



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

ANTONIO AURÉLIO PEIXÔTO FELÍCIO

**INDICADORES E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO URBANO DO
RIO APODI-MOSSORÓ EM MOSSORÓ**

MOSSORÓ

2024

ANTONIO AURÉLIO PEIXÔTO FELÍCIO

**INDICADORES E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO URBANO DO
RIO APODI-MOSSORÓ EM MOSSORÓ**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrícola e
Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Talita Dantas Pedrosa

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do autor, sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu respectivo autor sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

PP379 Peixoto Felício, Antonio Aurélio .
i I INDICADORES E ÍNDICES DE
QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO
URBANO DO RIO APODI-MOSSORÓ EM
MOSSORÓ / Antonio
Aurélio Peixoto Felício. - 2024.
37 f. : il.

Orientadora: Talita Dantas Pedrosa.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Agrícola e Ambiental, 2024.

1. Monitoramento . 2. Gestão Ambiental. 3.
Preservação da água . 4. Meio Ambiente . I.
Dantas, Talita , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático
em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos
pelo autor. Biblioteca Campus Mossoró / Setor de
Informação e Referência Bibliotecária: Keina Cristina
Santos Sousa e Silva CRB: 15/120

ANTONIO AURÉLIO PEIXÔTO FELÍCIO

INDICADORES E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO URBANO DO RIO APODI-MOSSORÓ EM MOSSORÓ

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Defendida em: 08/04 /2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **TALITA DANTAS PEDROSA**
Data: 23/04/2024 15:35:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Talita Dantas Pedrosa, Profa. Dra. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL OLIVEIRA BATISTA**
Data: 24/04/2024 11:20:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rafael Oliveira Batista, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **ADLER LINCOLN SEVERIANO DA SILVA**
Data: 23/04/2024 21:46:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Adler Lincoln Severiano da Silva, Me. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, durante todos esses anos da graduação sempre me amparou e nunca deixou que faltasse nada, fazendo com que fosse possível eu alcançar esse sonho de me tornar Engenheiro.

Agradeço, também, a minha família, meu pai Aurino Felício, minha mãe Valmira Cazuza Peixôto Felício, e minha irmã Aurivânia Kyrille Peixôto Felício, pois me motivavam cada dia mais a correr atrás do meu sonho. Mesmo com todas as dificuldades que enfrentiei durante todos esses anos não me deixaram desanimar ou muito menos desistir, a eles o agradecimento do mais profundo do meu coração.

Meu carinho e agradecimento aos meus tios que sempre me ajudavam quando eu precisava ir pra minha casa em Paraú, ou me deslocar até Mossoró.

Agradeço a minha orientadora, Professora Dra. Talita Dantas Pedrosa, por aceitar esse desafio de me orientar nessa fase final e tão importante da minha graduação, a ela minha admiração e respeito pela profissional ímpar e ser humano extraordinário que ela é, além de sempre prezar pela excelência em cada fase deste trabalho.

Agradeço a meus professores que tanto me ajudaram nessa dura caminhada, pelos ensinamentos durante todos esses anos e por ter me moldado como um futuro profissional de excelência. Agradeço aos meus amigos que fizeram parte dessa difícil jornada e que tornaram esses anos mais leves, a meus colegas de quarto com os quais compartilhei bons anos e bons momentos, e a minha namorada por também sempre me incentivar e mostrar que todo meu esforço valerá a pena.

E por fim agradeço a banca e aos examinadores Rafael e Adler por além de me ajudarem aceitarem o desafio de fazer parte desta última etapa da minha graduação,

RESUMO

As preocupações com o meio ambiente tem aumentado ao longo dos anos, sendo a qualidade da água uma das principais preocupações, tendo isso em vista, o acompanhamento da qualidade das águas se tornou uma preocupação ainda maior. Por isso, o presente estudo teve como objetivo verificar o índice de qualidade da água no trecho urbano do rio Apodí-Mossoró no RN, para tanto foram avaliados nove parâmetros de qualidade com a finalidade de calcular o Índice de Qualidade da Água por meio da utilização de duas metodologias (métodos da CETESB e Bascarán). Foram realizadas duas campanhas de coleta de água em quatro pontos do curso do rio Apodi-Mossoró. Após as coletas, os parâmetros avaliados foram: Coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), nitrogênio total kjeldahl, fósforo total, sólidos totais, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido. Os dados foram submetidos à análise estatística multivariada, empregando-se a análise de correlação de Pearson, análise de componentes principais e análise fatorial. Os resultados indicaram uma forte relação entre os dois Índices de Qualidade da Água, evidenciando a influência dos parâmetros na qualidade da água. Constatou-se que a qualidade da água é imprópria para a maioria dos usos, especialmente durante o período chuvoso devido à maior poluição proveniente das atividades humanas e agrícolas.

Palavras chave: Monitoramento; Preservação da Água; Gestão Ambiental, Meio Ambiente.

ABSTRACT

Concerns about the environment have been increasing over the years, with water quality being one of the main concerns. Bearing this in mind, monitoring water quality has become an even greater concern. Therefore, the present study aimed to assess the water quality index in the urban stretch of the Apodí-Mossoró river in Rio Grande do Norte. For this purpose, nine water quality parameters were evaluated in order to calculate the Water Quality Index using two methodologies (CETESB and Bascarán methods). Two water sampling campaigns were conducted at four points along the course of the Apodí-Mossoró river. After the sampling, the evaluated parameters were: Thermotolerant coliforms, pH, biochemical oxygen demand (BOD_{5,20}), total Kjeldahl nitrogen, total phosphorus, total solids, temperature, turbidity, and dissolved oxygen. The data underwent multivariate statistical analysis, employing Pearson correlation analysis, principal component analysis, and factor analysis. The results indicated a strong relationship between the two Water Quality Indexes, highlighting the influence of the parameters on water quality. It was found that water quality is unsuitable for most uses, especially during the rainy season due to increased pollution from human and agricultural activities.

Keywords: Monitoring; Water Preservation; Environmental Management, Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação das barragens do rio Apodi-Mossoró onde forão realizadas as coletas de água	19
Figura 2 – Representação das barragens do rio Apodi-Mossoró onde forão realizadas as coletas de água	20
Figura 3 – Comparação dos índices de qualidade da água utilizando gráfico do tipo radar.	29
Figura 4 – Variáveis projetadas no plano de fatores e as correlações do fator 1 x fator 2, (A) e para o fator 1 x fator 3, (C); projeções dos pontos de coleta no plano de fatores, correlacionando o fator 1 x fator 2, (B) e fator 1 x fator 3, (D).....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros e pesos para o cálculo do IQA.....	22
Tabela 2 – Faixas de IQACETESB utilizadas nos seguintes estados: AL; MG; MT; PR; RJ; RN; RS	22
Tabela 3 – Faixas de valores do IQABascarán.	23
Tabela 4 – Pesos (π_i), valor percentual correspondente ao parâmetro (π_i) e parâmetros utilizados no IQABascarán	24
Tabela 5 – Valores dos parâmetros referentes a primeira coleta (05/12/2023).....	26
Tabela 6 – Valores dos parâmetros referentes a segunda coleta (19/02/2024).	26
Tabela 7 – Valores dos IQA's calculados para todos os pontos.	27
Tabela 8 – Matriz de correlação de Pearson para as variáveis e índices de qualidade da água.....	31
Tabela 9 - cargas fatoriais extraídas dos indicadores e índices de qualidade da água	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BB	Barragem Barrocas
BC	Barragem Centro
BG	Barragem Genésio
BPP	Barragem Passagem de Pedras
C1	Coleta um
C2	Coleta dois
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CT	Coliformes Termotolerantes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEZ	Dezembro
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEV	Fevereiro
IQA	Índice de Qualidade da água
IQAB	Índice de Qualidade da água Bascarán
IQAC	Índice de Qualidade da água CETESBE
LASAN	Laboratório de Saneamento
NMP	Número Mais provável
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OD	Oxigênio Dissolvido
P1	Ponto Um
P2	Ponto Dois
P3	Ponto Três
P4	Ponto Quatro

pH	Potencial Hidrogeniônico
PT	Fósforo Total
PSO	Porcentagem de Saturação do Oxigênio
ST	Sólidos Totais
T	Turbidez
TEMP	Temperatura
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez

Sumário

1. Introdução	13
2. Objetivos.....	15
4.1 Objetivos geral.....	15
4.2 Objetivos Específicos	15
3. Revisão de Literatura	16
4. Material e Métodos.....	19
6.1 Caracterização da área de estudo.....	19
6.2 Localização dos pontos de coleta, periodicidade das coletas e caracterização da água coletada.....	20
6.3 Determinação dos parâmetros dos IQA's.....	21
6.3.1 IQACetesb	21
6.3.2 IQABascarán	22
6.4 Análise Estatística.....	25
5. Resultados e Discussões.....	26
7.1 Valores dos parâmetros para os cálculos do IQACETESB e IQABascarán.....	26
7.2 Resultados dos calculos de IQACETESB e IQABascarán.....	27
7.2.1 Analise e comparação dos resultados do IQACETESB e o IQABascarán...	28
7.2.2 Análise e comparação gráfica dos IQA's	29
7.2.3 Matriz de correlação de Pearson dos indicadores de qualidade da água	30
7.2.4 Análise de componentes principais dos parâmetros dos IQA's.....	32
7.2.4 Ações ambientais para melhoria da qualidade da água	35
6. Conclusões	37
7. Referências	38

1. INTRODUÇÃO

Como é de conhecimento, a água é o bem natural mais importante da humanidade, no entanto, seu uso de forma descontrolada vem afetando significativamente sua qualidade e disponibilidade. O aumento da demanda em face ao crescimento populacional, bem como, a elevada produção de alimentos, são fatores que contribuem com o esgotamento dos corpos hídricos quanti e qualitativo, podendo inclusive torná-la imprópria para o consumo humano. Neste sentido, é imprescindível a adoção de estratégias como o monitoramento e o controle das causas da degradação da qualidade das águas nos corpos hídricos (Resende, 2002).

A bacia hidrográfica Apodi/Mossoró, localizada no Oeste Potiguar, é de suma importância para o desenvolvimento socioeconômico da região. No entanto, esse desenvolvimento tem acarretado sérios problemas, problemas como poluição e degradação do rio, o que afeta a população local. Estudos destacam que as atividades antrópicas no trecho urbano do rio Apodi-Mossoró, tais como a lixiviação de fertilizantes e defensivos agrícolas, o carreamento de material vindo de fora do rio e as descargas de esgotos domésticos e industriais, têm causado impactos significativos na bacia hidrográfica, comprometendo sua qualidade ambiental (Bezerra; Batista; da Silva, 2018).

O uso de indicadores de qualidade da água é uma ferramenta, comumente, utilizada, principalmente quando se objetiva a elaboração de índices de qualidade em ambientes aquáticos. No Brasil, o Índice de Qualidade da Água – IQA mais difundido foi adaptado e desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB e contempla parâmetros físicos, químicos e biológicos, a exemplo de temperatura, potencial hidrogênionico - pH, oxigênio dissolvido - OD, demanda bioquímica de oxigênio – $DBO_{5,20}$, coliformes termotolerantes - CT, nitrogênio total Kjeldahl – NTK, fósforo total – P total, Sólidos totais - ST e turbidez (CETESB, 2017). O IQA_{CETESB} foi adaptado de um outro já existente (IQA_{NSFA}), que usava os parâmetros de forma aditivas, enquanto o $IQACETESB$ de forma multiplicativa, o que não mascararia resultados baixos, enquanto o $IQA_{Bascarán}$ pouco usado no Brasil já foi adaptado por Rizzi em 2001, embora use mais parâmetros possui um uso mais simples, embora os resultados sejam menos detalhados (Menezes *et al.*, 2010).

É importantíssimo o conhecimento destes indicadores, pois além de auxiliar na tomada de decisão quanto ao uso da água no abastecimento público, nos permite avaliar o enquadramento em classes dos corpos hídricos segundo a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 357/2005.

Com os índices já mencionados pode-se solucionar o problema que é avaliar diversos

parâmetros de qualidade da água do rio e calcular os índices de qualidade da água para se obter uma avaliação mais precisa e com mais representatividade do atual estado do rio Apodi-Mossoró. O que tras uma importância para esse trabalho baseado na necessidade periódica de avaliação da qualidade da água em ambientes aquáticos antropizados, os quais sofrem forte influência das atividades humanas e agrícolas que são desenvolvidas na parte urbana do rio Apodi-Mossoró.

Diante do exposto, propõe-se com este trabalho realizar uma análise espaço- temporal no trecho urbano da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, elaborando o índice de qualidade da água por meio de duas diferentes metodologias para o cálculo do IQA.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a qualidade da água do rio Apodi-Mossoró no trecho urbano utilizando duas diferentes abordagens para a elaboração de índices de qualidade da água: o IQACetesb e IQABascarán.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a concentração de parâmetros de qualidade da água (OD, pH, Ptotal, NTK, Sólidos totais, DBO_{5,20}, coliformes termotolerantes, temperatura e turbidez);
- Determinar os índices de qualidade da água da Cetesb e de Bascarán;
- Classificar a qualidade da água por meio dos índices de qualidade determinados; e
- Identificar dentre os índices determinados àquele que melhor representa a qualidade da água do rio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância da água e problema de poluição hídrica

O uso da água busca satisfazer as necessidades humanas em ambientes urbanos e rurais, bem como, suprir as necessidades hídricas de diversos empreendimentos industriais que também demandam água doce, e que após serem utilizadas em seus processos produtivos é devolvida para o meio ambiente em menor quantidade e com sua qualidade reduzida (ANA, 2019).

Dados da agência nacional de águas e saneamento básico (ANA, 2019) estabelece que a irrigação é a atividade responsável por 52% das águas que são retiradas dos corpos hídricos, já o abastecimento urbano é responsável por 23,8%, a indústria por 9,1% e o abastecimento animal apenas 8%.

Estima-se que no Brasil, 29,6 milhões de hectares se trata de área que pode ser irrigada, podendo ocasionar redução da qualidade das águas por contaminação de corpos hídricos superficiais que possam estar próximos a esses perímetros irrigados, como também reduzir a qualidade das águas subterrâneas que podem ser atingidas por lixiviação (Souza *et al.*, 2014).

3.2 Caracterização da bacia e do rio Apodi-Mossoró

Destaca-se como a segunda maior bacia hidrográfica do estado, e desempenha um papel econômico muito importante com atividades como extração de petróleo, produção de sal marinho, agricultura, fruticultura irrigada, pecuária e mineração de calcário. O clima que predomina na região é o clima quente, com suas estações sendo divididas em: período seco e período chuvoso. Nas áreas serranas com maiores altitudes e próximas às nascentes, prevalece o clima tropical chuvoso. A precipitação média anual na bacia varia entre 550 e 800 mm (Silva *et al.*, 2020).

O rio Apodi-Mossoró com seus 210km de extensão tem sua nascente em Luís Gomes, mais precisamente na região serrana na divisa do Rio Grande do Norte com o Ceará e suas águas encontram o mar nas cidades de Grossos e Areia branca. Sendo o maior rio inteiramente estadual, O rio Apodi-Mossoró atravessa durante seu trajeto terrenos de diferentes idades e de origens, além de uma geomorfologia que varia no decorrer do rio Apodi-Mossoro.

3.3 Indicadores e Índices de Qualidade da Água para usos múltiplos

Para monitorar a qualidade da água relacionada a cada uso existem trinta e cinco variáveis que são indicadoras de qualidade da água. No entanto, apenas nove são utilizadas para calcular o IQA: temperatura, pH, OD, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. Estes parâmetros são comumente utilizados no cálculo do índice que estabelece a classificação da qualidade da água, ao qual utiliza-se sua qualidade como critério para a definição da classificação e que a depender do valor do índice calculado a qualidade da água de um corpo hídrico é classificada como ótima, boa, regular, ruim ou péssima (CETESB, 2017).

Baseado nos valores obtidos para os nove parâmetros mencionados se calcula o IQA, índice este que é usado como ferramenta de monitoramento da qualidade das águas. O IQA nada mais é do que a análise e interpretação matemática desses valores obtidos que auxiliará a tomada de decisão quanto ao uso da água.

O IQA requer um conhecimento específico para seu desenvolvimento, por isso existem diversas formas de calcular esse índice. No Brasil o mais usado é o IQA_{CETESB}, que usa nove parâmetros e um índice para cada um desses parâmetros que relaciona com a importância que ele tem como agente poluidor de um corpo hídrico, já no IQA_{Bascarán} pode-se usar os mesmos 9 parâmetros, mas caso não se tenha um dos nove parâmetros dos IQA_{CETESB} pode-se fazer a substituição por um dos outros 25 parâmetros do IQA_{Bascarán} (Menezes *et al.*, 2010). Outro importante dispositivo regulatório relacionado à qualidade da água é a resolução do CONAMA nº 357/2005, que estabelece o enquadramento dos corpos hídricos brasileiros em classes.

3.4 Legislação aplicada aos recursos hídricos

Um dos maiores desafios para as regiões semiáridas é de que a qualidade da água atenda o uso para o qual é destinada, casos em que a qualidade requerida não é atingida, deve-se adotar ações que possam garantir a qualidade segundo a resolução do CONAMA nº 357/2005.

Outro desafio é quanto ao atendimento do enquadramento dos corpos hídricos em classes, isso se deve tanto pelas águas naturais de regiões semiáridas apresentarem déficit hídrico, como também pela predominância de águas salobras, que podem sofrer com a poluição humana na fonte geradora, comprometendo seu uso para fins de consumo humano (Pessoa, 2013).

É de suma importância mencionar após a publicação da Lei Federal nº 9.433 de 1997, referente à Política Nacional de Recursos Hídricos, que a qualidade das águas ganhou destaque e importância de âmbito nacional, lei essa que norteou como se deve tratar e gerir de forma correta

os recursos hídricos, além de estabelecer um padrão de qualidade das águas a depender do seu uso (Nascimento, 2020).

Esta resolução busca garantir por lei que o uso da água esteja dentro dos limites estabelecidos, por mais que ela não estabeleça que deve ocorrer uma melhoria nos níveis de água para consumo direto. A CONAMA nº 357/2005 também mostra qual deve ser a classe da água que deve ser usada com base em seu uso (Pessôa, 2013). Esta é uma resolução que estabelece ainda o uso de água de melhor qualidade para atividades mais exigentes, desde que seu uso não afete a qualidade da água ou afete a quantidade para o consumo humano (BRASIL, 2005).

O enquadramento do rio Apodi-Mossoró em uma determinada classe é variável ao longo do corpo hídrico, pois conforme o clima muda as condições de concentração dos parâmetros mudam, o que faz com que o clima, em especial o período chuvoso afeta as variáveis o que tende a aumentar a concentração, fazendo com que o enquadramento do rio Apodi-Mossoró seja difícil (Araújo;Santos; Araújo, 2007).

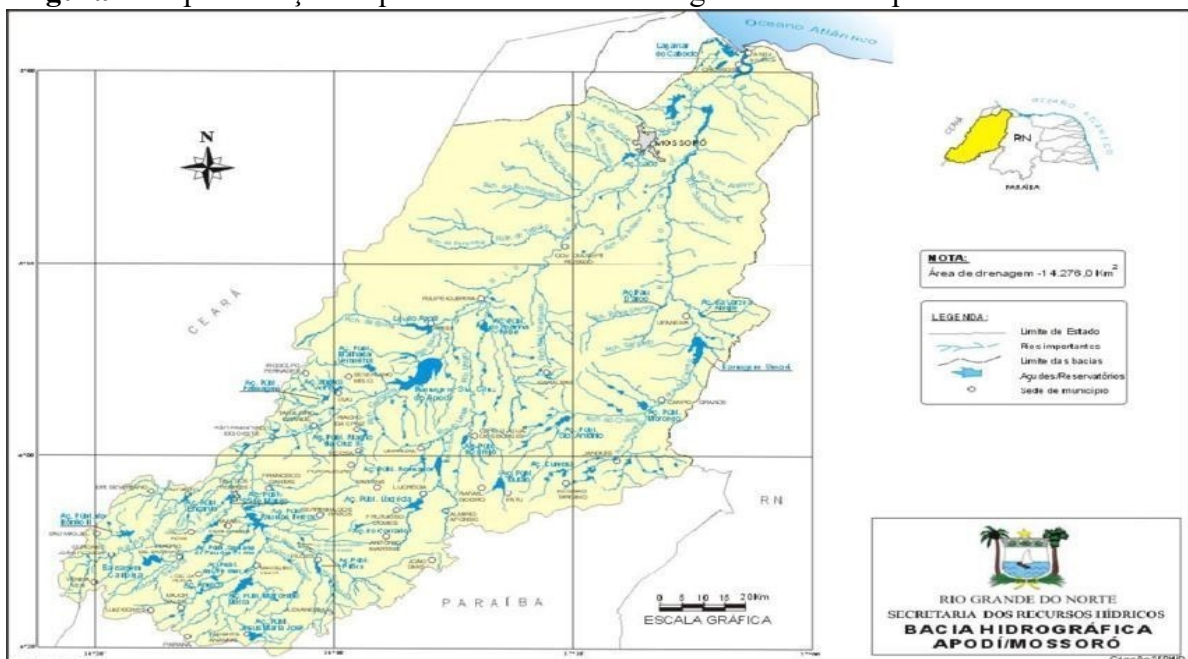
Por último e não menos importante, no ano de 2011 o CONAMA publicou a resolução nº 430, a qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos. A mesma estabelece que alguns efluentes poderão ser lançados diretamente no corpo hídrico sem necessidade de tratamento prévio, já outros devem passar por um tratamento especial para que se adeque aos padrões estabelecidos por lei. Esses padrões podem variar conforme a origem do efluente, além de obrigar os responsáveis pela geração do efluente de realizarem o monitoramento do curso d'água antes do despejo ocorrer (BRASIL, 2011).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Caracterização da área de estudo

O local estudado foi o rio Apodi-Mossoró, sua bacia hidrográfica se localiza na região oeste do Rio Grande do Norte, conforme apresentado na Figura 1, e possui uma área de 14.276 km², correspondendo a 26,8% da área do estado. O rio Apodi-Mossoró tem cerca de 210 km de extensão, nascendo na divisa do Rio Grande do Norte com a Paraíba, no município de Luís Gomes, tendo sua foz no Oceano Atlântico. A precipitação pluviométrica média anual é em torno de 700 mm, nessa bacia estão cerca de 618 açudes, com um volume de 469.714.600 m³. Em relação à geologia é dividido em duas regiões: área cristalina e área sedimentar, com a cristalina de 6.500 km² e a sedimentar com 4.500 km², com áreas de relevo predominantemente tabular com pouco relevo aguçado, e a segunda com feições mais elevadas da bacia (Justos; Santos; Souza, 2016).

Figura 1. Representação esquemática da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

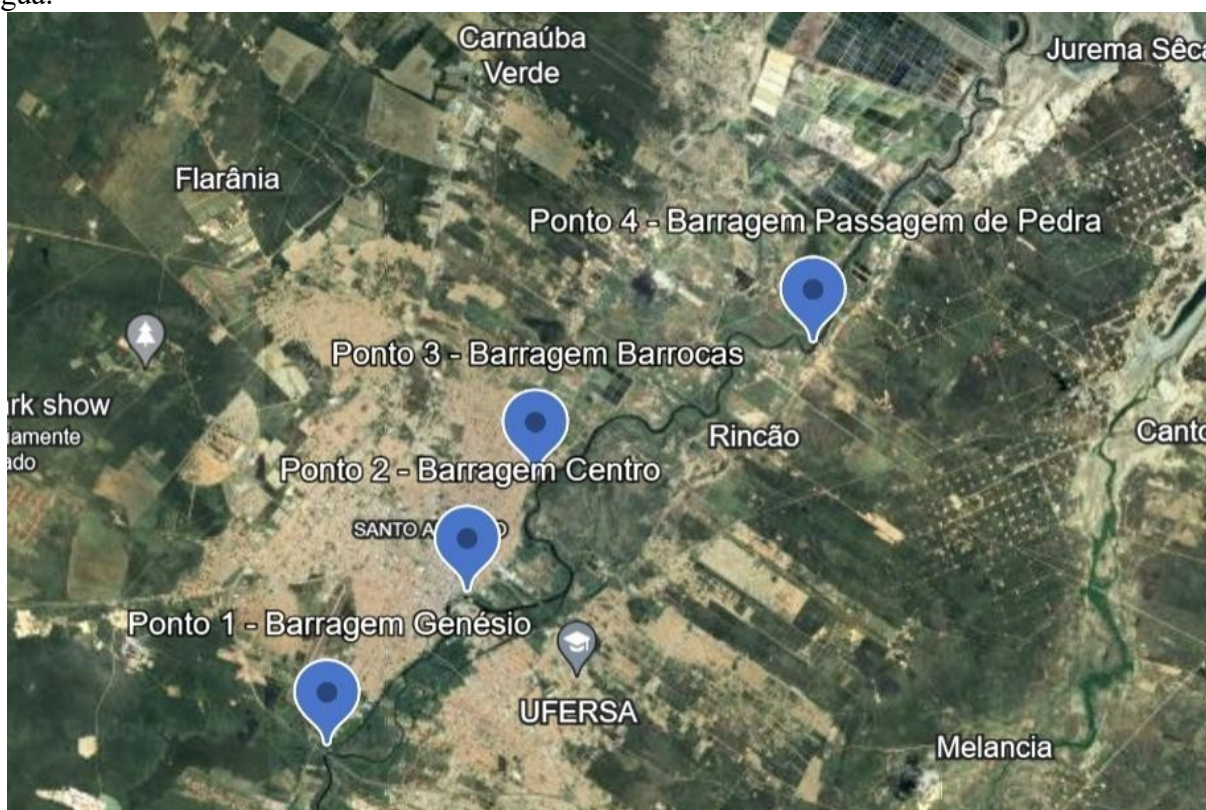


Fonte: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos –SEMARH (2014).

6.2 Localização dos pontos de coleta, periodicidade das coletas e caracterização da água coletada.

Seguindo o planejamento traçado, foram realizadas coletas em quatro barragens distintas ao longo do trecho urbano e rural da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, conforme apresentado na Figura 2. No período seco e chuvoso foram realizadas coletas nos pontos: Ponto 1: Barragem Genésio; Ponto 2: Barragem Centro; Ponto 3: Barragem Barrocas; e Ponto 4: Barragem Passagem de Pedra.

Figura 2. Representação das barragens do rio Apodi-Mossoró onde foram realizadas as coletas de água.



Fonte: Goole Earth (2024).

As amostras foram coletadas em dois períodos distintos e utilizou-se o método de amostragem simples, sendo a primeira coleta realizada em 05/12/2023 durante o período seco e a segunda coleta no dia 19/02/2024, sendo esta marcada pela chegada do período chuvoso.

Durante as coletas, *in loco*, foram mensuradas informações a cerca dos parâmetros de Temp. – Temperatura, OD – Oxigênio dissolvido e percentagem de saturação da água, para o qual utilizou-se uma sonda portátil e medidor multiparâmetro da marca Hach. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Saneamento – LASAN da UFERSA campus Mossoró para seu devido armazenamento e posterior determinação da demanda bioquímica de

oxigênio – DBO_{5,20}, fósforo total - P_{total}, turbidez – T, sólidos totais - ST e a preparação das amostras para análises de pH e NTK no laboratório de análises de água, solo e planta - LASAP da UFERSA, bem como a determinação de coliformes termotolerantes – CT no Laboratório de Parasitologia Diagnóstica e Experimental (LPDE) da UFERSA. Os procedimentos de coletas e preparação das amostras, bem como a realização das análises seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Baird *et al.*, 2017) e da Embrapa (Teixeira *et al.*, 2017).

6.3 Determinação dos parâmetros dos IQA's

Os parâmetros foram determinados seguindo as já mencionadas recomendações, onde a mensuração de oxigênio dissolvido, percentagem de saturação da água e temperatura foi realizada *in loco*, utilizando uma sonda e medidor multiparâmetro, já o pH foi determinado por meio do uso do peagâmetro de bancada, o Nitrogênio foi determinado não através do Nitrogênio Total, mas sim utilizando o método Kjeldahl que foi adaptado para a realização dos calculos, a turbidez através do método neflométrico, os sólidos totais foram obtidos pelo método gravimétrico a uma temperatura superior à 105°C, no caso dos coliformes totais e termotolerantes determinou-se a população de bactérias do grupo coliformes usando a técnica dos tubos múltiplos para se determinar o número mais provável (NPM/100mL) e se há presença de *E.coli* na amostra avaliada, a DBO_{5,20} foi estimada pelo metodo da incubação e o fósforo total por meio da curva para determinação de fósforo usando os valores de absobância obtidos por espectrofotometria.

Posteriormente foram calculados os índices de qualidade da água utilizando o método da CETESB e o método de Bascarán, conforme equação 1 e 2, respectivamente.

6.3.1 IQA_{Cetesb}

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

Em que:

- IQA_{cetesb} – Índice de qualidade da água, um número variando entre 0 e 100; q_i – Qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido a partir da curva média de variação da qualidade;
- w_i – Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1.

A Tabela 1 mostra os pesos w_i para o cálculo do IQAC e a Tabela 2 apresenta as faixas de IQA utilizadas pela CETESB.

Tabela 1. Parâmetros e pesos para o cálculo do IQA_{CETESB}.

Parâmetros	Pesos
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO _{5,20}	0,10
Nitrogênio total Kjeldahl	0,10
Fósforo total como PO ₄ ³⁻	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Fonte: Brasil (2019).

O qi de cada ponto foi obtido das equações representativas das curvas de qualidade da National Sanitation Foundation (NSF) adaptadas pela CETESB.

Tabela 2. Faixas de IQA_{CETESB} utilizadas nos estados de Alagoas, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul.

Categoria	Faixas
Otimo	90 -100
Boa	71 - 90
Razoável	51 - 70
Ruim	25 – 50
Péssima	0 – 25

Fonte: Brasil (2019).

6.3.2 IQA_{Bascarán}

$$IQA_{Bascarán} = K \frac{\sum_{i=1}^n c_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (2)$$

Em que:

c_i – Valor percentual correspondente ao parâmetro i ;

p_i – Peso correspondente a cada parâmetro;

k - Constante de ajuste, em função do aspecto visual das águas.

k - 1,00 para águas claras sem aparente contaminação;

k - 0,75 para águas com ligeira cor, espumas, turbidez

aparente não natural;

k - 0,50 para águas com aparência de estar contaminada e com forte odor;

k - para águas negras que apresentam fermentação e odores (Rizzi, 2001).

Essa fórmula dará o valor do IQAB, com esse valor se verifica na tabela 3 a faixa de qualidade que esse valor pertence.

Tabela 3. Faixas de valores do IQA_{Bascarán}.

Qualidade	Faixa de valor
Ótimo	90, 100
Bom	70, 80
Médio	50, 60
Ruim	30, 40
Péssimo	0, 10 e 20

Fonte: adaptação própria (2024)

A Tabela 4 é referente aos parâmetros analisados, e as faixas de variações dele, essas faixas de variações são associadas a um valor percentual que diz respeito a o quanto aquele valor do parâmetro é bom (próximo de 100%) ou ruim (próximo de 0%), além dos pesos de cada um desses nove parâmetros.

Tabela 4. Pesos (pi), valor percentual correspondente ao parâmetro (pi) e parâmetros utilizados no IQA_{Bascarán}

Parâmetro	Coliformes Termotolerantes (NMP/100ML)	pH	DBO (mg/L)	NTK (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Sólidos totais (mg/L)	Oxigenio Dissolvido (%)	Aspecto aparente (Qualidade)	Valor Percentual
Peso	3	1	3	2	2	1	2	2	4		%
	>14.000	1	>15	>13,3	>1,4	>50/>-8	>400	>20.000	0	Péssimo	0
	10.000	2	12	12	1,2	45/6	250	10.000	1	Muito Ruim	10
	7.000	3	10	10	1	40/-4	180	5.000	2	Ruim	20
	5.000	4	8	8	0,8	36/-2	100	3.000	3	Desagradável	30
Valor analítico do parâmetro	4.000	5	6	6	0,6	32/0	50	2.000	3,5	Improprio	40
	3.000	6	5	4	0,4	30/5	20	1.500	4	Normal	50
	2.000	6,5	4	2	0,2	28/10	18	1.000	5	Aceitável	60
	1.500	9	3	0	0,08	26/12	15	750	6	Agradável	70
	1.000	8,5	2	0,8	0,06	24/14	10	500	6,5	Bom	80
	500	8	1	0,6	0,04	22/15	8	250	7	Muito Bom	90
	<50	7	<0,5	<0,4	<0,02	21/16	<5	<100	7,5	Excelente	100

Fonte: adaptação própria (2024)

6.4 Análise Estatística

Os resultados dos nove indicadores e dos dois índices de qualidade da água foram trabalhados por meio da análise estatística multivariada com posterior elaboração da matriz de correlação de Pearson, análise de componentes principais – ACP, utilizando o critério de Kaiser para definição do número de componentes na análise e análise fatorial com apoio do software Statistica 7.0.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Valores dos parâmetros para os cálculos do IQA_{CETESB} e IQA_{Bascarán}.

Os resultados das análises feitas em laboratório estão presentes na Tabela 4 referente à coleta 1, e na Tabela 5 referente a coleta 2.

Tabela 5. Valores dos parâmetros referentes a primeira coleta (05/12/2023).

Pontos de coleta	pH	T (UNT)	ST (mg/L)	NTK (mg/L)	PT (mg/L)	OD (mg/L)	DBO _{5,20} (mg/L)	TEMP (°C)	CT (NMP/100mL)
Ponto 1 (BG)	7,9	8,25	1331,33	4,29	0,005	8,77	2,60	30,20	< 30
Ponto 2 (BC)	7,8	4,37	1365,0	1,03	0,067	3,04	4,35	33,20	230
Ponto 3 (BB)	8,1	11,00	1301,00	7,47	0,015	9,67	5,74	33,20	230
Ponto 4 (BPP)	8,1	55,60	1533,00	1,12	0,74	6,22	8,43	29,90	< 30

Nota: T: Turbidez; ST: Sólidos totais; NTK: nitrogênio total kjeldahl; PT: Fósforo Total; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO_{5,20}: Demanda Bioquímica de Oxigênio; TEMP: Temperatura; CT: Coliformes termotolerantes; BG: Barragem Genésio; BC: Barragem Centro; BB: Barragem Barrocas; BPP: Barragem passagem de pedra.

Tabela 6. Valores dos parâmetros referentes a segunda coleta (19/02/2024).

Pontos de coleta	pH	T (UNT)	ST (mg/L)	NTK (mg/L)	PT (mg/L)	OD (mg/L)	DBO _{5,20} (mg/L)	TEMP (°C)	CT (NMP/100mL)
Ponto 1 (BG)	7,83	8,03	1484,66	3,08	0,038	5,74	2,75	30,80	11 x 10 ³
Ponto 2 (BC)	7,56	6,77	952,66	0,75	0,137	0,95	5,32	29,40	>11 x 10 ³
Ponto 3 (BB)	7,47	8,96	1174,67	5,97	0,180	4,26	4,80	29,80	>11 x 10 ³
Ponto 4 (BPP)	7,86	28,60	1408,67	5,79	0,459	5,15	10,44	30,70	2400

Nota: T: Turbidez; ST: Sólidos totais; NTK: nitrogênio total kjeldahl; PT: Fósforo Total; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO_{5,20}: Demanda Bioquímica de Oxigênio; TEMP: Temperatura; CT: Coliformes termotolerantes; BG: Barragem Genésio; BC: Barragem Centro; BB: Barragem Barrocas; BPP: Barragem passagem de pedra.

Ao se observar os dados relativos aos nove parâmetros nota-se que a qualidade da água tende a piorar conforme se adentra mais no perímetro urbano, essa piora se dá pela intensa atividade antrópica que se tem no decorrer do curso do rio, atividade essa que é mais intensa nos pontos BC, BB e BPP, principalmente quando se observa os parâmetros oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes, já que esses parâmetros tem maiores pesos quando se trata da qualidade da água. Na BC os aumentos nos parâmetros se dá em especial pelo lançamento de esgoto da área comercial e residencial do município no corpo hídrico em questão, e no período

chuvoso a água da chuva pode arrastar ainda mais poluição do entorno para a área, o mesmo acontece nos demais pontos, em especial a BB e BPP se encontram em uma área de dessedentação de animais, e residências com esgoto sendo lançado diretamente no rio. Quando se comparar os resultados com o trabalho de Bezerra *et al.*, (2013). O comportamento do rio Apodi-Mossoró é o mesmo, comportamento de piora conforme se adentra no período chuvoso. Conforme este trabalho mostrou, sendo os pontos mais críticos a BC e BB, levando em conta os parâmetros com maiores pesos (CT e OD), comportamento esse que Bezerra *et al.*, (2013) também observou em seu trabalho.

7.2 Resultados dos cálculos de IQA_{CETESB} e $IQA_{Bascarán}$

Com os dados obtidos das análises laboratoriais foi possível calcular os IQA's, e classificar a qualidade das águas do rio.

A Tabela 6 mostra os resultados dos IQA's para os quatro pontos da coleta 1, e os quatro pontos da coleta 2, e com esses resultados a água do rio foi classificada quanto a sua qualidade. No caso em que se utilizou o método de Bascarán no cálculo do IQA o valor para a constante K adotado foi 0,75 em todos os pontos e para as duas companhias de coleta, pois foi observado em campo que as águas dos pontos de coleta no decorrer do rio possuíam uma ligeira cor, espumas e turbidez aparente não natural.

Tabela 7. Valores dos IQA's calculados para todos os pontos.

Pontos	IQA – CETESB	IQA- BASCARAN	IQA- BASCARAN + k	QUALIDADE IQAC	QUALIDADE IQAB e IQAB + K
P1DEZ23	73,38	81,5	61,13	Boa	Bom – Médio
P1FEV24	55,11	62	46,5	Ruim	Médio -Médio
P2DEZ23	56,74	65,5	49,13	Razoável	Bom – Médio
P2FEV24	37,73	47	35,25	Ruim	Médio - Ruim
P3DEZ23	64,69	73,5	55,13	Razoável	Bom- Médio
P3FEV24	46,83	49,5	37,13	Ruim	Médio - Ruim
P4DEZ23	57,01	58,5	43,88	Razoável	Médio - Ruim
P4FEV24	50,49	45	33,75	Ruim	Ruim - Ruim

Fonte: Elaboração própria (2024).

Quando se compara os valores dos IQA_{CETESB} obtidos com os valores encontrados por Araújo, Santos e Araújo (2007) para os pontos BG, BC e BPP, temos a classificação de IQA's diferente para a primeira coleta, já para a segunda a classificação é praticamente a mesma com exceção da BC que no referido trabalho foi classificada como Aceitável, enquanto neste trabalho foi classificado como Ruim.

7.2.1 – Análise e comparação dos resultados do IQA_{CETESB} e o IQA_{Bascarán}

Primeiramente deve se observar que o IQA_{Bascarán} foi calculado com e sem a constante K, pois essa contante é determinada pelo pesquisador através de sua observação em campo o que a torna bastante subjetiva, já que muitos fatores afetam sua determinação, principalmente climáticos, como é o caso das precipitações pluviais que antecederam a segunda coleta, além da percepção do observador como relatado por Menezes, Prado e Silva Júnior (2010).

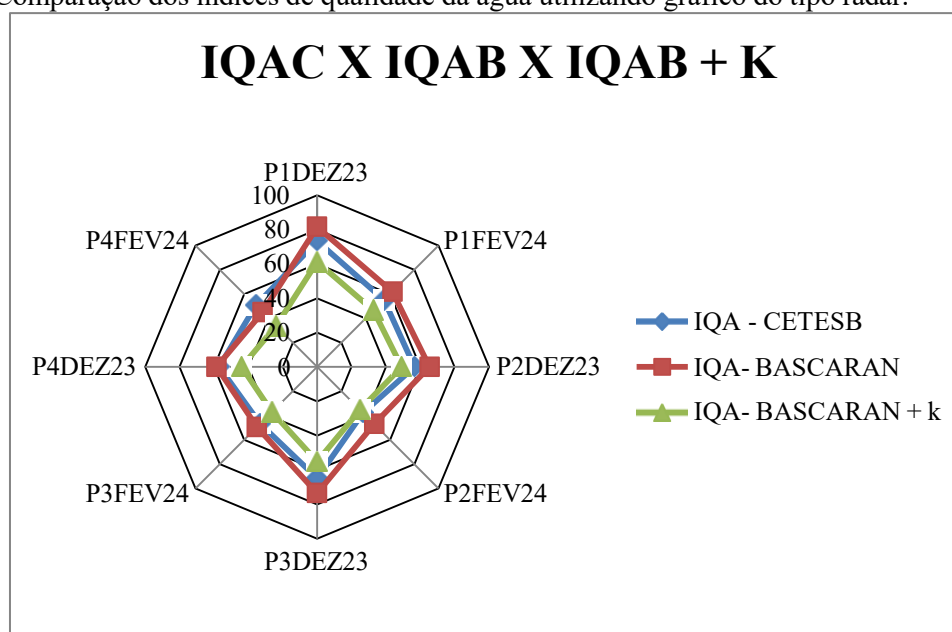
Quando se analisa individualmente os IQA's percebe-se que o IQA_{CETESB} piorou ao comparar as coletas feitas em dezembro para as feitas em fevereiro, talvez pelo fato de ter iniciado o período chuvoso, o que pode ser explicado pela contribuição das chuvas ao trazer através de suas águas mais esgoto não tratado e poluente oriundos de práticas agrícolas e criação de animais nas margens do rio nos pontos observados, principalmente nos pontos BB e BPP.

A piora nos IQA's do ponto BG de uma coleta para a outra tem em suas consequências o aumento das atividades antrópicas naquela localidade, já que no período chuvoso muitas pessoas usam aquele local para festas, consumos de bebidas e fazem suas necessidades no local, atividades essas que aumentam a poluição, em especial onde foram feitas a coleta, já no caso do IQA do ponto BC, devido a sua localização mais urbana, acaba por sofrer forte influência dos despejos de esgotos sanitários não tratados dos comércios e residências do seu entorno. O IQA_{Bascarán} sem a constante K mostrou proximidade com o IQA_{CETESB}, levando em conta que para se obter o IQA_{Bascarán} os valores usados não são tão precisos como do IQA_{CETESB}, mas seguiu a mesma tendência do IQA_{CETESB} que mostrou uma piora quando se observavam os resultados da coleta 1 (05/12/2023) em comparação com os da coleta 2 (19/02/2024). Já com a constante K o IQA_{Bascarán} ficou ainda menor, no entanto, a qualidade final da água não apresentou diferença significativa quando comparada com a obtida pelo método da CETESB.

7.2.2 – Análise e comparação gráfica dos IQA's

Por meio do uso de um gráfico do tipo radar (Figura 3) foi possível observar que os resultados dos IQA's calculados pelos dois métodos mantiveram-se semelhantes, isso implica dizer que mesmo com o uso de metodologias diferentes para a avaliação da qualidade da água do rio, os resultados obtidos se mostraram bastante parecidos e a classificação da água não apresentou grandes diferenças ou que pudesse levantar dúvidas quanto ao uso de um dos cálculos de IQA.

Figura 3 . Comparação dos índices de qualidade da água utilizando gráfico do tipo radar.



Fonte: Autoria própria (2024).

A proximidade das linhas e dos pontos nesse gráfico evidencia a similaridade dos IQA's já mencionada (Figura 3). Para o $IQA_{Bascaran} + K$ por mais que a constante K seja algo que se avalia de forma subjetiva ela não interferiu de forma a mascarar nenhum resultado, mesmo considerando a constante nos cálculos do $IQA_{Bascaran}$ a qualidade da água se manteve bem parecida com a do IQA_{CETESB} , evidenciando que mesmo não usando valores precisos para o cálculo do $IQA_{Bascaran}$ e a usando a constante K, os resultados da qualidade da água se mantiveram dentro de uma faixa de acordo com o IQA_{CETESB} que é mais usado no Brasil.

7.2.3 Matriz de correlação de Pearson dos indicadores de qualidade da água.

O coeficiente de Pearson pode variar entre -1 a 1, o sinal nesse caso indica a direção que pode ser negativa ou positiva, e esse valor sugere quão forte é a relação entre essas variáveis. Quanto mais próximo de 1 ou -1 mais correlacionadas entre si essas variáveis estão. Já o oposto, quanto mais próximas de 0 indica que a relação linear entre tais variáveis é baixa ou não existe. (Figueredo e Silva, 2009).

Na Tabela 8 está apresentada a matriz de correlação de Pearson para as variáveis e índices de qualidade da água.

Tabela 8 - Matriz de correlação de Pearson para as variáveis e índices de qualidade da água.

Variaáveis	DBO_{5,20}	PT	NTK	TEMP	T	PSO	ST	CT	pH	IQA_{CETESB}	IQA_{Bascarán}
DBO	1,00	0,81	0,12								
PT	0,81	1,00	-0,23								
NTK	0,12	-0,23	1,00								
TEMP	-0,09	-0,39	0,23	1,00							
T	0,73	0,96	-0,16	-0,29	1,00						
PSO	-0,07	-0,11	0,63	0,34	0,15	1,00					
ST	0,19	0,39	0,03	0,26	0,53	0,49	1,00				
CT	-0,29	-0,23	-0,09	-0,51	-0,38	-0,56	-0,51	1,00			
pH	0,27	0,28	0,11	0,44	0,53	0,73	0,71	-0,78	1,00		
IQA_{CETESB}	-0,30	-0,22	0,31	0,42	0,02	0,86	0,56	-0,71	0,69	1,00	
IQA_{Bascarán}	-0,5	-0,48	0,15	0,47	-0,23	0,73	0,32	-0,56	0,56	0,92	1,00

Nota: DBO_{5,20} - Demanda Bioquímica de Oxigênio; PT - Fósforo total; NTK - Nitrogênio total kjeldahl; TEMP - Temperatura; T - Turbidez; PSO – Percentagem de saturação de oxigênio; ST - Sólidos totais; e CT - Coliformes termotolerantes.

Pela análise da matriz de correlação, são consideradas significativas as correlações acima de 0,70 para um nível de significância de 95%. As correlações positivas entre variáveis indicam que o aumento na concentração de uma variável implica necessariamente no aumento da outra, por outro lado, ao passo que uma diminui na outra também é observado comportando de redução em seu valor.

Para a $DBO_{5,20}$, por exemplo, a mesma apresenta resultados mais significativos de correlação com o P e com a TEMP, tendo os valores 0,81 e 0,73, respectivamente, o que indica que quando a $DBO_{5,20}$ aumenta se essas duas variáveis também aumentam, ou quando a $DBO_{5,20}$ diminui na água a concentração de PT e T também diminuem.

O PT se relaciona com a T, com correlação positiva. Esse valor de 0,96 sugere uma forte ligação entre essas duas variáveis. Por outro lado, o NTK, pH e T não apresentaram correlação significativa com nenhuma outra variável.

Já a PSO na água apresentou correlação direta com três variáveis, as quais se pode citar: pH, IQAC e IQAB com valores de 0,73; 0,86 e 0,73, respectivamente o que indica a tendência de aumento dessas três variáveis conforme o PSO aumenta no meio líquido.

Os ST apresentaram correlação positiva com o pH de 71%.

Já para os CT, foi observada correlações negativas com as variáveis pH e QA_{CETESB} , com valores de -0,78 e -0,71, respectivamente, o que implica aumento no nível populacional de CT com a redução pH e QA_{CETESB} .

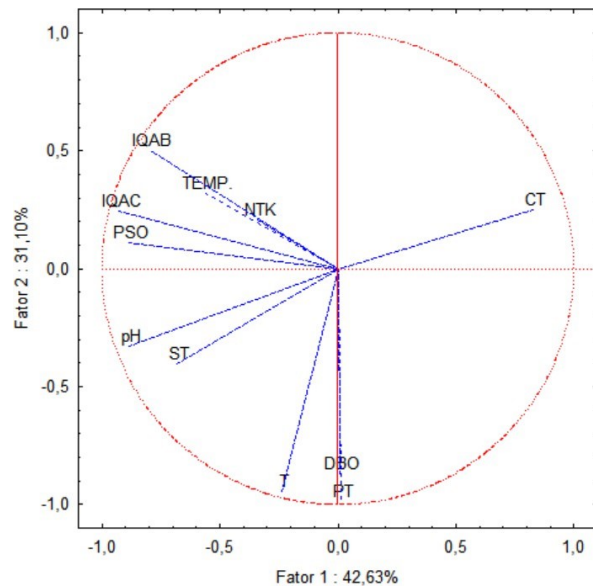
E por fim, o QA_{CETESB} apresentou correlação significativa com o $QA_{Bascarán}$, tendo o valor de 0,92. Esse valor demonstra uma forte ligação entre os índices calculados embora tenham sido mensurados com base em propostas metodológicas diferentes.

7.2.4 Análise de componentes principais dos parâmetros dos IQA's

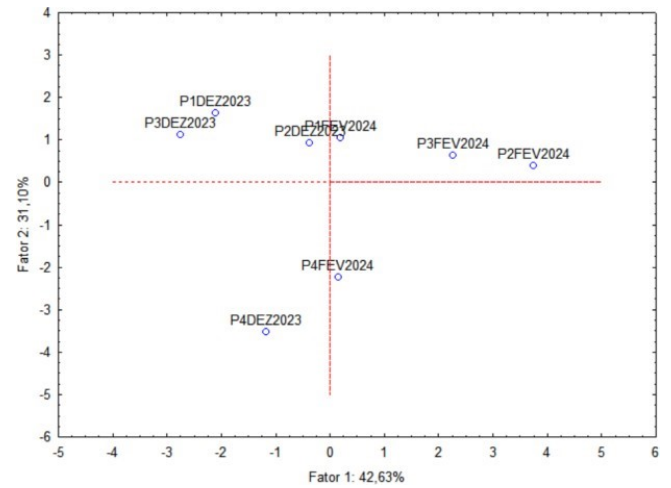
Na Figura 4 estão apresentados os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP) para as nove variáveis de qualidade de água e os dois índices de qualidade de água estudados. Foram observadas três componentes principais com autovalor maior que um, por esse motivo foi feita a correlação dos fatores 1 x 2, e 1 x 3 como mostrado na Figura 4. Observou-se que os nove parâmetros mais os 2 IQA's foram agrupados nesses três fatores ou componentes principais, cada componente mostra as variáveis que pertencem aos mesmos e quais variáveis estão mais relacionadas entre si do ponto de vista estatístico.

Figura 4. Variáveis projetadas no plano de fatores e as correlações do fator 1 x fator 2, (A) e para o fator 1 x fator 3, (C); projeções dos pontos de coleta no plano de fatores, correlacionando o fator 1 x fator 2, (B) e fator 1 x fator 3 (D).

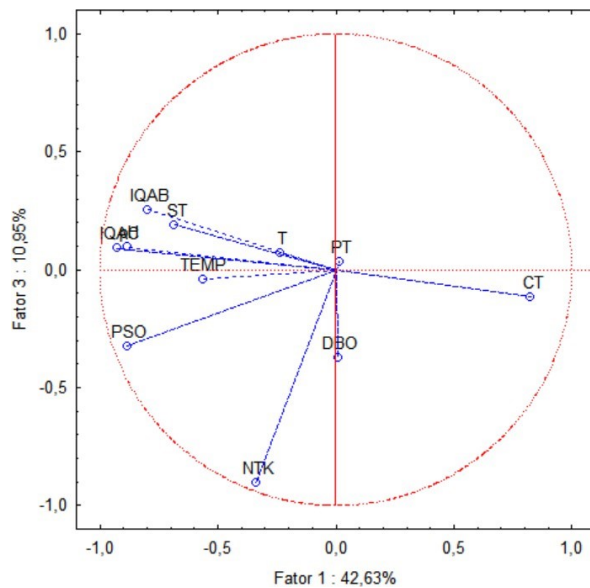
A



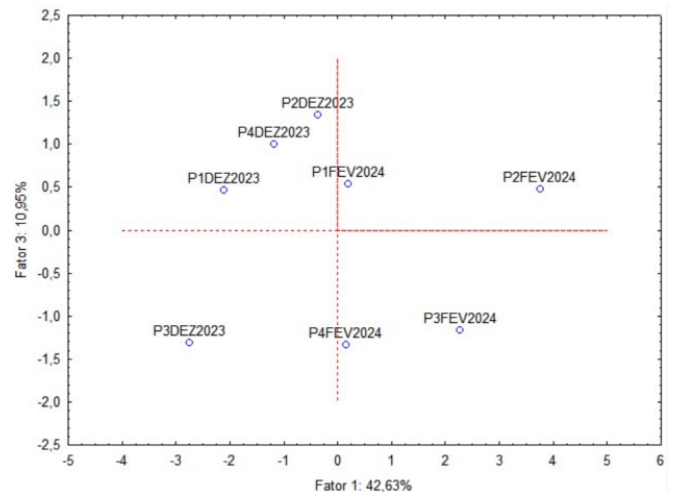
B



C



D



Fonte: Autoria própria (2024).

Ao analisar a Figura 4A tem-se o círculo de correlação entre os fatores 1 x 2, nota-se portanto que as variáveis que mais se aproximam da borda do círculo são as mais importantes e tem maior significância para a análise. Quando se analisa as variáveis mais próximas ao fator 1 (vetor horizontal) tem-se as variáveis de PSO, ST, CT, pH, IQA_{CETESB} e IQA_{Bascarán}, outras variáveis também se aproximam do vetor horizontal mas como elas não atingiram o nível de

significância de 0,70 ou maior então não tem influência tão forte nesse fator já que elas não chegaram tão próximos as bordas.

Observa-se que a $DBO_{5,20}$, PT e TEMP, pertencem claramente a componente 2, apresentando comprimento de vetor bem próximo da borda do círculo de correlações, o que indica que essas variáveis possuem forte influência sobre esse fator.

Já na Figura 3C, as variáveis mais importante para a relação do fator 1 x 3 foram NTK, PSO, IQAC, pH e CT. Outro ponto importante a se observar nas Figuras 3A e 3C é o sentido oposto dos CT em relação às demais variáveis estudadas, indicando que quando as outras variáveis aumentam, o nível populacional de CT diminui na água.

A Figura 3B mostra a distribuição dos pontos em quadrantes, quando se observa em que quadrantes determinados os pontos de amostragem estão, pode se associar com o círculo de correlação. Os pontos P2FEV24 e o P3FEV24 influenciaram no nível populacional de CT, já que está no mesmo quadrante, mesmo porque o ponto P2FEV24 tem ainda mais importância já que se aproxima mais do fator 1. Os pontos P3DEZ23 e P1DEZ23 influenciaram a PSO, QA_{CETESB} , $QA_{Bascarán}$ com mais importância que o NTK e TEMP. Os pontos que estão próximos ao centro do círculo de correlação (P4FEV24, P2DEZ23, P1FEV24 e P4DEZ23) não foram significativas.

Evidencia-se, na Figura 3D, que o ponto P3DEZ2023 influenciou de forma significativa o PSO e NTK, bem como o ponto P2FEV24 teve forte influencia no CT.

Outros pontos influenciaram as variáveis, mas sem tanta importância como os que foram especificados acima.

Na Tabela 9 estão apresentadas as cargas fatoriais extraídas dos indicadores e índices de qualidade da água. Baseado nos resultados da tabela e do que já foi abordado anteriormente, observa-se os três mencionados autovalores maiores ou iguais a 1, com as porcentagens de variância de 42,63, 31,10 e 10,95%. E suas variâncias acumuladas foram de 42,63, 73,73 e 84,68%, o somatório total de 84,68% representa a capacidade em porcentagem para explicar a variância total das 11 variáveis que foram analisadas.

Tabela 9. Cargas fatoriais extraídas dos indicadores e índices de qualidade da água.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
DBO	-0,101680	0,911901	0,223279
PT	-0,018180	0,970351	-0,187917
NTK	0,132410	-0,054648	0,978771
TEMP	0,541232	-0,286105	0,211310
T	0,234375	0,932323	-0,160680
PSO	0,791547	-0,020188	0,520065
ST	0,704003	0,400504	-0,096987
CT	-0,827053	-0,268348	-0,029535
pH	0,878802	0,350689	0,047837
IQA_{CETESB}	0,927195	-0,210788	0,149963
IQA_{Bascarán}	0,839814	-0,498977	0,004245
Autovalores	4,69	3,42	1,20
% variância	42,63	31,10	10,95
Variância acumulada %	42,63	73,73	84,68

Autor: Autoria própria (2024).

Nota: DBO_{5,20} - Demanda Bioquímica de Oxigênio; PT - Fósforo total; NTK - Nitrogênio total kjeldahl; TEMP - Temperatura; T - Turbidez; PSO – Percentagem de saturação de oxigênio; ST - Sólidos totais; e CT - Coliformes termotolerantes.

Sabe-se que o fator 1 possui a maior porcentagem e por isso ele é o que tem a maior representatividade na análise fatorial. Para o fator 1 tem-se que as já mencionadas variáveis de PSO, ST, CT, pH, IQA_{CETESB} e IQA_{Bascarán} como as de maior destaque, inclusive destacadas em vermelho. Para o fator 2 tem-se que as variáveis DBO, PT e TB como as mais importantes, todas acima de 0,90. E por fim, para o fator 3 a única variável de destaque foi NTK com valor próximo de 1,00.

7.4 Ações ambientais para melhoria da qualidade da água.

Para o começo de ações ambientais para tratar da qualidade das águas do rio Apodí-Mossoró primeiro deve-se realizar monitoramento periódico para se verificar a qualidade da água, esse monitoramento irá ajudar a verificar pontos críticos de poluição ao longo do trecho do rio, além de evidenciar quais parâmetros apresentam-se em concentrações mais elevadas. Outra forma é o incentivo a educação ambiental e políticas de adoção e incentivo a práticas sustentáveis.

Quanto à poluição originada pelas indústrias e pelas atividades agrícolas realizadas no

entorno da bacia hidrográfica, sugere-se a implementação de políticas mais rigorosas para o tratamento dos efluentes industriais e punições para o descarte inadequado das embalagens de agrotóxicos que na grande maioria das vezes são descartadas no meio ambiente sem qualquer medida de controle da poluição. A adoção de técnicas de drenagem urbana sustentável para reduzir a quantidade de água pluvial que chega ao rio sem tratamento.

Ampliar a cobertura e eficiência das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), principalmente nas áreas mais carentes que são as que mais têm influencia para o aumento da poluição do rio, lançando seus esgotos não tratados diretamente no corpo hídrico. Uma atenção maior dos órgãos ambientais do município para criar ações de parcerias com a população e setor privado com o objetivo da diminuição do lançamento de efluente que não atenda as normas legais para que o lançamento ocorra.

8. CONCLUSÕES

Conclui-se que tanto o IQA_{CETESB} como o $IQA_{Bascarán}$ deram resultados satisfatórios e confiáveis, o que implica dizer que qualquer dos métodos são aceitáveis para o cálculo do IQA.

Constatou-se que a qualidade da água do rio Apodí-Mossoró é imprópria para praticamente todos os usos de contato primário, o que fica evidenciado ao se observa os valores dos parâmetros obtidos, o que ficou ainda mais claro com os valores dos cálculos dos IQA's, e que no período chuvoso sua qualidade reduz, acredita-se que pelo fato das águas pluviais carregarem poluição para o leito do rio, o que compromete ainda mais a qualidade da água do rio Apodi-Mossoró.

9. REFERÊNCIAS

Araújo, A. L. C.; Santos, J. P.; Araújo, U. C. (2007). **Monitoramento das Águas do Rio Mossoró/RN**. Holos, Ano 23, maio/2007, 34-38.

BEZERRA, Joel Medeiros; BATISTA, Rafael Oliveira; SILVA, Paulo Cesar Moura da. Caracterização do processo de poluição dos sedimentos do Rio Apodi-Mossoró no trecho urbano de Mossoró-RN. **Sociedade & Natureza**, v. 30, p. 108-126, 2023.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. 75 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 maio 2011. Seção 1, p. 81-84.
CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. **Rio Apodi-Mossoró meio ambiente e planejamento**. 1. ed. Mossoró: Edições UERN, 2021. 330 p.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Índices de Qualidade das Águas**. 2017.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

JUSTO, Jader Felipe Araújo; SANTOS, WLA dos; SOUZA, F. das CS. A bacia do Rio Apodi-Mossoró (RN) como objeto de pesquisa em programas de pós-graduação. **Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 31, p. 97-105, 2016.

Menezes, J. M.; Prado, R. B.; Silva Junior, G. C. Da; Santos, R. T. Índices de Qualidade de Água: métodos e aplicabilidade. In: PRADO, R.B.; TURETTA, A.P.D.; ANDRADE, A.G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto de mudanças ambientais**. 1ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010, v. 1, p. 325-352.

Morais, Naassom Wagner Sales; Santos, André Bezerra dos. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019.

NASCIMENTO, Daniela Macedo. A importância da qualidade da água para seu uso na irrigação. **Boletim do Tempo Presente**, v. 9, n. 1, p. 70-92, 2020.

PESSÔA, Zúri Bao. **Efetivação do enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas: avaliação conforme a resolução CONAMA 357/2005 e**

Portaria MS 2914/2011. 2013. 124 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) - Salvador, [S. l.], 2013.

Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2002. 29 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n. 57).

Fonte: **ResearchGate**. Disponível em: [Localização da Bacia Hidrográfica do Apodi-Mossoró no estado do Rio... | Download Diagrama Científico \(researchgate.net\)](#) . Acesso em: 19 Nov. 2023.

RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**.

RICE, Eugene W. et al. **Métodos-padrão para o exame de água e águas residuais**. Washington, DC: Associação Americana de Saúde Pública, 2012.

RIZZI, N. Índices de Qualidade de Água. **Sanare**, v.15, n.15, p.11-20, 2001.

SILVA, Bruce Kelly da Nobrega et al. Avaliação de extremos de erosividade causados pela precipitação na Bacia do Rio Apodi/Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 871-879, 2020.

SOUZA, Juliana Rosa de *et al.* A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do Prodem**, v. 8, n. 1, 2014.

STATISTICA. 2004. Versão 7.0. **[Programa de computador]**. Disponível em: [Download STATISTICA 7.0 - statist.exe \(informer.com\)](#). Acesso em: 15 de Março. 2023.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2017.