



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

LAIANE GERMANO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MAMANGUAPE NOS ANOS DE
2018 A 2023**

**JOÃO PESSOA – PB
2025**

LAIANE GERMANO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MAMANGUAPE NOS ANOS DE 2018
A 2023**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Química Industrial do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Rennio Felix de Sena
Coorientador: M.Sc. João Carlos de Miranda e Silva

**JOÃO PESSOA – PB
2025**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237a Santos, Laiane Germano Dos.

Avaliação da qualidade da água do rio Mamanguape nos anos de 2018 a 2023 / Laiane Germano Dos Santos. - João Pessoa, 2025.

53 f.

Orientação: Prof Dr Rennio Felix de Sena Sena.

Coorientação: MSc João Carlos de Miranda e Silva Silva.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Água. 2. análises físico-químicas. 3. análises microbiológicas. 4. rio Mamanguape. 5. IQA. I. Sena, Prof Dr Rennio Felix de Sena. II. Silva, MSc João Carlos de Miranda e Silva. III. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 66.01(043.2)

LAIANE GERMANO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MAMANGUAPE NOS ANOS DE
2018 A 2023.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Química Industrial do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, como parte dos requisitos obrigatórios, para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em 05/05/2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br **RENNIO FELIX DE SENA**
Data: 05/05/2025 16:06:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rennio Felix de Sena
Orientador – DEQ/UFPB

Documento assinado digitalmente
gov.br **JOAO CARLOS DE MIRANDA E SILVA**
Data: 05/05/2025 17:19:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

M.Sc. João Carlos de Miranda e Silva
Coorientador – CMA/SUDEMA/PB

Documento assinado digitalmente
gov.br **FRANKLIN PESSOA AGUIAR**
Data: 05/05/2025 16:09:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Franklin Pessoa Aguiar
1º Examinador – DEQ/UFPB

Documento assinado digitalmente
gov.br **LUCAS ARAUJO TRAJANO SILVA**
Data: 05/05/2025 22:00:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

M.Sc. Lucas Araújo Trajano Silva
2º Examinador – CMA/SUDEMA/PB

JOÃO PESSOA – PB
2025

As minhas queridas avós, vovó Nely e Maria,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele nada seria possível, ele que me deu forças, sabedoria, calma e resiliência durante todos esses anos, a caminhada não foi fácil e, sem ele, não seria possível.

Aos meus pais, Valdilene Germano e Aduino Rodrigues, que estiveram comigo durante toda a minha jornada acadêmica e acreditaram no meu potencial, me ajudando de todas as formas, torcendo, vibrando com minhas conquistas e me dando todo o suporte necessário para que eu chegasse até aqui. Sem eles, nada seria possível.

A minha família, que sempre torceu por mim, tias, tios, irmão, primos, sobrinho e cunhada, em especial a minha Tia China, que sempre se preocupou comigo e me ajudou de várias formas.

Aos meus amigos, muitos, hoje não tenho mais contato, mas, durante meu percurso torceram e vibraram com minhas conquistas, em especial Rayssa Rodrigues, minha amiga de infância que mesmo de longe, se fez presente e Maria Evelyn minha amiga da adolescência que mesmo longe sempre esteve comigo. E, também, aos amigos que fiz na UFPB e em João Pessoa, que tornaram o dia a dia mais leve e feliz.

Aos meus vizinhos de cidade, que sempre perguntavam por mim e torciam pelo meu sucesso.

É um agradecimento mais que especial às minhas avós Maria Firmino e Maria Nely, que sempre me deram todo o amor. Elas, não estão mais aqui comigo, mas sempre cuidaram de mim com o maior amor do mundo, em todas as minhas idas e voltas sempre oravam por mim e sempre entregavam a minha vida a Deus. Tudo que sou, também, é graças a essas mulheres incríveis que estiveram comigo em todos os momentos da minha vida. Agora, ao lado do senhor elas estão, e em todos os momentos da minha vida.

A Matheus, pela escuta e partilha dos momentos felizes e tristes e pelo apoio durante o ano mais difícil da minha vida. A Gabi, por me acompanhar nesse meu final de curso, pela escuta, amizade e companheirismo no dia a dia e, por ter estendido a mão nesses últimos anos.

A minha equipe de trabalho na SUDEMA, pelos dias felizes, pelos sorrisos e trabalhos compartilhados. Em especial a Talita, que também não se encontra mais presente, mas foi uma amiga e companheira incrível e esse tema foi graças a ela. A minha equipe de trabalho na São Braz pela torcida pela minha conclusão e por tornarem os meus dias mais felizes e menos exaustivos.

Ao meu orientador Rennio Felix de Sena, pela compreensão e paciência e suporte. Ao meu coorientador, João, também pela compreensão, paciência e suporte dado durante o trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram diretamente e indiretamente para que esse momento acontecesse, meus sinceros agradecimentos, essa vitória, é nossa!

RESUMO

A água é um elemento essencial para a manutenção da vida. O seu uso descontrolado e irracional pode acarretar diversos problemas ambientais. A realização do monitoramento dos recursos naturais, como por exemplo, análises físico-químicas e microbiológicas é um importante indicativo a respeito da qualidade de um corpo hídrico. O rio Mamanguape, tem grande importância no contexto socioambiental e econômico. Sendo o principal local no Nordeste em que há o desenvolvimento de espécies de peixes-bois-marinhas (*Trichechus manatus*) mamífero aquático mais ameaçado de extinção no Brasil. A descarga de poluentes nos corpos de água, decorrente das atividades dos setores produtivos, primário, secundário e dos serviços públicos, foi considerada como a causa principal de problemas ecológicos no Rio Mamanguape. O presente trabalho, teve como objetivo, avaliar a qualidade da água do Rio Mamanguape, a partir dos dados oficiais da Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba (SUDEMA). Para as análises e coletas da água do Rio Mamanguape foram escolhidos 3 pontos, o MM01, MM02 e MM03. As análises, seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Na construção do trabalho, utilizou-se de dados obtidos de análises físico-químicas e microbiológicas das águas do Rio Mamanguape, dos anos de 2018 a 2023, realizadas na coordenação de medições ambientais, CMA, da Superintendência de Administração do Meio Ambiente, SUDEMA. Sendo assim, a partir dos parâmetros de pH, DBO, OD, turbidez, condutividade, SDT, temperatura e coliformes obtidos durante as análises do período de 2018 a 2023, foi possível comparar a conformidade ou não com a Resolução CONAMA 357/2005 e, assim, obter os gráficos com os valores do IQA da água do Rio Mamanguape, a partir desses gráficos gerados e dos resultados obtidos, a qualidade da água do Rio Mamanguape foi enquadrada como boa, durante os 6 anos de análise.

PALAVRAS-CHAVE: Água; análises físico-químicas; Análises microbiológicas; rio Mamanguape; IQA.

ABSTRACT

Water is a fundamental element for sustaining life. Its uncontrolled and irrational use may lead to a range of environmental issues. Monitoring natural resources, such as physical-chemical and microbiological analysis, is an important indicator of the quality of a body of water. The Mamanguape River is of great importance in the socio-environmental and economic context. It is the main location in the Northeast for the development of species of manatees (*Trichechus manatus*), the most endangered aquatic mammal in Brazil. The discharge of pollutants into the water bodies, resulting from the activities of the productive sectors, primary, secondary and public services, was considered to be the main cause of ecological problems in the Mamanguape River. The aim of this study was to assess the water quality of the Mamanguape River, based on official data from the Paraíba State Superintendence of Environmental Administration (SUDEMA). Three points were chosen for the analysis and collection of water from the Mamanguape River: MM01, MM02 and MM03. The analysis followed the methodology of the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The study used data obtained from physicochemical and microbiological analyses of the waters of the Mamanguape River, from 2018 to 2023, carried out by the Coordination of Environmental Measurements (CMA) of the Superintendence of Environmental Administration (SUDEMA). Thus, based on the parameters of pH, DBO, OD, turbidity, conductivity, SDT, temperature and coliforms obtained during the analyses from 2018 to 2023, it was possible to compare whether or not they complied with CONAMA Resolution 357/2005 and thus obtain graphs with the IQA values of the Mamanguape River water. Based on these graphs generated and the results obtained, the water quality of the Mamanguape River was classified as good during the 6 years of analysis.

KEYWORDS: Water; physical-chemical analysis; microbiological analysis
Mamanguape; River; IQA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Divisão Hidrográfica Nacional	16
Figura 2: Unidades hidrográficas e principais cidades da RH Atlântico Nordeste Oriental	17
Figura 3 : Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba	19
Figura 4 : Escala de pH.....	24
Figura 5 : Curvas médias da Variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do Fonte: Apêndice D - índice de Qualidade das águas (2017)	30
Figura 6 : Bacias Hidrográficas do Rio Mamanguape e Miriri.....	32
Figura 7 : Pontos de coleta das águas do Rio Mamanguape	33
Figura 8 : Valores de pH compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.....	34
Figura 9 : Valores de turbidez compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.....	35
Figura 10: Valores de condutividade compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.....	36
Figura 11: Valores de SDT compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.....	37
Figura 12 : Valores de cor compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.....	38
Figura 13 : Valores de coliformes compreendidos entre os anos de 2018 a 2023 dos pontos de coleta.....	39
Figura 14 : Valores de DBO compreendidos entre os anos de 2018 a 2023 dos pontos de coleta.....	40
Figura 15 : Valores de OD compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.....	41
Figura 16 : Gráfico do IQA em relação aos anos de 2018 a 2020	43
Figura 17 : Gráfico do IQA em relação aos anos de 2021 a 2023	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Bacias hidrográficas e suas áreas	16
Tabela 2: Padrões de dureza da água.....	24
Tabela 3: Classificação do IQA.....	30
Tabela 4: Coordenadas dos pontos de coleta	33
Tabela 5: Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do IQA.....	42
Tabela 6: Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do IQA meses de março e dezembro de 2020	42
Tabela 7: Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do IQA em agosto de 2023	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Enquadramento dos corpos D'água da Bacia do Rio Mamanguape
--

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CMA - Coordenadoria de Medições Ambientais

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

IQA - Índice de Qualidade da Água

uT - Unidade de Turbidez

OD - Oxigênio Dissolvido

pH - Potencial Hidrogeniônico

SELAP- Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras

SDT - Sólidos Dissolvidos Totais

UFC - Unidade Formadora de Colônia

SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente

UFC - Unidade Formadora de Colônias

APA - Área de Proteção Ambiental

ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico

DZS – Diretrizes

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivos gerais.....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	A Importância da Água para a Vida e o Desenvolvimento das Civilizações	13
3.2	Bacias Hidrográficas	14
3.2.1	Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.....	15
3.2.2	Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba	16
3.2.3	Bacias Hidrográficas do Litoral Norte	17
3.3	Lei das Águas nº 9433/97.....	18
3.4	Enquadramento dos corpos d'água em classes	19
3.5	Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho 1986 e as Diretrizes do Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SELAP)	19
3.6	Dzs 206 - Enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do rio Mamanguape	20
3.7	Parâmetros de Qualidade da Água	21
3.7.1	Parâmetros Físicos	21
3.7.1.1	Cor.....	21
3.7.1.2	Turbidez.....	21
3.7.1.3	Condutividade elétrica.....	22
3.7.1.4	Temperatura.....	22
3.7.2	Parâmetros Químicos.....	23
3.7.2.1	pH.....	23
3.7.2.2	Alcalinidade	23
3.7.2.3	Acidez	24
3.7.2.4	Dureza.....	24
3.7.2.5	Oxigênio Dissolvido.....	25
3.7.2.6	Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	25
3.7.2.7	Fosfóro total	25
3.7.2.8	Nitrogênio	26
3.7.3	Parâmetros Biológicos.....	26
3.7.3.1	Coliformes totais.....	26

3.7.3.2	Coliformes termotolerantes.....	27
3.8	Índice de Qualidade da água (IQA).....	27
3.9	Área de estudo	29
4	METODOLOGIA	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
5.1	Potencial Hidrogeniônico	33
5.2	Turbidez.....	34
5.3	Condutividade	35
5.4	Sólidos Totais Dissolvidos.....	36
5.5	Cor.....	37
5.6	Coliformes	38
5.7	Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	39
5.8	Oxigênio Dissolvido.....	40
5.9	Cálculo do IQA.....	41
6	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A.....	50
	APÊNDICE B.....	51

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a manutenção da vida. O seu uso descontrolado e a sua utilização de forma irracional, traz consigo diversos problemas ambientais. A qualidade da água é resultado de fenômenos naturais e da ação humana (Sperling, 2005).

A crescente urbanização e industrialização de algumas regiões têm, como uma de suas consequências, a degradação do meio ambiente devido a interferência antrópica, acarretando assim, a diminuição da disponibilidade e qualidade da água do nosso planeta (Cetesb, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

De acordo com Baugarten; Potzzo (2021), a verificação da qualidade da água pode ser obtida utilizando-se de amostragens das águas de corpos hídricos, assim como, a partir da interferência de efluentes neles lançados, da biota, ou dos sedimentos submersos e em suspensões.

A realização do monitoramento dos recursos naturais, como por exemplo, análises físico-químicas e microbiológicas é um importante indicativo a respeito da qualidade de um corpo hídrico (Moret; Bianchessi, 2012). Sendo assim, a partir dos resultados obtidos através dos parâmetros analisados, será verificado a conformidade ou desconformidade com a legislação. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes”.

Segundo Sperling (2005), a qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, os quais a caracterizam. Dentre alguns parâmetros físicos, temos a cor, turbidez, temperatura, sabor e odor; já os químicos, pH (acidez e alcalinidade), dureza, cloretos, fósforo, nitrogênio, ferro, manganês, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO); e, os biológicos, como exemplo, os coliformes totais.

Devido a importância dos recursos hídricos para a manutenção de um ambiente sustentável, da preservação ecológica e do turismo de algumas regiões, visto que, a poluição dessas fontes naturais é um dos maiores problemas ambientais atuais, a bacia hidrográfica do rio Mamanguape é uma Unidade de Conservação e está localizada no Estado da Paraíba, fazendo parte de uma Área de Preservação Ambiental (APA) e Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE).

O rio Mamanguape, tem grande importância no contexto socioambiental e econômico. Sendo o principal local no Nordeste em que há o desenvolvimento de espécies de peixes-bois-marinheiros (*Trichechus manatus*) mamífero aquático mais ameaçado de extinção no Brasil (Luna *et al.*, 2010).

A descarga de poluentes nos corpos de água, decorrente das atividades dos setores produtivos, primário, secundário e dos serviços públicos, foi considerada como a causa principal de problemas ecológicos, que retrata o uso não sustentável da água, segundo o Perfil Ecológico da APA da Barra do Rio Mamanguape (Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2005).

Diante desses problemas ambientais, surge a necessidade de realizar um gerenciamento desses recursos, para, assim, acompanhar e verificar os impactos ambientais gerados na região. Portanto, através deste trabalho, será possível realizar o levantamento de dados das séries históricas dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos durante os anos de 2018 a 2023 da água do rio Mamanguape, a fim de verificar como está a qualidade da água do rio ao longo dos anos e, assim, associar com as possíveis causas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Avaliar a qualidade da água do Rio Mamanguape, a partir dos dados oficiais da Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba (SUDEMA).

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a série dos dados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de 2018 a 2023 do rio Mamanguape, fornecidos pela SUDEMA.
- Comparar os valores dos parâmetros de qualidade da água dos pontos escolhidos durante os monitoramentos dos períodos, com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

- Relacionar os pontos que estejam com a qualidade da água comprometida, com as possíveis causas.
- Calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA), dos dados históricos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Importância da Água para a Vida e o Desenvolvimento das Civilizações

A água é fonte de vida. Todos os seres vivos dependem dela para a sua sobrevivência, ela é um bem universal. Segundo Souza (2012), além da importância para as diferentes formas de vida, ela também é a principal constituinte para o ciclo da natureza, economia e manutenção dos ecossistemas. Para Tundisi (2003), a água sempre foi essencial para o desenvolvimento econômico, sendo utilizada para diversos fins, como uso doméstico, industrial, irrigação, hidroeletricidade.

Sperling (2005), atribui a água os seus principais usos, como exemplo: abastecimento, preservação da fauna e flora, recreação e lazer, harmonia paisagística, aquicultura, entre outras utilidades. De acordo com Assis, 1998:

A água constitui um dos compostos de maior distribuição e importância na crosta terrestre. Sua importância para a vida está no fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem a sua ação direta ou indireta. Foram suas propriedades anômalas, comparando com outros compostos, que possibilitaram o surgimento e a manutenção da vida na Terra.

Segundo Libânio (2010), a relação da água com o homem data tempos imemoriais, pois a partir dessa relação, foi possível o desenvolvimento das civilizações. Carlos, 1994, descreve:

A história nos revela que em geral os homens se estabelecem onde a água é abundante - junto aos lagos e rios. As primeiras grandes civilizações surgiram nos vales de grandes rios - vale do Nilo no Egito, vale do Tigre-Eufrates na Mesopotâmia, vale do Indo no Paquistão, vale do rio Amarelo na China. Todas essas civilizações construíram grandes sistemas de irrigação, tornaram o solo produtivo e prosperaram. Essas civilizações desmoronaram quando o abastecimento de água se extinguiu ou foi mal aproveitado.

A água é um bem renovável, contudo, a população está se desenvolvendo rapidamente e, por consequência, pode resultar em um estresse hídrico (Serra, Quinzane, 2002). Segundo Rosa e Eugênia *et al.*, (2014), o homem não apenas utiliza da água para uso pessoal, mas, também, é utilizada com o objetivo socioeconômico. A sua qualidade é indispensável para o uso a que se destina,

entretanto, devido às ações naturais e antrópicas, ele torna-se reduzido, uma vez que, tem-se a diminuição da quantidade e qualidade desses recursos naturais.

3.2 Bacias Hidrográficas

Segundo Tucci (1997), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água de precipitação, no qual direciona-se para um único lugar de saída, denomina-se, esse local, de exultório, sendo formada por um rio principal e seus afluentes.

Ainda de acordo com Tucci (1997), as bacias hidrográficas podem ser consideradas como sistemas físicos, sendo a entrada o volume de água proveniente da chuva e a saída o volume de água escoado pelo exultório. Para Porto (2008), sobre o território o qual é denominado bacia hidrográfica, são desenvolvidas atividades humanas, áreas de preservação urbanas, industriais e agrícolas.

Por meio da Resolução n ° 32, de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) foi definida a divisão Hidrográfica Nacional em regiões hidrográficas, tais como: Região Hidrográfica Amazônica, Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, Região Hidrográfica do Parnaíba, Região Hidrográfica Atlântico e Nordeste Oriental, Região Hidrográfica do Tocantins/ Araguaia, Região Hidrográfica Atlântico Leste, Região Hidrográfica do São Francisco, Região Hidrográfica do Paraguai, Região Hidrográfica do Paraná, Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, Região Hidrográfica do Uruguai e Região Hidrográfica do Atlântico Sul, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Divisão Hidrográfica Nacional



Fonte: Resolução Nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (2003)

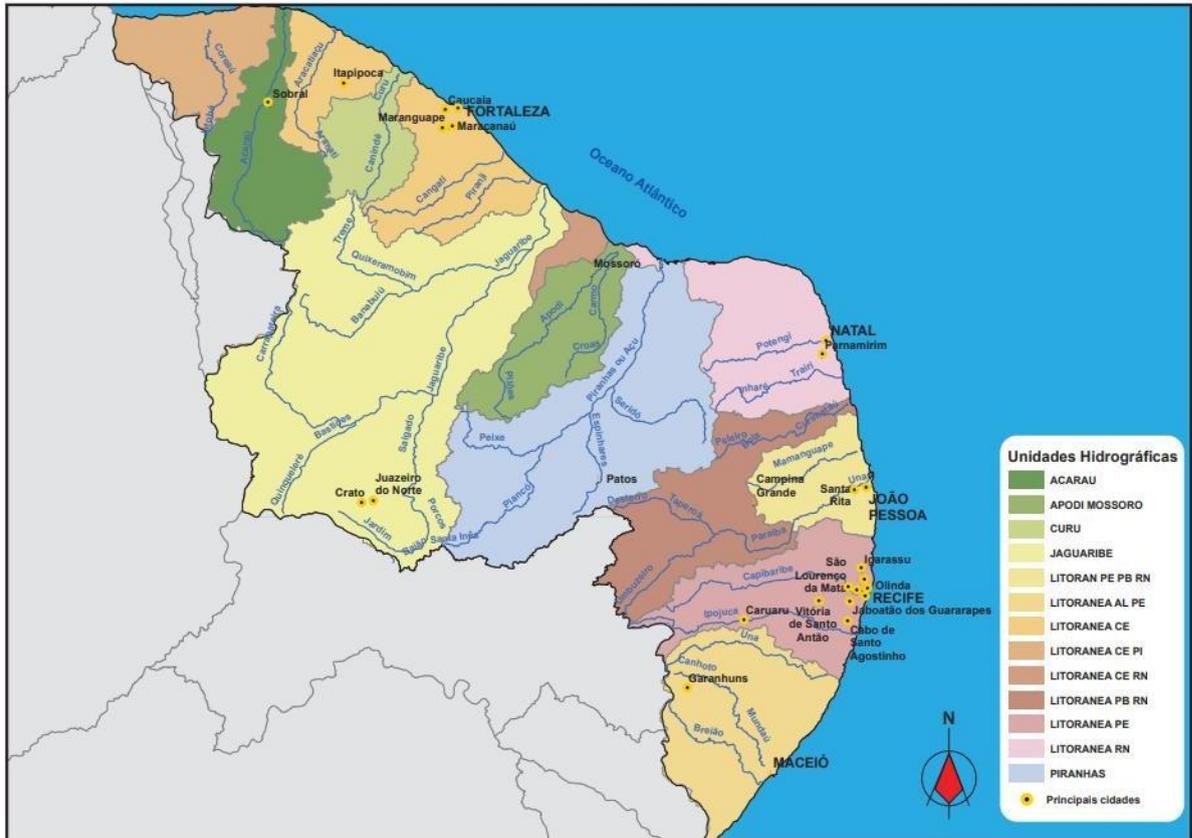
3.2.1 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental

A região do Atlântico Nordeste Oriental abrange seis estados, sendo eles: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas (Ana, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, s.d). Ana, (2015, p.53) afirma que a região “ possui uma área de cerca de 286.800 km² (3,4% do território nacional), abrangendo 874 municípios (destes, 739 possuem suas sedes na RH) e 6 unidades da federação”.

Caracteriza-se por fazer parte do semiárido e, segundo Carlos *et al.*, (2010):

Semiárido brasileiro, caracteristicamente, apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, em média, de três a quatro meses, apresentando volumes de água insuficientes em seus mananciais para atendimento das necessidades da população.

Figura 2 - Unidades hidrográficas e principais cidades da RH Atlântico Nordeste Oriental



Fonte: Ana – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2015)

Ainda segundo Ana (2015), por fazer parte do semiárido, os rios ali presentes, apresentam-se com baixa disponibilidade hídrica, sendo classificados críticos qualitativamente e quantitativamente. Por ser uma região na qual apresenta rios perenes, sazonalidade dos períodos chuvosos e da seca, além de baixa autodepuração dos rios, a qualidade da água diminui.

A zona litorânea é a mais afetada devido ao aumento das metrópoles, sendo o despejo de esgotos domésticos, retirada das vegetações dos manguezais e acúmulo de resíduos sólidos em rios e mangues, os principais fatores para a aceleração da degradação desses corpos hídricos.

3.2.2 Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba

O Estado da Paraíba possui onze bacias hidrográficas, sendo elas: Rio Paraíba; Rio Abiaí; Rio Gramame; Rio Miriri; Rio Mamanguape; Rio Camaratuba; Rio

Guaju; Rio Piranhas; Rio Curimataú; Rio Jacu; e Rio Trairi. (Aesa, Agência Executiva de Gestão das Águas, 2016). Na Tabela 1, é possível observar as bacias hidrográficas, com as suas respectivas áreas. Sendo, as bacias do Rio Paraíba, Piranhas e Mamanguape as três maiores bacias do estado.

Tabela 1 - Bacias hidrográficas e suas áreas.

Bacia Hidrográfica	Area (Km²)
Rio Trairi	106,08
Rio Guaju	152,62
Rio Miriri	436,19
Rio Abiaí	585,51
Rio Gramame	589,38
Rio Camaratuba	637,16
Rio Jacu	977,31
Rio Curimataú	3313,58
Rio Mamanguape	3522,69
Rio Piranhas	26047,49
Rio Paraíba	20071,83

Fonte: Adaptada da Aesa (2016)

3.2.3 Bacias Hidrográficas do Litoral Norte

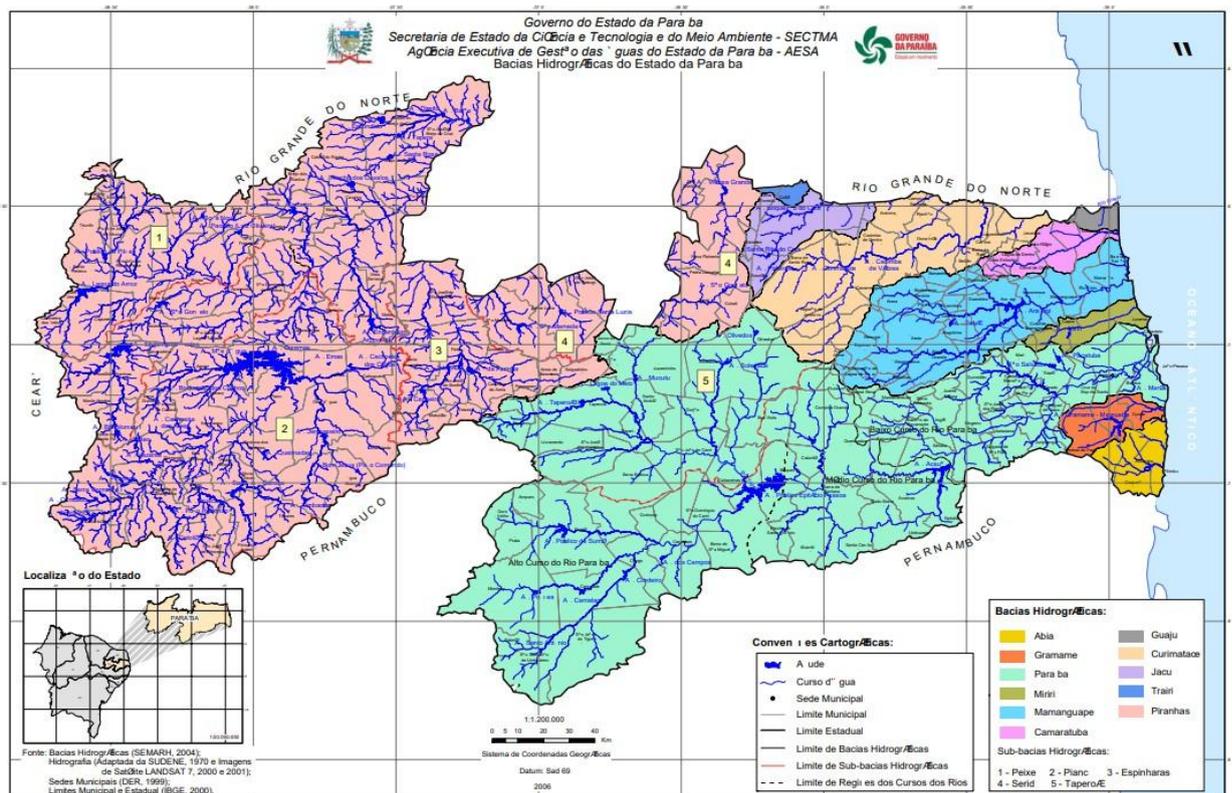
As bacias hidrográficas do Litoral Norte são compostas pelos rios Mamanguape, Camaratuba e Miriri, Figura 3. De acordo com a Aesa, (s.d):

Estas Bacias Hidrográficas são caracterizadas por uma série de conflitos relacionados à degradação das próprias bacias, como a supressão de mata ciliar, assoreamento dos rios principais, monocultura de cana-de-açúcar e presença de olarias nas margens dos rios, entre outros.

Então, através do Decreto nº 27.561, de 04 de setembro de 2006, foi criado o Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte (CBH - Litoral Norte) e, ainda segundo Aesa, (s.d) o comitê é:

“órgão colegiado, de caráter consultivo e deliberativo que compõe o Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, com atuação nas bacias hidrográficas dos rios Mamanguape, Camaratuba e Miriri.”

Figura 3 - Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba



Fonte: Aesa (2024)

3.3 Lei das Águas nº 9433/97

Criada em 8 de janeiro de 1997, para garantir o direito de toda a população brasileira o acesso à água em quantidade e qualidade e, melhorar a sua gestão, a Lei das Águas baseou-se nos seguintes fundamentos, de acordo com o Art.1º:

- I - A água é um bem de domínio público;
- II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Além dos objetivos e fundamentos, a Lei das Águas dispõe sobre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como o inciso II, do Art.5º: “o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água”. Ou seja, o instrumento visa indicar a meta da qualidade do corpo d’água a partir da classificação por tipo de utilização a qual se destina (Souza; Garcia; Carvalho, 2019).

3.4 Enquadramento dos corpos d’água em classes

O enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento, pois deve tomar como base os níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade e não apenas a condição atual do corpo d’água em questão (Ana, s.d).

O Processo de enquadramento, classifica os corpos d’água em classes a partir dos seus usos. Então, cada classe possui parâmetros de qualidade a serem seguidos de acordo com a legislação vigente (Souza; Garcia; Carvalho, 2019).

3.5 Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho 1986 e as Diretrizes do Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SELAP)

A Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território brasileiro. Águas Doces são as águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, águas salobras, apresentam a salinidade variando entre 0,5 ‰ e 30 ‰ e as águas salinas possuem salinidade igual ou superior a 30 ‰.

De acordo com o Art. 1º, as águas: “ São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional” e, através dela, a SELAP baseou suas diretrizes (DZS). As Normas do

Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras, elaboradas pela SUDEMA, teve por objetivo, classificar as águas do Estado, assim como, enquadrá-las.

DZS 201/1988: Classificação das águas do interior do Estado;

DZS 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210/1988: Enquadramento dos Corpos D'Água das Bacias Hidrográficas do Rio Piranhas, Rio Paraíba, Rio Mamanguape, Rio Curimataú, Litoral Norte e Zona da Mata, Jacú, Trairi.

3.6 DZS 206 - Enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do rio Mamanguape

A DZS 206, objetivava enquadrar os corpos de água do rio Mamanguape segundo a classificação prevista na DZS 201. Em 23 de Março de 1988, foi aprovado em reunião, o seguinte enquadramento, Quadro 1.

Quadro 1 - Enquadramento dos corpos D'água da Bacia do Rio Mamanguape

Bacia do Rio Mamanguape	
Corpo D'Água	Classe
Rio Mamanguape e seus afluentes da nascente até o encontro com o rio Araçaji, exclusive.	2
Lagoa do Paó	3
Rio Araçaji e seus afluentes da nascente até o encontro com o rio Mamanguape.	2
Rio Mamanguape e seus afluentes do encontro com o rio Araçaji até a confluência do rio seco, inclusive.	2
Rio Mamanguape, do encontro com o rio seco, até o desague no mar.	3
Afluentes do rio Mamanguape, exceto rio Tinto, do encontro com o rio seco, até o desague no mar.	2
Rio Tinto e afluentes, da nascente até o encontro, com o riacho Catolé, inclusive.	1
Rio Tinto e afluentes, da nascente até o desague no rio Mamanguape.	2

Fonte: Adaptado SUDEMA (1988)

Entretanto, a Resolução CONAMA n° 20 de 1986, foi revogada pela Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005, havendo assim, mudanças no enquadramento dos corpos hídricos. Portanto, a Resolução n° 357/2005 “ dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.”

3.7 Parâmetros de Qualidade da Água

A qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros de qualidade, esses parâmetros permitem traduzir as principais características físicas, químicas e biológicas dos corpos hídricos.

3.7.1 Parâmetros físicos

3.7.1.1 Cor

Para Libânio (2010), a cor da água se dá através da reflexão da luz em partículas menores, essas partículas são coloides, podendo ser, de origem orgânica, provenientes da decomposição de vegetais e microrganismos presentes no solo. Assim como, a partir da atividade do homem, origem antropogênica, como despejo de efluentes domésticos, industriais, da lixiviação das vias urbanas e dos solos agricultáveis.

Sperling (1995), descreve que essa cor pode ser distinguida em cor aparente e cor verdadeira. A cor aparente, leva-se em consideração uma parcela oriunda da turbidez da água, já a cor verdadeira, é obtida quando remove-se essa cor aparente por centrifugação, essa cor é expressa em Unidade Hazen (uH).

3.7.1.2 Turbidez

Segundo Ritcher e Azevedo Netto (1991), a turbidez da água pode ser conferida a partir de partículas grosseiras em suspensão, os coloides, a depender do grau de turbulência e é expressa em Unidades de Turbidez (uT). Devido à presença dessas

partículas há uma dificuldade na dispersão e absorção da luz, conferindo-a uma aparência turva.

Essa turbidez pode ser atribuída a presença de fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos, matéria orgânica e inorgânica particulada. E, além disso, devido a precipitação de carbonato de cálcio para águas duras, óxido de ferro e de compostos de alumínio em águas tratadas (Libânio, 2010). Sperling (1995), também explica que a turbidez pode prejudicar a fotossíntese nos Corpos D'Água devido à dificuldade de penetração da luz.

3.7.1.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais minerais presentes na água, quanto maior, maior a condutividade, quanto menor, menor ela será, seus valores são expressos em micro Siemens ($\mu\text{S cm}^{-1}$). Compreende-se como, a capacidade da água natural de transmitir corrente elétrica, em função da presença de substâncias que estão dissolvidas e dissociam-se na forma de ânion e cátion, como os íons de ferro, manganês, magnésio, potássio, sódio.

Constitui-se, um importante indicador de eventual lançamento de efluentes, pois relaciona-se com as concentrações de sólidos dissolvidos totais (Vasconcelos, *et al.*, 2019).

3.7.1.4 Temperatura

Sperling (2005) e Pinto (2007), atribui a definição da temperatura como, a medição da intensidade de calor. Pinto (2007), também descreve que, uma das escalas mais utilizadas para expressar a temperatura é o grau centígrado ou grau Celsius ($^{\circ}\text{C}$). E, ainda segundo Sperling (2005):

Elevações de temperatura aumentam as taxas de reações químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura).

Elevações de temperatura diminuem a solubilização dos gases (ex.: oxigênio dissolvido).

Elevações da temperatura aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis).

3.7.2.3 Acidez

Contraopondo à alcalinidade, a acidez é a capacidade de íons H^+ de neutralizarem bases, além de evitar, grandes variações de pH (Libânio, 2010). Essa acidez, se dá principalmente através da presença de gás carbônico livre e, tal qual a alcalinidade, é expressa em (mg/L de $CaCO_3$). Podendo ser de origem natural, a partir da decomposição da matéria orgânica e do CO_2 absorvido da atmosfera e de origem antropogênica, a partir de despejos de efluentes industriais (Sperling, 2005).

3.7.2.4 Dureza

Refere-se à concentração de íons multivalentes, principalmente o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}), que, em condições de supersaturação, reagem com os ânions na água e formam precipitados. A dureza da água atribui a ela algumas características, por exemplo, a dificuldade de produzir espuma, incrustações em tubulações, caldeira (Sperling, 2005). Portanto, essa água é chamada de “água dura”, pois apresenta uma elevada concentração dos íons de cálcio e magnésio.

Libânio (2010), também descreve a dureza da água, podendo ser classificada como dureza de carbonato ou não permanente, sensível ao calor, em que há a precipitação do carbonato com a elevação da temperatura. E a dureza de não carbonato, a permanente, pois não pode ser reduzida com o aumento da temperatura e, por isso, resulta na presença dos íons metálicos. A dureza é expressa em mg/L de equivalente de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). A dureza pode ser definida a partir da Tabela 2.

Tabela 2 - Padrões de dureza da água	
Dureza	Concentração em mg/L de $CaCO_3$
Mole ou branda	< 50 mg/L
Moderada	entre 50 mg/L e 150 mg/L
Dura	150 mg/L e 300 mg/L
Muito dura	> 300 mg/L

Fonte: Libânio (2010)

3.7.2.5 Oxigênio Dissolvido

É um dos principais parâmetros para o controle dos níveis de poluição das águas. Águas supersaturadas, indica a presença de vegetais fotossintéticos e, baixos valores de oxigênio dissolvido, pode indicar uma possível contaminação do corpo d'água por esgotos, ou seja, nessa água, há uma quantidade elevada de organismos aeróbios que utilizam de grande concentração de oxigênio em seus processos respiratórios e, por isso, a quantidade de O₂ disponível diminui, dependendo da sua disponibilidade, vários seres vivos podem morrer (Zepka Baumgarten; Andréa Pozza, 2021).

Segundo o Cetesb (s.d), as variações de oxigênio dissolvido na água vão depender da pressão atmosférica (altitude) e da temperatura do meio. As águas em menores temperaturas apresentam uma maior capacidade de dissolver o oxigênio, entretanto, a água em menor pressão atmosférica, na qual apresenta uma maior altitude, o oxigênio tem menor solubilidade.

3.7.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO), refere-se, à quantidade de oxigênio consumida durante um período de 5 dias a uma temperatura de 20° C, a qual é denominada DBO_{5,20} (Cetesb, 2018), isto é, é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através da decomposição microbiana aeróbia, em uma temperatura e tempo específico (Budeiz; Aguiar, 2019). A DBO só mede a matéria orgânica biodegradável e, seus valores alterados, são causados principalmente por despejos de esgotos domésticos e industriais.

3.7.2.7 Fósforo total

Constitui-se como um dos nutrientes mais importantes nos processos biológicos. Apresenta-se na água em três formas diferentes: fosfatos orgânicos, o qual compõem as moléculas orgânicas, ortofosfatos, radicais que se combinam com sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, polímeros de ortofosfatos (Cetesb, 2018). Tem como origem natural a dissolução de compostos nos solos e a decomposição da

matéria orgânica. Em contrapartida, possui origem antropogênica, a partir dos despejos de efluentes domésticos e industriais, detergentes, pesticidas entre outros (Sperling, 1996).

3.7.2.8 Nitrogênio

O nitrogênio pode ser encontrado em diversas formas: nitrogênio molecular, orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. O nitrogênio orgânico e amoniacal, geralmente é proveniente de despejos de esgotos sanitários e efluentes industriais, tal como, oriundo da atmosfera, devido às bactérias e algas que, através do processo de biofixação, absorvem o nitrogênio atmosférico nos seus tecidos. Ademais, a fixação química também contribui para a presença de amônia e nitrato nos corpos hídricos, provenientes da chuva que os transportam.

Posto isto, a degradação e/ou estágio de poluição de um corpo hídrico pode ser medido através das formas existentes de nitrogênio. Se a amostra da água poluída a qual foi coletada, apresentar a forma reduzida do nitrogênio, indica que a fonte de poluição se encontra nas proximidades, já se predominar o nitrito e o nitrato, essa fonte encontra-se distante (Cetesb, 2018).

3.7.3 Parâmetros biológicos

3.7.3.1 Coliformes totais

São bactérias que habitam o trato intestinal de animais de sangue quente, indica, portanto, contaminação de uma amostra de água por fezes, (Libânio, 2010) e, a presença de organismos causadores de doenças (Ritcher, 2009). Os coliformes totais são bactérias gram negativas em forma de bacilo que fermentam a lactose a uma temperatura de 35 a 37° C, produzindo ácido ou aldeído, durante um período de 24 horas, dentre os coliformes totais, tem-se: *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Adina Larrea; María Rojas; *et.al*, 2012).

3.7.3.2 Coliformes termotolerantes

Ainda de acordo com Libânio (2010), os coliformes tolerantes são assim classificados por fermentarem a lactose em altas temperaturas, $44,5 \pm 0,2$ ° C dentro de 24 horas. A principal representante do grupo de coliformes termotolerantes é a *Escherichia*, *Citrobacter*. *Klebsiella* e *Enterobacter* também representam o grupo, mas, são encontradas com menor frequência tendo a suas principais fontes, solo, água e plantas. A bactéria *Escherichia E.coli*, produz a a enzima (3-glucorinidase), o que diferencia das demais, além disso, apresenta elevada concentração em fezes humanas e de animais. Portanto, é utilizada como indicador de contaminação nos corpos hídricos, para, assim, avaliar a qualidade das águas, pois, segundo Ritcher, (2009):

Os coliformes estão presentes quando o esgoto está presente.
Os coliformes estão ausentes quando o esgoto está ausente.
A presença de patogênicos pode ser associada à presença de coliformes.
Sobrevivem mais tempo na água do que todas as bactérias patogênicas.
A análise de coliformes é relativamente simples, rápida e eficiente.

3.8 Índice de Qualidade da água (IQA)

O Índice de Qualidade da água (IQA), foi criado nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. Brown *et al.*, (1970), foi o desenvolvedor, para isso, utilizou da metodologia Dephi para estruturar a opinião de 142 especialistas. A partir dessa metodologia, 3 questionários foram elaborados, contendo parâmetros para serem utilizados no cálculo do IQA.

Cada parâmetro deveria receber um peso de 1 a 5, as respostas desses questionários eram comparadas e reavaliadas. Sendo assim, foram definidos e escolhidos nove parâmetros mais importantes para, então, construir curvas médias para o cálculo do IQA, Figura 5, (Cristina; Mendonça, 2005, p.320).

O IQA foi criado para verificar a qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento após ser tratada. É composto por 9 variáveis, Coliforme Fecais, pH, DBO, Nitrogênio Total, Fosforo Total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido, para cada parâmetro existe um peso (w), em que, valores são fixados segundo uma escala de valores “rating” a partir da sua importância para a qualidade da água. (Ana, s.d).

O IQA é obtido do produtório ponderado da qualidade das águas a partir dos parâmetros que integram o índice. É calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

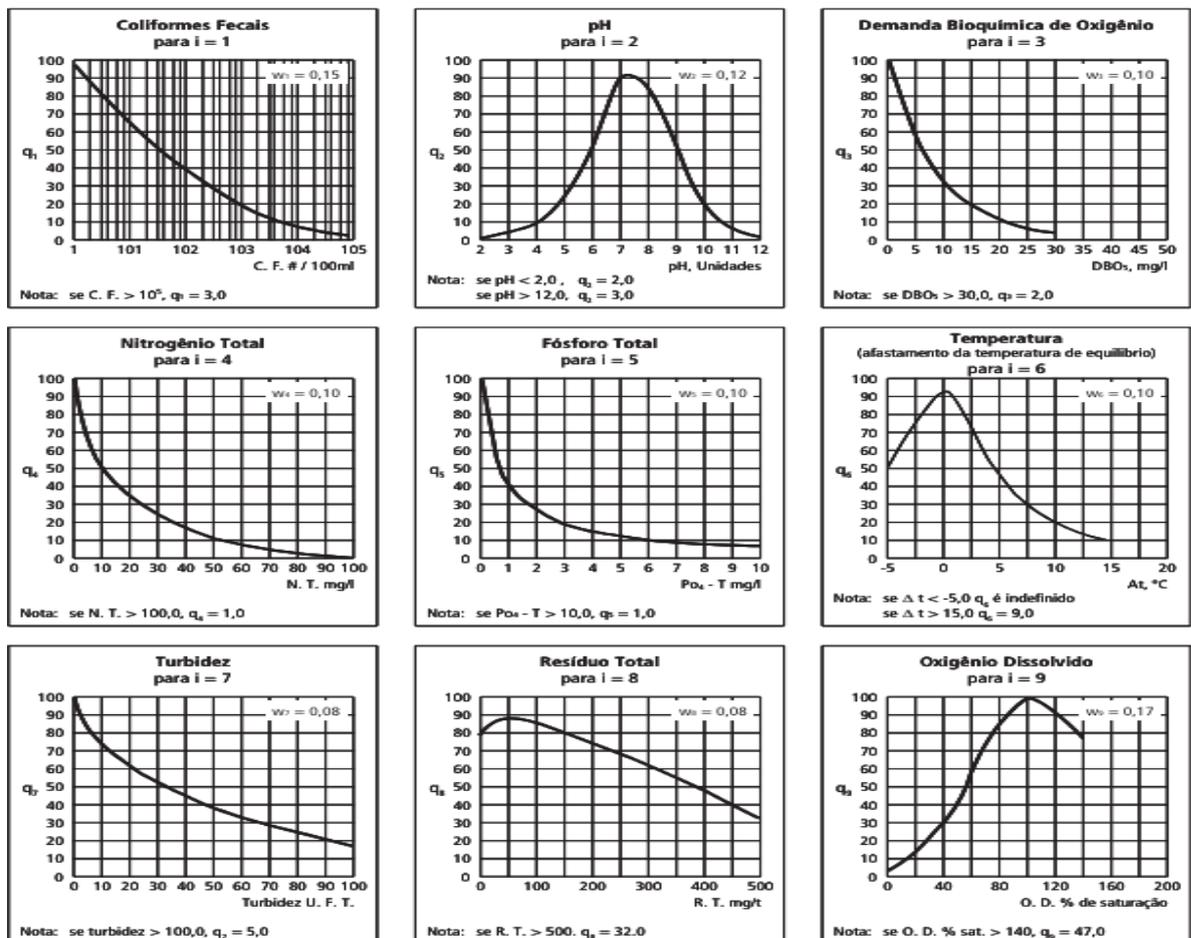
IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da “curva média de variação de qualidade”, em função da sua análise.

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, em que, esse valor é atribuído a partir da importância do parâmetro para a qualidade da água;

E , n , é o número de parâmetros utilizados para o cálculo do IQA.

Figura 5 - Curvas médias da Variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA



Fonte: Cetesb (2017)

A partir do calculado no IQA, determina-se a qualidade da água, variando numa escala de 0 a 100, como mostrado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: Cetesb (2013)

3.9 Área de estudo

“A bacia do Rio Mamanguape está localizada no extremo leste da Paraíba nas latitudes 6°41’57” e 7°15’58” sul e longitudes 34°54’37” e 36° a oeste de Greenwich, nasce na microrregião do Agreste da Borborema e desemboca no Oceano Atlântico, no município de Rio Tinto”. (Stachetti *et al.*, 2008, p. 15). Segundo, Andrade, Nelo e Santos (2015), a região possui cerca de 30 municípios e uma área de 3.522,69 km².

Ainda de acordo com Stachetti *et al.*; (2008), o rio Mamanguape é temporário em sua maior parte e, perene na região de estuário. Recebe também, influência dos rios, Guariba, Guandu, Araçagi, Saquaiba e o riacho Bloqueio. O rio Mamanguape apresenta grande importância para o estado da Paraíba, visto que, drena a porção oriental do estado, além de possuir um relevo, atividades econômicas, clima e tipos de ocupação diversos.

A região da bacia do Mamanguape, também apresenta uma área de proteção ambiental, a APA, criada em 10 de setembro de 1973, a partir do Decreto nº 924, cujo objetivo é conservar e proteger as espécies de peixes - bois marinhos, *Trichechus manatus*, assim como, seu habitat e os demais animais ali presentes, preservar os recursos hídricos, melhorar a qualidade de vida da população, disciplinando a

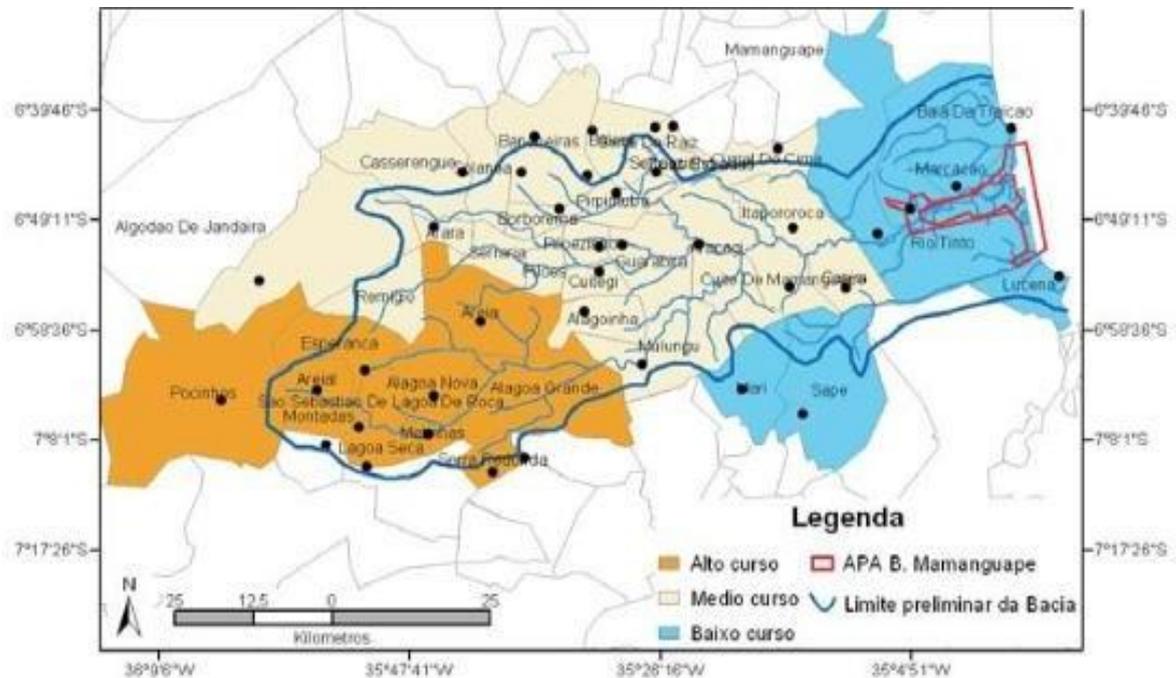
ocupação do território e as atividades econômicas desenvolvidas, preservando a paisagem local e fomentando o turismo e a educação ambiental (Brasil, 1993).

Costa *et al.*; (2011), descreve, as áreas de Proteção Ambiental da bacia do Rio Mamanguape como áreas de restinga, lagunas, estuários, manguezais e arrecifes com uma área total de 14.460 ha. “Sendo formada pelos estuários dos rios Mamanguape, Miriri e Estivas, partes dos municípios de Rio Tinto, Marcação e Lucena, no litoral norte do Estado da Paraíba, incluindo ainda alguns aglomerados e vilas”, Alves, Nishida, (2003). A APA possui cerca de 6000 ha de mangues, sendo a maior área de preservação e conservação de manguezal do estado da Paraíba.

A bacia do Rio Mamanguape é dividida de acordo com o agrupamento de municípios em alto curso, médio e baixo curso. O alto curso compreende os municípios de Alagoa Grande, Alagoa Nova, Areia, Areial, Esperança, Lagoa Seca, Matinhas, Montadas, Pocinhos, São Sebastião de Lagoa da Roça e Serra Redonda.

Já o médio curso compreende 24 municípios, seu início se dá após Alagoa Grande, seguindo de Mulungu até a cidade de Itapororoca. É composto por Alagoinha, Algodão de Jandaíra, Araçagi, Arara, Bananeiras, Belém, Borborema, Capim, Casserengue, Cuité de Mamanguape, Cuitegi, Curral de Cima, Duas Estradas, Guarabira, Itapororoca, Mulungu, Pilões, Pilõezinhos, Pirpirituba, Remígio, Serra da Raiz, Serraria, Sertãozinho e Solânea. O baixo curso do Rio Mamanguape é composto pela área estuarina, sendo os municípios pertencentes, Baía da Traição, Mamanguape, Marcação e Rio Tinto, conforme mostra a Figura 6. (Embrapa, 2008).

Figura 6 - Bacias hidrográficas do Rio Mamanguape e Miriri



Fonte: ANA (2001), adaptado por LGA, Embrapa Meio Ambiente

As principais atividades econômicas as quais são desenvolvidas em torno da APA é a carcinicultura, agricultura de subsistência, cultivo de cana de açúcar, pecuária, pesca e catação de caranguejo e marisco (Embrapa, 2008).

4 METODOLOGIA

Para as análises e coletas da água do Rio Mamanguape foram escolhidos 3 pontos, o MM01, MM02 e MM03. As análises, seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Na construção do trabalho, utilizou-se de dados obtidos de análises físico-químicas e microbiológicas das águas do Rio Mamanguape, dos anos de 2018 a 2023, realizadas na Coordenação de Medições Ambientais, CMA, da Superintendência de Administração do Meio Ambiente, SUDEMA.

A partir desses dados, construiu-se os gráficos com variação temporal, a fim de verificar a qualidade da água ao longo dos anos citados acima. A escolha desses pontos e sua importância, é devido às proximidades com as áreas urbanas, as

atividades econômicas desenvolvidas em torno da região, assim como, por apresentar áreas de preservação ambiental.

O ponto MM01, é jusante, considerando as informações do corpo hídrico desde a nascente em Borborema, até esse ponto e, ao mesmo tempo montante, levando em consideração à proximidade com a usina de cana de açúcar. Localiza-se, na ponte BR-101, antes de possível lançamento de qualquer corpo hídrico. O MM02, localizado entre a região de Mamanguape e Rio Tinto, por ter proximidade com uma área de grande concentração urbana e, com a usina de cana de açúcar, ao longo desse ponto, pode haver algum despejo de efluente doméstico e industrial, afetando assim, a qualidade da água do rio.

O MM03, é onde ocorre a foz, e, traz consigo a representatividade de todo o rio desde a sua nascente, como também, fornece informações concretas dos impactos causados devido às atividades antropogênicas, além da sua recuperação, devido a possíveis efeitos diluitórios. É uma área de estuário e de preservação ambiental, devido às espécies de animais ali existentes. Por ser uma área de manguezal, apresenta também, atividades econômicas em torno da região, como carcinicultura, extração vegetal, cata de marisco, caranguejo, pesca. Os pontos de coleta escolhidos, são mostrados na Figura 7.

Figura 7 - Pontos de coleta das águas do Rio Mamanguape



Fonte: Adaptado do Google Earth (2024)

As coordenadas dos pontos de coleta são mostradas na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Coordenadas dos pontos de coleta

Pontos de Coleta	Coordenadas
MM01	S 06 °51 '21.7" W 035° 08' 07.8"
MM02	S 06 °45 '12.1" W 035° 04' 19.2"
MM03	S 06 °46' 54.0" W 034° 55' 49.1"

Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

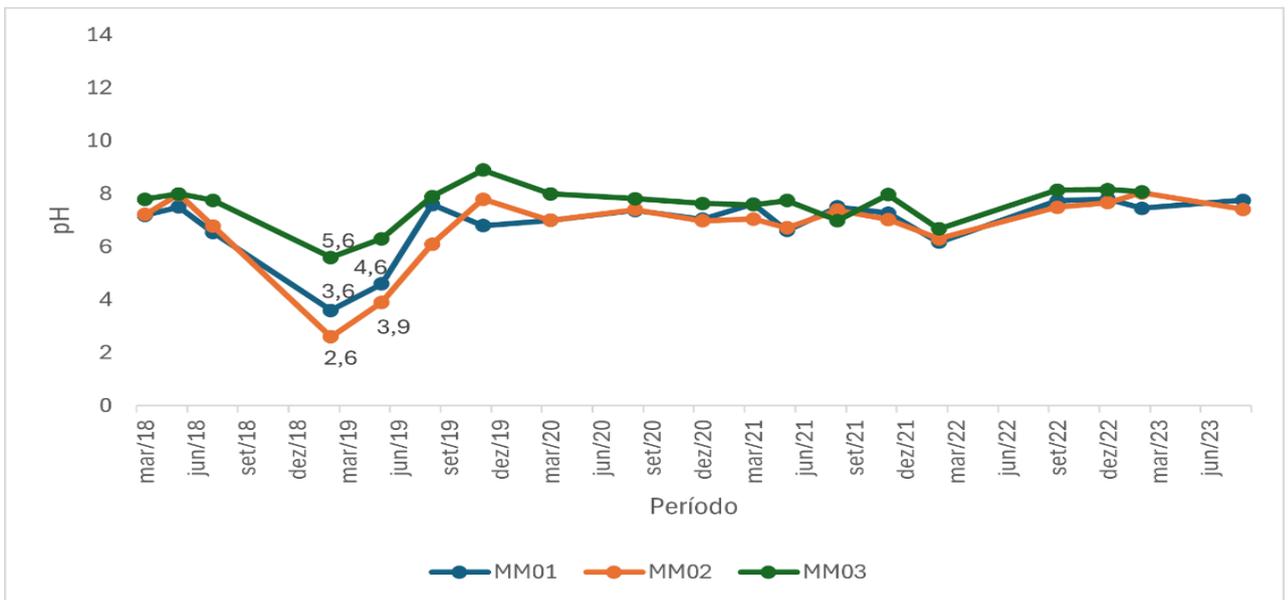
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Potencial Hidrogeniônico

Os valores de pH se mantiveram durante os anos de análises, na faixa de 6 a 9, ou seja, dentro do limite permitido pela Resolução CONAMA n° 357/2005, para rio classe 3. Porém, no ano de 2019, os três pontos de coleta ficaram com valores baixos de pH, Figura 8. Essa acidez, pode ser proveniente de despejos de esgotos domésticos ou industriais, assim como, das atividades econômicas que são desenvolvidas na região, conseqüentemente, há um aumento da carga orgânica presente, favorecendo um ambiente aquático mais ácido. (Fagner Frederico; Pereira Antônio; 2010).

Além disso, a qualidade da água também é afetada por fatores naturais, como, geológicos, hidrológicos e climáticos, pelo crescimento, morte e decomposição da vegetação aquática, que, afetam a concentração de compostos nitrogenados, fósforo, pH, carbonatos, oxigênio dissolvido, entre outros. (Meybeck *et al.*, 1996).

Figura 8 - Valores de pH compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta



Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

5.2 Turbidez

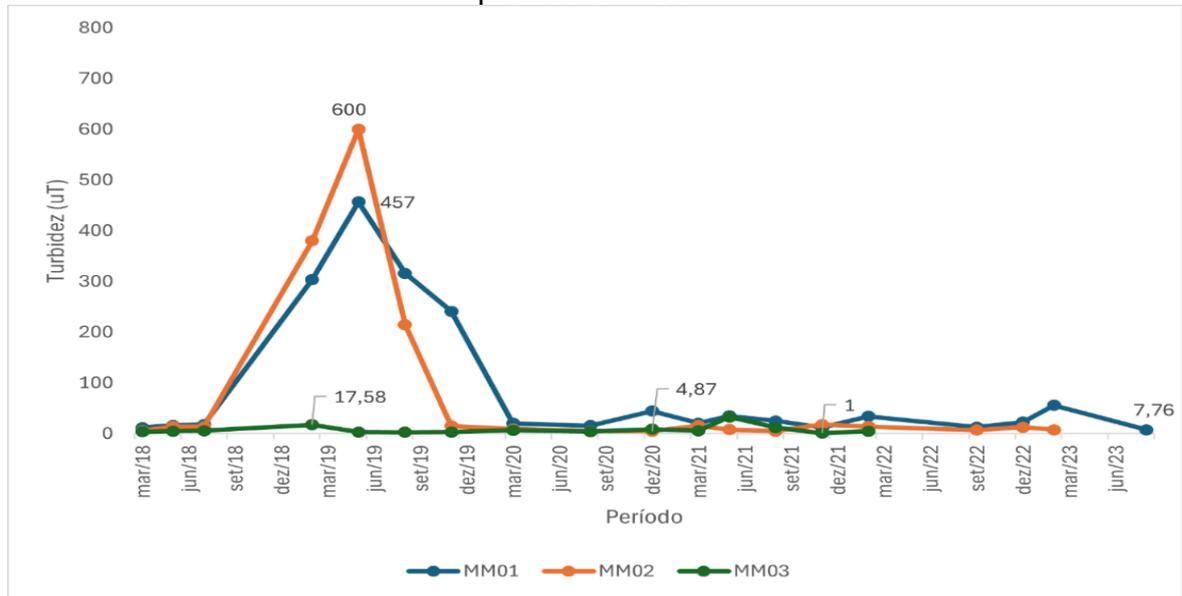
A Resolução CONAMA n° 357/2055 estabelece o limite de 100 uT para rio de classe 3. Observa-se, através do gráfico, Figura 9, os pontos MM01 e MM02 apresentaram os maiores valores de turbidez, sendo o MM01 com 457 uT em 2019 e menor pico de 7,76 uT em 2020. O MM02 apresentou o maior pico também em 2019, com 600 uT e o menor em 2020 com 4,87 uT. Já no ponto MM03, é possível notar uma constância nos seus valores, tendo seu maior valor em 2019 com 17,58 uT e seu menor valor em 2021 com 1,00 uT.

Logo, nos três pontos, o ano de 2019 apresentou os maiores picos de turbidez e, esses valores, podem ser atribuídos a um erro na transcrição dos dados, como também, proveniente da presença de sólidos em suspensão, como detritos orgânicos, sendo eles, as algas, plânctons e as bactérias ou, partículas inorgânicas, tais como: areia, silte e argila).

Além disso, a elevação dos valores de turbidez em corpos hídricos, podem ser provenientes da chuva e do despejo de esgotos domésticos e efluentes industriais. Portanto, como consequência, a passagem da luz para o ambiente aquático é

dificultada, reduzindo a fotossíntese para a vegetação e algas do meio e, influenciando nas demais comunidades biológicas aquáticas (Cetesb, 2016).

Figura 9 - Valores de turbidez compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta



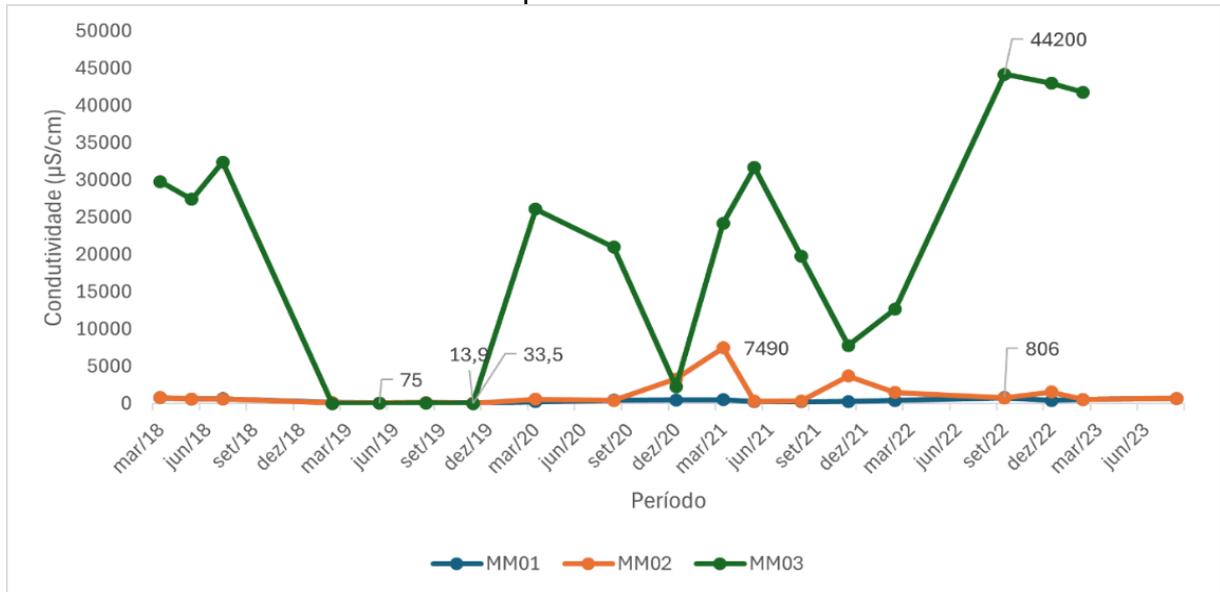
Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

5.3 Condutividade

Na Resolução CONAMA n° 357/2005 para rio doce classe 3, não há um limite para condutividade. Através do gráfico, Figura 10, o ponto MM03 apresenta maiores valores de condutividade, tendo seu menor valor em 2019 com $13,9 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ e maior valor em 2022 com $44.200 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. O ponto MM03, por ser uma área de estuário, ou seja, uma área aquática de transição da água do rio com o mar, apresenta uma maior concentração de íons dissolvidos que possuem uma maior capacidade de conduzir corrente elétrica.

O ponto MM01, apresentou o seu menor valor em 2019 com $75 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ e seu maior valor em 2022 com $806 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. O ponto MM02 teve o seu menor valor em 2019 com $33,5 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ e seu maior valor em 2021 com $7490 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. Sendo assim, altos valores de condutividade também podem ser atribuídos, a uma alta concentração de poluentes no corpo hídrico, provenientes de atividade antrópicas (Cetesb, 2016).

Figura 10: Valores de condutividade compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.



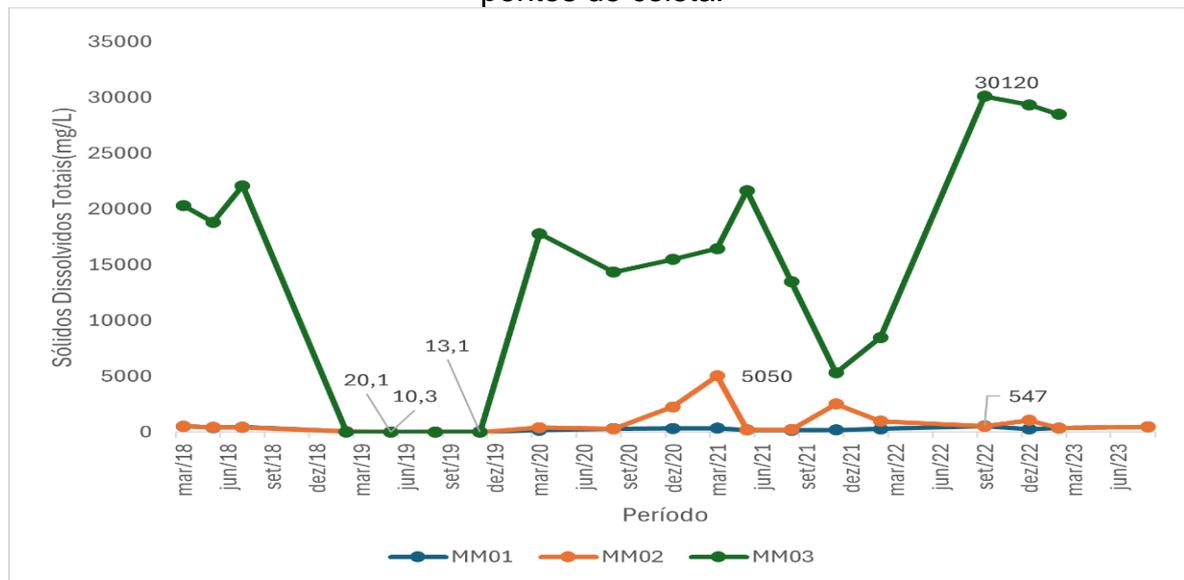
Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

5.4 Sólidos Totais Dissolvidos

A Resolução CONAMA nº 357/2005, estabelece o limite de 500 mg/L para sólidos dissolvidos totais, a partir do gráfico, Figura 11, é notório que, o ponto MM03 apresenta as maiores variações, tendo em 2022 o maior valor de 30.120 mg/L e o menor valor em novembro de 2019 com 13,1 mg/L. Já o ponto MM01, apresentou o seu maior valor em 2022, com 547 mg/L e, menor valor de Sólidos dissolvidos totais, em 2019 com 20,1 mg/L.

O ponto MM02, teve a sua maior concentração de Sólidos Dissolvidos Totais, em 2021 com 5.050 mg/L e sua menor concentração também em 2019 com 10,3 mg/L. Assim como a turbidez, os sólidos totais comportam-se semelhantemente, refletindo a condição local, podendo ser oriundo de matérias orgânicas ou inorgânicas provenientes da chuva, ou, pela concentração de resíduos domésticos ou industriais (Almeida e Schwarzbald, 2003).

Figura 11: Valores de SDT compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta.



Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024).

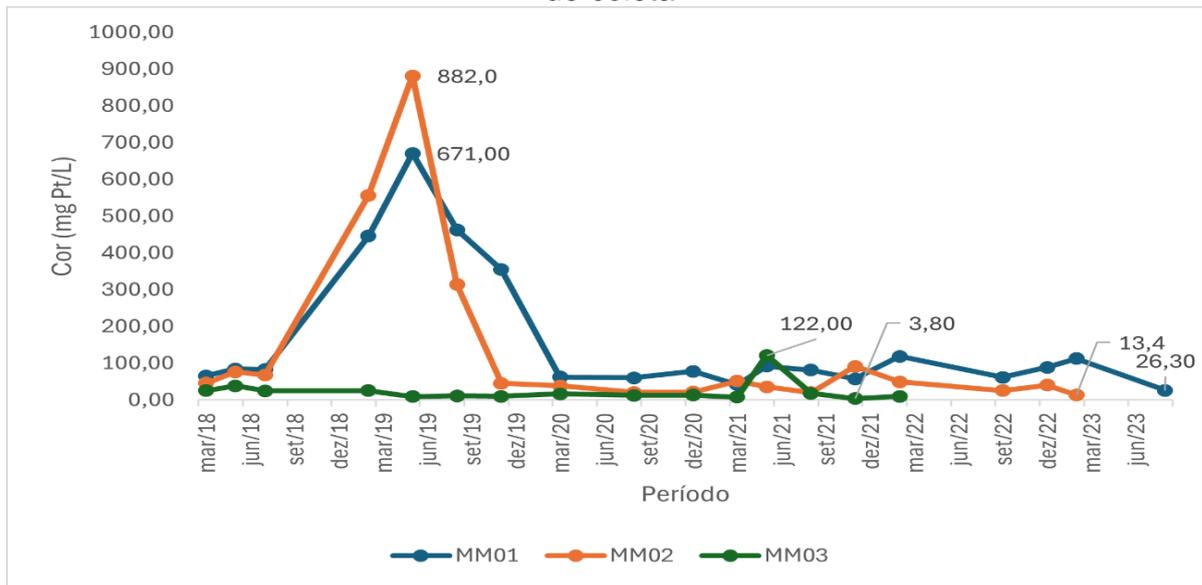
5.5 Cor

A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece o limite de até 75 mg Pt/L para a cor dos rios de classe 3. Assim como na análise da turbidez, os pontos MM01 e MM02 apresentaram os maiores valores, sendo o MM01 com 671,0 mg Pt/L também no ano de 2019 e menor valor de 26,30 mg Pt/L no ano de 2023, o MM02 com 822,0 mg Pt/L também em 2019 e menor valor de 13,4 mg Pt/L em 2023 e o ponto MM03, região do estuário, com 122,0 mg Pt/L em 2021 e menor valor 3,80 também em 2021.

Portanto, a partir do ano de 2020 os valores do ponto MM01 e MM02 foram diminuindo, ficando assim, em conformidade com o valor estabelecido pela CONAMA, Figura 12. Esses valores acima do permitido pela legislação, podem ser atribuídos a presença de sólidos dissolvidos, principalmente na forma coloidal, como ácidos húmicos e fúvicos, os quais são provenientes da decomposição parcial de compostos orgânicos, presentes nas folhas.

Além disso, os esgotos domésticos e efluentes industriais, também intensificam a coloração do corpo hídrico, tal qual, os óxidos de ferro e mangânes, compostos inorgânicos, presentes em diversos tipos de solos (Cetesb, 2016).

Figura 12 - Valores de cor compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta



Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

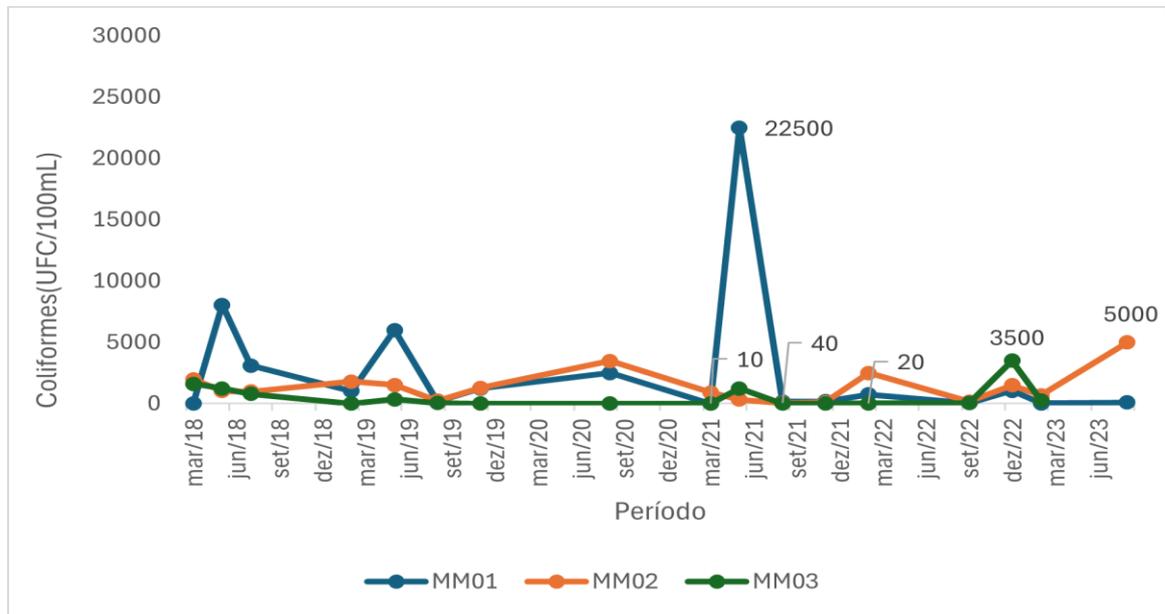
5.6 Coliformes

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o limite de até 4000 UFC/100 mL. No gráfico, Figura 13, o ponto MM01 apresenta os maiores valores de coliformes, sendo 22500 UFC/100 mL em 2021 e menor valor de 10 UFC/100 mL no mês de março, também de 2021. O ponto MM02 apresentou o seu maior valor em 2023 com 5000 UFC/100 mL e menor valor em 2021 com 40 UFC/100 mL.

Esse elevado valor de coliformes, pode ser explicado pelo despejo de esgoto doméstico, o que ocasiona a contaminação do corpo hídrico por microrganismos patogênicos (Cetesb, 2016). No ponto MM03, em 2022, teve 3500 UFC/100 mL e menor valor de 10 UFC/100 mL em 2021.

Vale salientar que, em fevereiro de 2019, novembro de 2019, agosto de 2020, março de 2021, agosto de 2021 e novembro de 2021, o ponto MM03 não apresentou coliformes. Sendo assim, o ponto MM01 ficou acima do limite estabelecido apenas nos meses de maio de 2018, maio de 2019 e maio de 2021, o MM02 ficou acima apenas em agosto de 2020.

Figura 13 - Valores de coliformes compreendidos entre os anos de 2018 a 2023 dos pontos de coleta



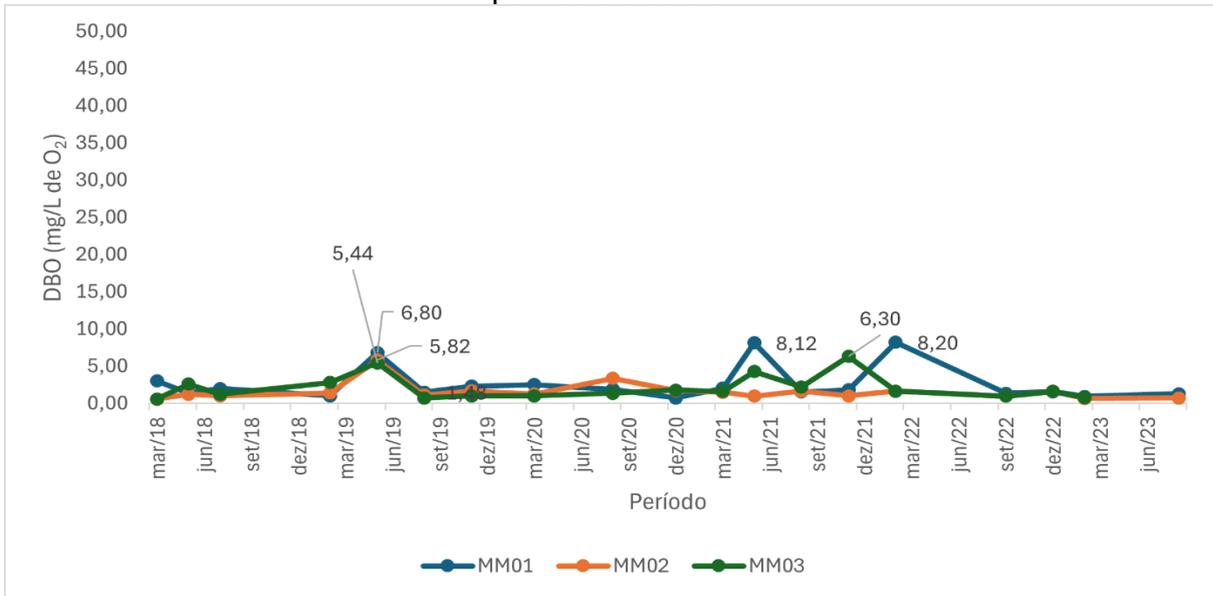
Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

5.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece o limite de até 10 mg/L de O₂. Para todos os pontos, os valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nos períodos analisados ficaram dentro do permitido. No entanto, o ponto MM01 ponto que fica compreendido na ponte da BR101, próxima à usina de cana de açúcar e áreas habitadas, apresentou as maiores variações com 6,8 mg/L de O₂ em 2019, 8,12 mg/L de O₂ em 2021 e 8,20 mg/L de O₂ em 2022, Figura 14.

Esses valores podem ser explicados devido a uma maior quantidade de matéria orgânica presente no corpo hídrico e, para degradá-la, os microrganismos necessitam de um maior consumo de oxigênio disponível. A presença de matéria orgânica na água, pode levar a um completo esgotamento do oxigênio que está presente, o que pode acarretar a morte de peixes e o desaparecimento de outras formas de vida aquática (Cetesb, 2016).

Figura 14 - Valores de DBO compreendidos entre os anos de 2018 a 2023 dos pontos de coleta



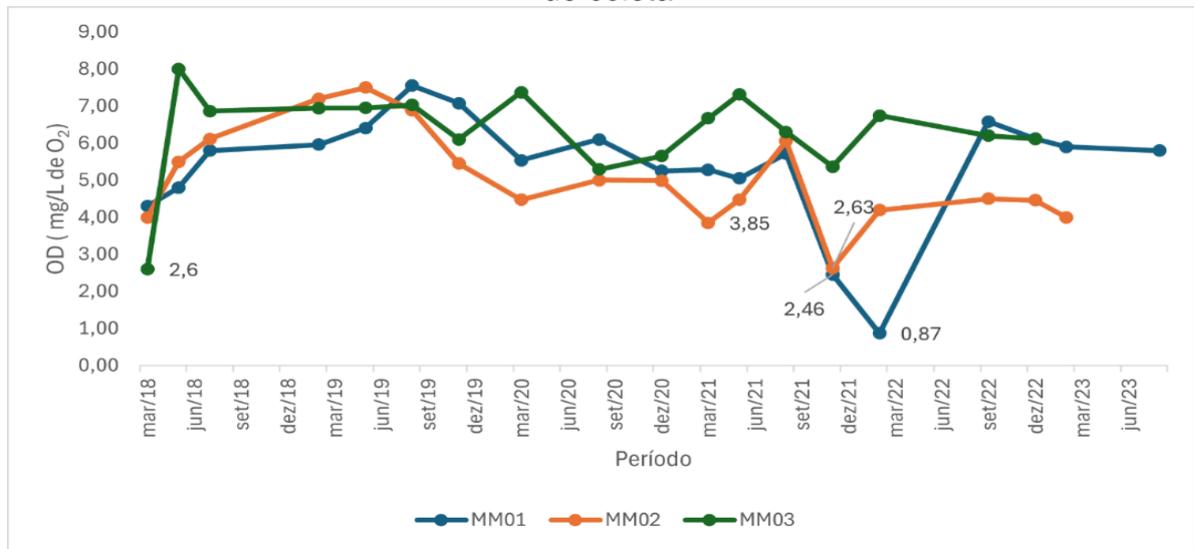
Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

5.8 Oxigênio Dissolvido

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, os valores de oxigênio dissolvido (OD), não devem ser inferiores a 4 mg/L O₂. Através dos dados obtidos, Figura 15, em alguns períodos dos anos analisados, os pontos de amostragem ficaram abaixo do limite permitido pela Resolução. O MM01, apresentou em novembro de 2021, 2,46 mg/L de O₂ e em fevereiro de 2022, 0,87 mg/L.

O MM02 também permaneceu inferior ao limite permitido em duas análises, com 3,85 mg/L de O₂ em maio de 2021 e 2,63 mg/L de O₂ em fevereiro de 2022. O ponto de amostragem MM03, região de estuário, ficou abaixo em maio de 2018 com, 2,6 mg/L de O₂. Esses valores, podem ser explicados, devido à presença de matéria orgânica natural ou de fontes poluidoras, do aumento da temperatura, altitude, salinidade e da carcinocultura (criação de camarão), como no ponto MM03 (Embrapa, 2011).

Figura 15 - Valores de OD compreendidos entre os anos de 2018 e 2023 dos pontos de coleta



Fonte: Adaptado da SUDEMA (2024)

5.9 Cálculo do IQA

Na SUDEMA, dos nove parâmetros do IQA, são realizadas apenas análises de 7 parâmetros, visto que, o cálculo do IQA só é solicitado para amostras de açude. Portanto, para o presente trabalho, os pesos foram redistribuídos, de acordo com a importância de cada parâmetro, como mostra a Tabela 5 a seguir.

Contudo, nos anos de 2020, para os três pontos de coleta, nos meses de março e dezembro, não houve análise de coliformes, sendo assim, foi feita uma nova redistribuição dos pesos para esses pontos, como mostra a tabela 6. Já em 2023, em agosto, para os pontos MM01 e MM02 também não houve análise de temperatura, logo, também foi feita uma redistribuição dos pesos para o cálculo do IQA, Tabela 7.

Tabela 5 - Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do IQA

Parâmetros	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,20
Coliformes termotolerantes	0,18
Potencial hidrogeniônico – pH	0,15
Demanda Bioquímica de oxigênio - DBO _{5,20}	0,13
Temperatura da água	0,12
Sólidos totais dissolvidos – SDT	0,11
Turbidez	0,11

Fonte: Adaptado de ANA (2024)

Tabela 6 - Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do IQA meses de março e dezembro de 2020

Parâmetros	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,27
Potencial hidrogeniônico – pH	0,22
Demanda Bioquímica de oxigênio - DBO 5,20	0,16
Temperatura da água	0,14
Sólidos totais dissolvidos – SDT	0,12
Turbidez	0,12

Fonte: Adaptado de ANA (2024)

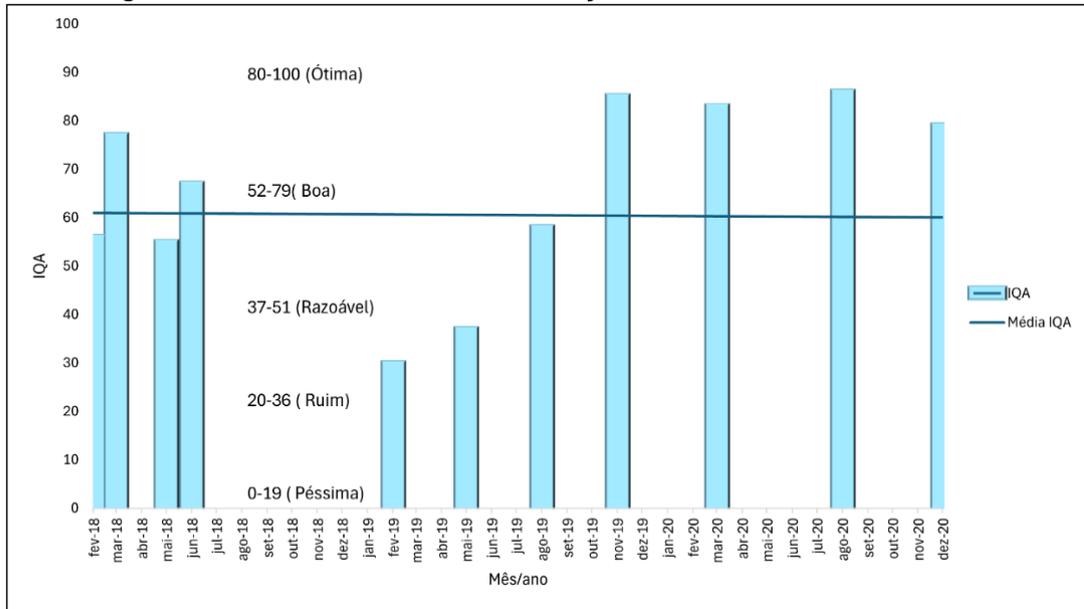
Tabela 7- Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do IQA para agosto de 2023

Parâmetros	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,24
Coliformes termotolerantes	0,21
Potencial hidrogeniônico – pH	0,17
Demanda Bioquímica de oxigênio - DBO 5,20	0,14
Sólidos totais dissolvidos – SDT	0,12
Turbidez	0,12

Fonte: Adaptado de ANA (2024)

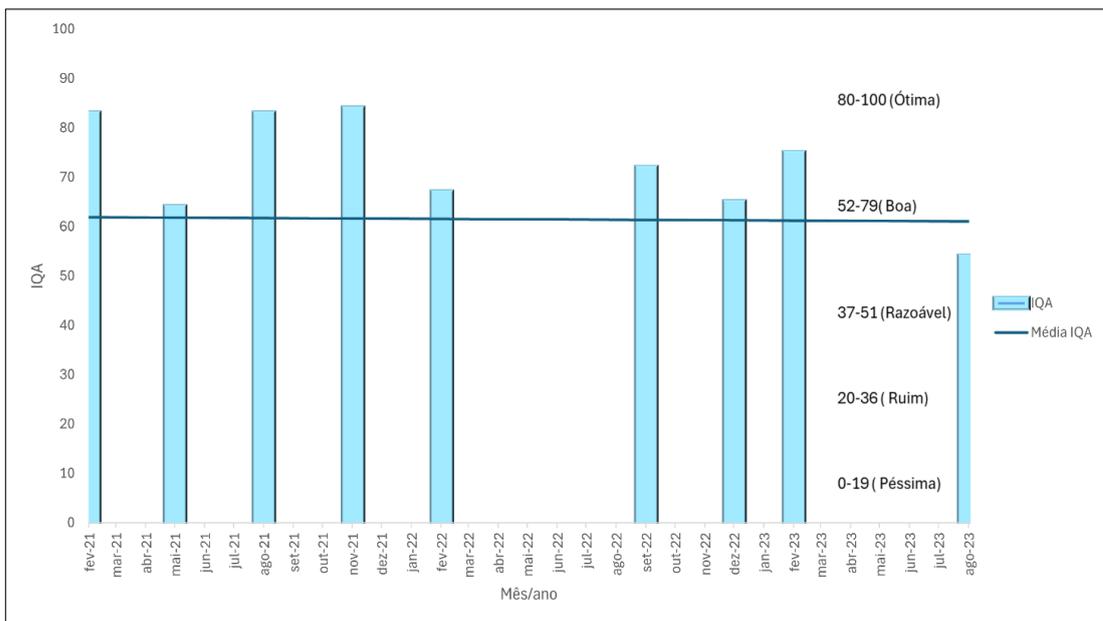
Para o cálculo, utilizou-se do procedimento do tópico (3.8) obtendo-se assim, o índice de qualidade da água para cada ponto do rio Mamanguape dos anos de 2018 a 2023, de acordo com os Apêndices A e B e, os gráficos do IQA, Figura 16 e 17.

Figura 16 - Gráfico do IQA em relação aos anos de 2018 a 2020



Fonte : Elaborado pela autora (2024)

Figura 17 - Gráfico do IQA em relação aos anos de 2021 a 2023



Fonte : Elaboradora pela autora (2024)

Através dos gráficos, observar-se que, nos anos de 2018 a 2023 a média do IQA dos três pontos de coleta deram na faixa de 52-79 , portanto, a qualidade da água desses anos enquadra-se como boa, logo, um bom resultado durante os anos de análises.

6 CONCLUSÃO

Portanto, é de suma importância avaliar e analisar a qualidade das águas dos corpos hídricos, pois, além da sua importância para a população, as condições físico-químicas da água são cruciais para a manutenção da vida aquática e, do meio ambiente como um todo. A água é um bem universal, sem ela, não há vida.

Sendo assim, a partir dos resultados obtidos, os valores de pH, apenas no ano de 2019, nos meses de fevereiro e maio, ficou abaixo do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Os valores de turbidez nos 4 meses de coleta também no ano de 2019 deram acima do limite permitido pela legislação.

Os sólidos totais dissolvidos, em março de 2018, para o três pontos ficaram acima, mas, no ano de 2019, os resultados das análises não deram alteração. Nos anos de 2020, 2021 e 2022, o MM01 e MM02 deu fora do permitido e, em 2023, apenas o MM03.

Já, para o parâmetro de condutividade, as análises dos pontos MM01 e MM02 ficaram em conformidade com Resolução, no ano de 2019, 2021, e em 2020, apenas o MM02 fica fora, o MM03 ficou em conformidade apenas no ano de 2019. Contudo, essa variação é explicada devido a esse local ser uma região de estuário, uma área de transição da água do rio com o mar, logo, valores acima, são esperados, em virtude da alta concentração de sais dissolvidos.

Para a DBO, a resolução CONAMA, estabelece o limite de até 10 mg/L de O₂, dos anos de 2018 a 2023, todos os pontos ficaram em conformidade. Apenas em alguns meses dos anos coletados, como em 2019, os valores deram elevados, entretanto, ainda dentro do permitido. O oxigênio dissolvido, apresentou resultados abaixo de 4 mg/L apenas no mês de novembro de 2021 e fevereiro de 2022 para o MM01, para o MM02 no mês de maio de 2021 e fevereiro de 2022 e, o MM03, em março de 2018. Portanto, um bom resultado, dada todas as coletadas realizadas ao longo dos 6 anos de análises.

Por fim, a quantidade de coliformes tanto no MM01, quanto no MM02 em vários meses dos anos coletados ficaram em não conformidade, esses altos valores, podem ser decorrentes, da proximidade com as áreas urbanas, pelo despejo ilegal e sem tratamento adequado de esgoto doméstico. Já no MM03, durante quatro coletas, ficou

também com valores elevados, mês de março de 2018, maio de 2018, maio de 2021 e dezembro de 2022.

Esses valores, tal qual, os pontos MM01 e MM02, podem ser provenientes de dejetos de esgoto doméstico, por apresentar comunidades ribeirinhas, mas, em relação aos demais pontos, em vários meses dos anos coletados, o MM03 ficou com zero ou uma quantidade menor de coliformes, pelo maior afastamento e menor concentração de população residente.

A partir dos dados coletados e cálculo do IQA, dos anos de 2018 a 2023, a qualidade da água enquadrou-se como boa, portanto, um bom resultado ao longo dos anos. Além do mais, observar-se que, quanto mais afastado da concentração urbana, a qualidade da água melhora, devido também, a autodepuração do rio, ele vai se recuperando ao longo do corpo hídrico, o que pode ser explicado pelos efeitos dilutórios das correntezas.

Então, é de suma importância o acompanhamento da qualidade da água do rio Mamanguape, pois, a partir de suas águas, são desenvolvidas atividades econômicas e paisagísticas, as quais dão o sustento para muitas famílias, contudo, é necessário também, uma conscientização por parte da população residente, devido ao despejo de esgoto doméstico e industrial, além de uma maior fiscalização e assistência dos órgãos públicos sobre esses resíduos que desaguam ou são despejados de forma ilegal.

Portanto, como sugestões para trabalhos futuros, revisar o enquadramento do corpo hídrico, visto que, o enquadramento do Rio Mamanguape ainda é baseado na Resolução CONAMA nº 20 de 1986 e, realizar análises de agrotóxicos ao longo do rio, pois, há presença de usinas de cana de açúcar ao longo da região.

REFERÊNCIAS

APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20ª edição. Associação Americana de Saúde Pública. Washington: APHA, 1999.

BALLANCE, D.; BARTRAM, J.; BRIGGS, R.; CHAPMAN, D.; CLARKE, M.; HELMER, R.; JACKSON, J.; JOHANNESSEN, M.; KREBS, F.; KUUSISTO, E.; LEWIS, J.; MÄKELÄ, A.; MÄLKKI, E.; MEYBECK, M.; NASH, H.; ONGLEY, E.; PEDLEY, S.; STEEL, A.; PAUL WHITFIELD. **Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. 1. ed. [S. l.]: E & FN SPON, 1996.

BARBOSA, F. de A. dos R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na Bacia do Rio Mamanguape - PB**. 2006. Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5490/1/arquivototal>. Acesso em: 5 mar. 2024.

BAUMGARTEN, M. da G. Z.; POZZA, S. A. **QUALIDADE DE ÁGUAS: DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS REFERIDOS NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**. 2. ed. [S. l.]: EDITORA DA FURG, 2021.

CNRH. **RESOLUÇÃO nº32 de 15 de outubro de 2003**. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2024.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA nº357, ano 2005** [s. d.]. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_4_10_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 1 mar. 2024.

DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS DA ÁGUA. [S. l.: s. n.], 1992. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua/>. Acesso em: 1 mar. 2024.

FLORES, K. M. **O reconhecimento da água como direito fundamental e suas implicações**. [s. l.], v. 1, 2011. Disponível em: <https://www.ondasbrasil.org/wp-content/uploads/2019/07/Artigo-O-RECONHECIMENTO-DA-%C3%81GUA-COMO-DIREITO-FUNDAMENTAL-E-SUAS-IMPLICA%C3%87%C3%95ES.pdf>. Acesso em: 6 maio 2024.

INDICADORES DE QUALIDADE. [s. d.]. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/portalnqa/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 5 abr. 2024.

ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2024.

JOSÉ CARLOS BRUNI. **A água e a vida.** [s. l.], 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ts/a/KjkwytLhvpf5BJsRyDTFDrb/?format=pdf&lang=pt>.
LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3. ed. SP: Átomo, 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/43579087/Fundamentos_de_Qualidade_e_Tratamento_d_e_Agua_Marcelo_Libanio_Final20200710_84577_axi93n.

LITORAL NORTE – AESA. [s. d.]. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/litoral-norte/>. Acesso em: 10 jun. 2024.
LOPES, F. W. de A.; JR, A. P. M. **Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas.** [s. l.], v. 6, n. 2, 2010.

LUNA, F. de O.; ARAÚJO, J. P. de; OLIVEIRA, E. M. de; HAGE, L. M.; PASSAVANTE, J. Z. de O. **Distribuição do peixe-boi marinho, *Trichechus manatus manatus*, no litoral norte do Brasil.** [s. l.], 2010. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/8680/3/2010_art_fdeol.pdf. Acesso em: 2 mar. 2024.

MORTANDADE DE PEIXES: PH. [S. l.]: CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, [s. d.]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/ph/#:~:text=Valores%20de%20pH%20abaixo%20de,a%20grande%20maioria%20dos%20peixes>. Acesso em: 1 mar. 2024.

MORTANDADE DE PEIXES: Oxigênio Dissolvido. [S. l.]: CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, [s. d.]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido>. Acesso em: 1 mar. 2024.

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; ANTUNES, L. R.; NEVES, M. C. M.; FREITAS, G. L. de; RODOVALHO, R. B. **Gestão Ambiental Territorial na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape.** 1. ed. Jaguariúna, SP: Embrapa, 2008(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50).

SIGNIFICADO AMBIENTAL E SANITÁRIO DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. .SP: CETESB, 2014. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2024.

SILVESTRE, L. C.; FARIAS, D. L. dos S.; LOURENÇO, J. D. S.; BARROS, S. C. A. de; BRAGA, N. M. P. **DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ADVINDO DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA APA DA BARRA DO RIO MAMANGUAPE.** 12. [s. l.], v. 7, 2011. Disponível em:

<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/ambientais/diagnostico%20dos%20impactos.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2024.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. **Diagnóstico da qualidade da água do Rio Parauapebas(Pará - Brasil)**. [s. l.], v. 42, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/9Cg9yfdKWr4GDsC7v64brtf/?format=pdf&lang=pt>.

SISTEMA ESTADUAL DE ATIVIDADES POLUIDORAS -SELAP. [S. l.]: SUDEMA, 1998. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DZS_01.pdf. Acesso em: 1 mar. 2024.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. v. 1. Acesso em: 5 maio 2024.

TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS LITORÂNEAS DA PARAÍBA. [S. l.]:

AESA, 2020. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2021/10/TERMO-DE-REFER%C3%80ANCIA-BACIAS-LITOR%C3%82NEAS.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2024.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. PORTO ALEGRE: EDITORA DA UNIVERSIDADE: ABHR, 1997.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos**. [S. l.]: MultiCiência, 2003. Disponível em: <https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12884/ValoracaoRH-Tundisi.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2024.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ABE, D. S.; ROCHA, O.; STARLING, F. L. do R. M. **Limnologia de águas interiores: Impactos, Conservação e Recuperação de Ecossistemas Aquáticos**. 3. ed. SP: [s. n.], [s. d.].

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil**. [s. l.], v. 6, n. 2, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92819767021.pdf>.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, índice de qualidade da água para cada ponto do rio Mamanguape dos anos de 2018 a 2020 e sua classificação

Mês/ano	Pontos de coleta	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	Turbidez (uT)	DBO 5,20 (mg/L)	Coliformes (UFC/100 mL)	IQA	Avaliação da qualidade da água
mar-18	MM01	30	4,30	7,19	538	12,00	3,00	0	75	Boa
mai-18	MM01	28	4,80	7,51	424	16,20	0,10	8060	51	Razoável
jun-18	MM01	26	5,80	6,55	452	18,00	2,00	3100	54	Boa
mar-18	MM02	31	4,20	7,98	535	6,02	0,60	1980	58	Boa
mai-18	MM02	27	4,00	7,98	435	14,20	1,20	1030	53	Boa
jun-18	MM02	28	5,50	6,79	433	13,80	1,00	980	56	Boa
mar-18	MM03	31	7,63	7,80	20330	3,75	0,60	1620	62	Boa
mai-18	MM03	29	2,60	8,00	18830	4,81	2,60	1250	50	Razoável
jun-18	MM03	27	8,00	7,76	22100	5,86	1,20	790	65	Boa
fev-18	MM01	28	5,96	3,60	65	304,00	1,00	1030	54	Boa
mai-19	MM01	25	6,41	4,60	20	457,00	6,80	6000	31	Razoável
ago-19	MM01	28	7,55	7,60	26	316,00	1,48	160	56	Boa
nov-19	MM01	28	7,08	6,80	33	241,00	2,32	1230	49	Boa
fev-19	MM02	28	6,11	2,60	60	380,00	1,40	1760	28	Ruim
mai-19	MM02	27	7,20	3,90	10	600,00	5,82	1520	35	Razoável
ago-19	MM02	29	7,50	6,10	27	215,00	1,10	230	53	Boa
nov-19	MM03	28	7,03	8,90	13	17,58	1,01	0	83	Ótima
mar-20	MM01	30	5,54	7,00	172	20,30	2,50	*	81	Boa
ago-20	MM01	26	6,10	7,37	317	15,90	1,88	2500	59	Boa
dez-20	MM01	28	5,25	7,04	331	44,60	0,72	*	74	Boa
mar-20	MM02	30	5,45	7,00	409	14,90	1,24	*	78	Boa
ago-20	MM02	26	4,47	7,40	296	9,38	3,36	3470	53	Médio
dez-20	MM02	29	5,00	6,98	2270	4,89	1,70	*	75	Boa
mar-20	MM03	30	6,10	8,00	178000	3,25	1,00	*	79	Boa
ago-20	MM03	26	7,37	7,82	14350	2,66	1,35	0	84	Ótima
dez-20	MM03	28	5,29	7,64	15500	3,41	1,78	*	77	Boa

APÊNDICE B – Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, índice de qualidade da água para cada ponto do rio Mamanguape dos anos de 2021 a 2023 e sua classificação.

Mês/ano	Pontos de coleta	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	Turbidez (uT)	DBO _{5,20} (mg/L)	Coliformes (UFC/100 mL)	IQA	Avaliação da qualidade da água
fev-21	MM01	28	5,28	7,62	364	20,8	2,01	10	74	Boa
mai-21	MM01	24	5,05	7,62	200	35,00	8,12	22500	37	Razoável
ago-21	MM01	26	5,72	7,51	179	25,00	1,54	170	69	Boa
nov-21	MM01	26	2,46	7,27	200	12,00	1,81	200	54	Boa
fev-21	MM02	28	4,99	7,05	5050	4,87	1,50	910	58	Boa
mai-21	MM02	27	3,85	6,72	224	16,00	0,98	330	59	Boa
ago-21	MM02	26	4,47	7,38	235	8,00	1,62	40	69	Boa
nov-21	MM02	27	6,05	7,03	2530	5,00	1,02	130	68	Boa
fev-21	MM03	28	5,65	7,59	16460	6,62	1,61	0	81	Ótima
mai-21	MM03	27	6,67	7,75	21660	4,00	4,28	1230	62	Boa
ago-21	MM03	26	7,31	6,99	13490	9,00	2,20	0	81	Ótima
nov-21	MM03	30	6,30	7,97	5330	6,00	6,30	0	82	Ótima
fev-22	MM01	26	0,87	6,17	290	34,00	8,20	750	44	Razoável
set-22	MM01	25	6,58	7,74	547	13,00	1,36	40	70	Boa
dez-22	MM01	29	6,12	7,81	283	23,00	1,57	1050	63	Boa
fev-22	MM02	26	2,63	6,30	995	18,00	2,90	2500	41	Razoável
set-22	MM02	25	4,19	7,50	535	14,00	1,36	160	57	Boa
dez-22	MM02	29	4,50	7,67	1063	7,00	1,92	1500	55	Boa
fev-22	MM03	26	5,36	6,68	8490	33,00	1,64	20	65	Boa
set-22	MM03	25	6,74	8,14	30120	12,00	0,97	50	69	Boa
dez-22	MM03	29	6,20	8,16	43000	1,00	1,60	3500	57	Boa
fev-23	MM01	28	5,90	7,45	380	56,00	0,95	20	73	Boa
ago-23	MM01	*	5,80	7,76	482	7,76	1,30	100	52	Razoável
fev-23	MM02	28	4,46	8,04	375	13,00	0,66	670	59	Boa
ago-23	MM02	*	4,00	7,42	469	7,42	0,74	5000	36	Ruim
fev-23	MM03	28	6,11	8,08	28500	5,00	0,79	250	65	Boa