Máximo	1281,00	24196,00	24196,00	1299,70	1986,30	517,20	10146,20	1986,30	24196,00	24196,00
Média	410,14	18193,13	24196,00	662,60	470,86	155,14	1531,65	840,84	24196,00	24196,00
Mediana	309,00	24196,00	24196,00	670,05	175,90	127,05	361,60	579,40	24196,00	24196,00
DP	363,33	10397,32	0,00	364,46	629,33	146,80	3262,11	702,08	0,00	0,00
Alumínio (µg/L)										
Mínimo	159,50	275,50	319,00	32,50	330,00	460,00	94,50	437,50	1415,00	815,00
Máximo	401,00	713,50	599,00	454,10	724,00	815,55	192,90	2865,00	3120,00	1705,00
Média	260,43	410,44	411,69	193,99	521,25	592,86	145,85	1213,21	2267,50	1181,67
Mediana	240,00	390,80	382,25	186,30	493,50	583,90	148,00	800,00	2267,50	1025,00
DP	71,55	129,96	82,60	126,55	129,64	106,00	38,46	808,25	852,50	379,85
Cálcio (µg/L)										
Mínimo	155,50	205,00	195,00	151,00	184,50	235,50	208,00	181,50	1411,00	225,50
Máximo	914,00	801,00	412,00	324,00	381,00	333,50	350,50	950,00	3928,00	3050,00
Média	419,43	348,88	283,88	264,13	286,88	297,88	294,81	412,00	2669,50	1234,17

Mediana	469,00	242,00	234,50	301,50	291,50	304,50	313,75	229,00	2669,50	427,00
DP	246,67	196,02	91,06	63,20	63,35	28,00	56,47	306,65	1258,50	1286,62
Ferro (µg/L)										
Mínimo	172,50	178,00	167,00	34,10	69,00	28,00	16,75	226,00	607,20	269,00
Máximo	710,00	570,27	802,50	858,00	355,50	614,50	481,50	570,00	1179,59	561,60
Média	361,71	325,68	338,08	367,75	191,83	344,04	253,32	359,14	893,40	390,70
Mediana	282,00	292,75	310,50	361,00	162,45	431,50	261,00	327,00	893,40	341,50
DP	190,21	116,83	188,44	240,37	92,78	227,78	159,64	116,17	286,20	124,42
Magnésio (µg/L)										
Mínimo	49,90	66,70	64,85	49,10	83,60	95,60	63,45	63,60	237,55	56,35
Máximo	201,20	271,40	124,35	107,70	207,15	163,80	125,55	224,85	347,15	293,10
Média	99,59	108,53	93,48	79,08	146,06	127,34	96,29	108,82	292,35	136,17
Mediana	83,90	81,58	98,58	82,70	161,95	126,28	96,88	74,40	292,35	59,05
DP	53,21	64,93	20,74	20,49	39,25	19,20	20,01	61,23	54,80	110,97
Potássio (µg/L)										
Mínimo	256,00	559,00	525,50	424,00	60,00	488,00	566,00	680,50	1285,50	654,00
Máximo	884,00	973,00	721,00	524,00	798,00	732,50	641,00	1236,00	1431,00	1299,50
Média	673,86	646,50	596,38	473,50	532,93	620,19	610,63	874,93	1358,25	910,67
Mediana	767,50	598,50	590,00	471,00	556,00	622,50	610,50	821,50	1358,25	778,50

DP	202,75	129,11	57,08	28,92	215,74	74,80	22,53	195,64	72,75	279,61
Silício (µg/L)										
Mínimo	1353,00	1386,00	1147,00	1024,90	735,00	929,00	931,00	1840,00	2758,00	1898,50
Máximo	1561,00	1616,50	1476,00	1419,00	1070,00	1230,00	1363,00	2306,00	2926,50	2607,00
Média	1470,14	1473,94	1308,25	1206,86	893,38	1080,88	1107,88	2001,64	2842,25	2239,83
Mediana	1472,50	1425,00	1290,25	1172,00	901,50	1090,00	1080,50	1983,50	2842,25	2214,00
DP	68,06	93,42	109,02	130,28	113,59	106,47	137,58	141,99	84,25	289,82
Sódio (µg/L)										
Mínimo	499,00	572,00	503,00	437,00	348,00	543,00	473,00	405,00	3343,50	453,00
Máximo	1410,00	1720,00	956,00	529,00	638,00	850,00	568,00	2680,00	4306,50	4000,00
Média	808,86	824,31	673,81	487,63	471,94	600,25	503,63	1141,79	3825,00	1702,33
Mediana	709,00	606,00	620,00	493,50	449,50	563,00	499,00	610,50	3825,00	654,00
DP	357,99	381,41	150,02	26,74	84,78	95,65	29,95	946,10	481,50	1626,77
$IQA_{GP\text{-}QAT}$										
Mínimo	64,00	NR	58,00	72,00	75,00	82,00	79,00	60,00	43,00	55,00
Máximo	87,00	NR	85,00	87,00	85,00	91,00	89,00	80,00	56,00	68,00
Média	77,86	NR	73,00	79,00	80,38	86,00	84,13	73,71	49,50	62,33
Mediana	78,00	NR	74,50	78,50	81,00	86,00	84,50	77,00	49,50	64,00
DP	7,20	NR	7,45	5,27	3,35	3,28	3,10	6,84	6,50	5,44

ANEXO E – TABELA DA CROSTA TERRESTRE WEDEPOHL

	UC	LC	UC/LC		UC	LC	UC/LC		UC	LC	UC/LC
Si	303480	271330	1.1	**Ce**	65.7	53.1	1.2	**Yb**	1.5	2.5	0.60
Al	77440	82120	0.94	**Ni**	18.6	99	0.19	**U**	2.5	0.93	2.7
Fe	30890	57060	0.54	**Nd**	25.9	28.1	0.92	**Br**	1.6	0.28	5.7
Ca	29450	48600	0.61	**La**	32.3	26.8	1.2	**Ge**	1.4	(1.4)	1.0
Na	25670	21200	1.2	**Cu**	14.3	37.4	0.38	**Be**	3.1	1.7	1.8
Mg	13510	31550	0.43	**Co**	11.6	38	0.31	**Mo**	1.4	0.6	2.3
K	28650	13140	2.2	**Y**	20.7	27.2	0.76	**Eu**	0.95	1.6	0.59
Ti	3117	5010	0.62	**Nb**	26	11.3	2.3	**Ta**	1.5	0.84	1.8
C	3240	588	5.5	**Li**	22	13	1.7	**I**	1.4	0.14	10
P	665	872	0.75	**Sc**	7	25.3	0.28	**Ho**	0.62	0.99	0.63
Mn	527	929	0.57	**Ga**	14	17	0.82	**W**	1.4	0.6	2.3
S	953	408	2.3	**Pb**	17	12.5	1.4	**Tb**	0.50	0.81	0.62
Ba	668	568	1.2	**B**	17	5	3.4	**Tl**	0.75	0.26	2.9
F	611	429	1.4	**Th**	10.3	6.6	1.6	**Lu**	0.27	0.43	0.63
Cl	640	278	2.3	**Pr**	6.3	7.4	0.85	**Sb**	0.31	0.30	1.0
Sr	316	352	0.90	**Sm**	4.7	6.0	0.78	**Cd**	0.102	0.101	1.0
Zr	237	165	1.4	**Hf**	5.8	4.0	1.5	**Ag**	0.055	0.080	0.69
Cr	35	228	0.15	**Gd**	2.8	5.4	0.52	**Bi**	0.123	0.037	3.3
V	53	149	0.36	**Dy**	2.9	4.7	0.62	**Se**	0.083	0.170	0.47
Rb	110	41	2.7	**Sn**	2.5	2.1	1.2	**In**	0.061	0.052	1.2
Zn	52	79	0.66	**Cs**	5.8	0.8	7.3	**Hg**	0.056	0.021	2.7
N	83	34	2.4	**As**	2.0	1.3	1.5				

UC: Crosta Continental Superior

LC: Crosta Continental Inferior

UC/LC: Média da Crosta Superior e Inferior

ANEXO F –METAIS PRESENTE NO ICP-OES

METAL	METAL	METAL
Alumínio (Al)	Fósforo (P)	Platina (Pt)
Antimônio (Sb)	Gálio (Ga)	Potássio (K)
Arsênio (As)	Gadolínio (Gd)	Prata (Ag)
Bário (Ba)	Germânio (Ge)	Promécio (Pr)
Berílio (Be)	Háfnio (Hf)	Rênio (Re)
Bismuto (Bi)	Hólmio (Ho)	Ródio (Rh)
Boro (B)	Índio (In)	Rubídio (Rb)
Cálcio (Ca)	Irídio (Ir)	Rutênio (Ru)
Cádmio (Cd)	Itérbio (Yb)	Samário (Sm)
Cério (Ce)	Ítrio (Y)	Selênio (Se)
Césio (Cs)	Lantânio (La)	Silício (Si)
Cobalto (Co)	Lítio (Li)	Sódio (Na)
Cobre (Cu)	Lutécio (Lu)	Tálio (Tl)
Cromo (Cr)	Manganês (Mn)	Tântalo (Ta)
Chumbo (Pb)	Magnésio (Mg)	Térbio (Tb)
Disprósio (Dy)	Mercúrio (Hg)	Titânio (Ti)
Enxofre (S)	Molibdênio (Mo)	Tório (Th)
Érbio (Er)	Neodímio (Nd)	Túlio (Tm)
Escândio (Sc)	Nióbio (Nb)	Tungstênio (W)
Estanho (Sn)	Níquel (Ni)	Urânio (U)
Estrôncio (Sr)	Ósmio (Os)	Vanádio (V)
Európio (Eu)	Ouro (Au)	Zinco (Zn)
Ferro (Fe)	Paládio (Pd)	Zircônio (Zr)

ANEXO G – METAIS QUANTIFICADOS NO ICP - OES

METAL	**METAL**	**METAL**
Alumínio (Al)	Estrôncio (Sr)	Paládio (Pd)
Antimônio (Sb)	Ferro (Fe)	Prata (Ag)
Bário (Ba)	Fósforo (P)	Potássio (K)
Berílio (Be)	Germânio (Ge)	Rubídio (Rb)
Boro (B)	Itérbio (Yb)	Rutênio (Ru)
Cálcio (Ca)	Lítio (Li)	Silício (Si)
Cério (Ce)	Magnésio (Mg)	Sódio (Na)
Enxofre (S)	Manganês (Mn)	Tântalo (Ta)
Escândio (Sc)	Nióbio (Nb)	Titânio (Ti)
Érbio (Er)	Ouro (Au)	Urânio (U)