

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

TALITA ARAÚJO DIAS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO TRECHO DO RIO
PIANCÓ NA BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ-PIRANHAS AÇU**

JOÃO PESSOA – PB

2021

TALITA ARAÚJO DIAS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO TRECHO DO RIO PIANCÓ NA
BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ-PIRANHAS AÇU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Orientadora: Prof^a. Dra. Andrea Lopes de Oliveira Ferreira

Coorientador: Prof. Dr. Giovanilton Ferreira da Silva

JOÃO PESSOA- PB

2021

TALITA ARAÚJO DIAS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO TRECHO DO RIO PIANCÓ NA
BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ-PIRANHAS AÇU**

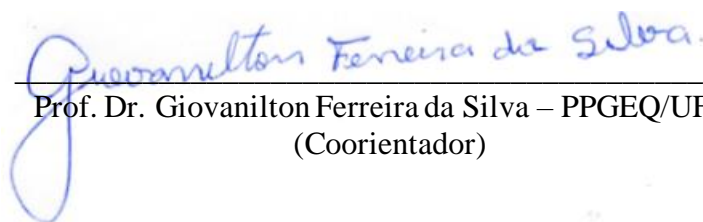
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em 30 de julho de 2021

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª Dr^ª Andrea Lopes de Oliveira Ferreira - PPGEQ/UFPB
(Orientadora)



Prof. Dr. Giovantonilton Ferreira da Silva – PPGEQ/UFPB
(Coorientador)



Dr^ª Lorena Lucena de Medeiros – PPGCTA/UFPB
(Examinadora externa)



Dr. Josevan da Silva – DEQ/CT/UFPB
(Examinador externo)

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D541a Dias, Talita Araújo.

Avaliação da qualidade da água do trecho do Rio
Piancó na bacia hidrográfica Piancó-Piranhas Açú /
Talita Araújo Dias. - João Pessoa, 2021.

67 f. : il.

Orientação: Andrea Lopes de Oliveira Ferreira.

Coorientação: Giovanilton Ferreira da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Semiárido paraibano. 2. Bacia do Rio Piancó. 3.
Qualidade de água. I. Ferreira, Andrea Lopes de
Oliveira. II. Silva, Giovanilton Ferreira da. III.
Título.

UFPB/BC

CDU 502.51(043)

In memoriam Verônica Nunes de Araújo,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio, incentivo e por acreditarem em minha capacidade de chegar aonde eu acredito.

À Professora Dra. Andrea Lopes pela orientação, ensinamentos e paciência.

Ao Professor Dr. Giovanilton Ferreira da Silva pela coorientação e ensinamentos.

A João Carlos de Miranda e Silva, Coordenador da Coordenadoria de Medições Ambientais- CMA da SUDEMA, pelas orientações e pela disponibilidade dos dados.

Aos amigos de curso por todo apoio nos momentos mais conturbados da pesquisa.

Aos amigos queridos que sempre torcem pelo meu bem e por minhas vitórias.

RESUMO

O Estado da Paraíba tem cerca de 90% de seu território na região semiárida do Nordeste e é neste contexto que a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas-Açu está inserida. A bacia hidrográfica do Rio Piancó, objeto de estudo desse trabalho, tem capacidade de armazenamento de 1.846.126.108 m³ onde está inserida a maior reserva hídrica, formada por dois reservatórios interligados: o Sistema Coremas-Mãe D'Água, com capacidade para acumular 1,358 bilhões de metros cúbicos d'água. A manutenção da qualidade da água deste Rio é de suma importância, já que o trecho do rio Piancó é responsável pelo abastecimento urbano e rural, e garante a sustentabilidade hídrica das atividades agropecuárias e agroindustriais desta região. É neste contexto que este trabalho se insere, avaliar o trecho do Rio Piancó, que é perenizado pelo Reservatório Coremas-Mãe d'água, e estabelecer parâmetros físico-químicos e microbiológicos e avaliar a qualidade da água do Rio Piancó. As coletas foram realizadas em 2 estações fixas PC01 e PC02 no período de 2011 até 2020. Para analisar as características naturais, identificar possíveis fontes de poluição, parâmetros como Temperatura, pH, Cor, Turbidez, SDT, OD, DBO e Coliformes termotolerantes que representam os aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água foram analisados. Para os Açudes Coremas-Mãe D'ÁGUA além desses parâmetros também foi determinado o Índice de Qualidade de Água. Os resultados foram avaliados de acordo com os respectivos limites para corpos hídricos de classe 2 definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. A partir dos resultados, verificou-se que a maioria dos parâmetros está de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Entretanto os valores encontrados de Condutividade Elétrica, Sólidos Dissolvidos Totais, Oxigênio Dissolvido e Coliformes Termotolerantes são indicativos de carga poluentes lançadas no curso de água. O índice de qualidade de água dos Açudes Mãe d'água-Coremas foi classificado como bom, ótimo e aceitável. Desta forma, conclui-se que estes não influenciam negativamente na qualidade d'água do rio Piancó. Sendo assim a qualidade da água ao longo da bacia do rio Piancó está inteiramente ligada ao crescimento urbano e à carência de saneamento básico no seu entorno.

Palavras-chave: Semiárido paraibano; Bacia do Rio Piancó; Índice de qualidade de água.

ABSTRACT

Paraíba has about 90% of its territory in the semi-arid region of Northeast and it is in this context that the Piancó Piranhas-Açu River Basin is inserted. Piancó River basin, the aim of this work, has a storage capacity of 1,846,126,108 m³, where the largest water reserve is located, formed by two interconnected reservoirs: the Coremas - Mãe D'Água System, with a storage capacity of 1.358 billion m³ of water. The maintenance of the water quality of this river is of utmost importance since the stretch of Piancó River is responsible for urban and rural supply, and guarantees the hydric sustainability of the agricultural and agro-industrial activities of this region. In this context, this work is inserted: to evaluate the stretch of Piancó River, which is perennialized by the Coremas - Mãe d'água Reservoir, and establish physical-chemical and biological parameters and evaluate the water quality of Piancó River. The collections were performed at 2 fixed stations PC01 and PC02 in the period from 2011 to 2020. To analyze the natural characteristics, identify possible sources of pollution parameters such as Temperature, pH, Color, Turbidity, TDS, DO, BOD and thermotolerant coliforms that represent the physical, chemical and biological aspects of the water were analyzed. For Coremas-Mãe D'ÁGUA Dam, besides these parameters, Water Quality Index was also determined. The results were evaluated according to the respective limits for class 2 water bodies defined by CONAMA Resolution No. 357/2005. It was found that most of the parameters are in accordance with CONAMA Resolution 357/2005. However, the values found for Electrical Conductivity, Total Dissolved Solids, Dissolved Oxygen and Thermotolerant Coliforms are indicative of pollutant load released into the watercourse. The water quality index of Mãe d'água - Coremas reservoirs was classified as good, excellent and acceptable. Thus, it is concluded that these dams do not influence negatively the water quality of Piancó River. Thus, the quality of the water along the Piancó river basin is entirely linked to urban growth and the lack of basic sanitation in its surroundings.

Keywords: Semi-arid region of Paraíba. Piancó River basin. Water quality index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas Açú na Região.....	27
Figura 3.2- Hidrografia, reservatórios estratégicos e unidades de planejamento hidrológico.....	29
Figura 3.3- Divisão político-administrativa da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açú.....	30
Figura 3.4- Precipitação média na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açú.....	31
Figura 3.5- Relevo e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açú.....	32
Figura 3.6- Solos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açú.....	33
Figura 3.7- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó.....	34
Figura 3.8- Reservatório Coremas.....	35
Figura 3.9- Esquema dos reservatórios Corema e Mãe d`água.....	36
Figura 3.10- Localização reservatórios Curema e Mãe d`água.....	36
Figura 4.1- pHgmetro.....	38
Figura 4.2- Condutivímetro.....	39
Figura 4.3- Turbidímetro portátil utilizado nas análises.....	40
Figura 4.4- Colorímetro.....	40
Figura 4.5- Análise de DBO.....	41
Figura 5.1- Valores de Temperatura.....	47
Figura 5.2- Valores de pH.....	48
Figura 5.3- Valores médios de pH nos períodos chuvoso e seco.....	48
Figura 5.4- Valores de Turbidez.....	49
Figura 5.5- Valores médios de turbidez nos períodos chuvoso e seco.....	50
Figura 5.6- Valores de condutividade elétrica.....	51
Figura 5.7- Valores médios de condutividade elétrica nos períodos chuvoso e seco.....	51
Figura 5.8- Valores de Sólidos dissolvidos totais.....	52
Figura 5.9- Valores médios de sólidos dissolvidos totais nos períodos chuvoso e seco.....	53
Figura 5.10 - Valores de oxigênio dissolvido.....	53
Figura 5.11- Valores médios de oxigênio dissolvido nos períodos chuvoso e seco.....	54
Figura 5.12- Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	55
Figura 5.13- Valores médios de demanda bioquímica de oxigênio nos períodos chuvoso e seco.....	55
Figura 5.14- Valores de Coliformes Termotolerantes.....	56
Figura 5.15- Valores médios de coliformes termotolerantes nos períodos chuvoso e seco.....	57
Figura 5.16- Resultado do índice de qualidade de água para os Reservatórios.....	62
Figura 5.17- Resultado do índice de estado trófico para os Reservatórios.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1-Classificação da qualidade ambiental das águas.....	25
Tabela 3.2-Classe de estado trófico e suas características.....	26
Tabela 3.3-Unidades de planejamento hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó.....	28
Tabela 4.1-Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.....	42
Tabela 5.1-Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e limites de referência para o rio Piancó.....	45
Tabela 5.2-Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e classificações de acordo com o índice de qualidade de água para o Reservatório Mãe D`água.....	58
Tabela 5.3-Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e classificações de acordo com o índice de qualidade de água para o Reservatório Coremas.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CE – Condutividade elétrica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT – Coliformes Termotolerantes

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

IET – Índice de Estado Trófico

IQA – Índice de Qualidade da Água

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SELAP – Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 QUESTÃO AMBIENTAL	16
3.2 LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS: QUALIDADE DA ÁGUA.....	17
3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS.....	19
3.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	21
3.4.1 Temperatura.....	21
3.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH).....	21
3.4.3 Condutividade elétrica.....	22
3.4.4 Turbidez.....	22
3.4.5 Cor aparente.....	23
3.4.6 Sólidos dissolvidos totais (SDT)	23
3.4.7 Oxigênio dissolvido (OD)	23
3.4.8 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	24
3.4.9 Índice da qualidade da água (IQA).....	24
3.4.10 Índice de estado trófico (IET).....	25
3.4.11 Análise microbiológica da água	27
3.5 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
3.5.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica	27
3.5.2 Bacia Hidrográfica do Rio Piancó.....	34
4 MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1 LOCAL DE ESTUDO	37
4.2 LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS	37
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	38
4.3.1 Temperatura.....	38
4.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH).....	38
4.3.3 Condutividade elétrica.....	39
4.3.4 Turbidez.....	39
4.3.5 Cor aparente.....	40
4.3.6 Sólidos dissolvidos totais (SDT)	41

4.3.7 Oxigênio dissolvido (OD)	41
4.3.8 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	41
4.3.9 Índice da qualidade da água (IQA)	42
4.3.10 Índice de estado trófico (IET)	43
4.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 RESULTADOS OBTIDOS NAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DO RIO PIANCÓ	44
5.1.1 Temperatura	47
5.1.2 pH	47
5.1.3 Turbidez	49
5.1.4 Condutividade elétrica (CE)	50
5.1.5 Sólidos dissolvidos totais (SDT)	52
5.1.6 Oxigênio dissolvido (OD)	53
5.1.7 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	54
5.1.8 Coliformes termotolerantes (CT)	56
5.2 RESULTADOS OBTIDOS NO SISTEMA DE RESERVATÓRIOS COREMAS E MÃE D'ÁGUA	57
6 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A água é uma necessidade social e um recurso fundamental aos seres vivos, por esse motivo precisa de mais atenção no tocante à sua gerência. A falta de um gerenciamento adequado, aliado com a má distribuição espacial e temporal das precipitações, gera hoje uma série de crises relacionadas com a questão da água. Segundo o Censo de 2020, o Brasil se aproxima hoje dos 86% de habitantes vivendo nos centros urbanos. Em 1900, apenas 10% viviam em áreas urbanas. O crescimento da taxa de urbanização brasileira de 1950 até hoje é de 9,4 vezes e se comparado com outros países nenhum teve um crescimento semelhante. O aumento da população e de suas atividades demanda um aumento no consumo de água, desta forma, a ocupação de bacias hidrográficas de modo não planejado causa a degradação da água.

Dados da Organização Mundial da Saúde estimam que anualmente 15 mil pessoas morram no Brasil devido a doenças relacionadas à precariedade da distribuição e da má qualidade da água (LEMOS, 2020). É importante entender que a água doce disponível no planeta tem uma distribuição desigual, o Brasil detém apenas 12% da água doce mundial, ou seja, a água nem sempre estará localizada próxima à população que necessita desse recurso para a sua sobrevivência, é neste sentido que o planejamento e gestão de bacias hidrográficas estão sendo cada vez estudados.

Segundo Vieira (1996) é com base no desenvolvimento sustentável que o planejamento e a gestão dos recursos hídricos devem ser discutidos, onde os anseios da geração atual não comprometam as aspirações das gerações futuras. É nesse contexto que Sousa et al. (2014) descreveram o panorama sobre os recursos hídricos no semiárido brasileiro, as incertezas quanto a disponibilidade da água nessa região atraí os olhares de pesquisadores no que tange a dificuldade de disponibilizar uma água de qualidade e em quantidade para essa população.

O Estado da Paraíba tem cerca de 90% de seu território na região semiárida do Nordeste e é neste contexto que a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas-Açu está inserida. É uma bacia com área total de 46.683 km² e está localizada entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas-Açu é composta pelas sub bacias: Piancó, Alto Piranhas, Peixe, Médio Piranhas, Espinharas Seridó e Baixo Piranhas (AESAs, 2015).

A bacia hidrográfica do Rio Piancó está situada no sertão paraibano, região semiárida do Estado e é uma bacia de maior conflito de uso das águas. Tem capacidade de armazenamento de 1.846.126.108 m³ onde está inserida a maior reserva hídrica, formada por dois reservatórios

interligados: o Sistema Coremas-Mãe D'Água, com capacidade para acumular 1,358 bilhões de metros cúbicos de água. Esse sistema de reservatórios garante o abastecimento urbano e rural, pereniza o rio Piencó, possibilitando o desenvolvimento agrícola desta região, além de perenizar o trecho do rio Piranhas até a montante da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte (AESR).

O Rio Piencó tem seu curso de caráter intermitente devido a sua característica geológica, portanto em períodos de estiagem, a vazão é regularizada pelos reservatórios Coremas e Mãe D'Água. Desta forma, o ecossistema aquático desse corpo hídrico está submetido à qualidade da água desse sistema. Ou seja, aos impactos provenientes das atividades humanas e dos diversos usos da água que modificam as características físicas, químicas e biológicas de suas águas, produzindo alterações que as tornam impróprias para o consumo humano e para outros usos. Além disso, pode inviabilizar a vida aquática e sustentável dos rios. A manutenção da qualidade da água deste Rio é de suma importância já que o trecho perenizado do rio Piencó é responsável pelo abastecimento urbano e rural, e garante a sustentabilidade hídrica das atividades agropecuárias e agroindustriais desta região (SOUZA et al., 2014).

Nesse contexto, este trabalho visou avaliar o trecho do Rio Piencó, que é perenizado pelo Reservatório Mãe d'água e Coremas, e estabelecer parâmetros da qualidade da água destinada aos seus diversos usos.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água na região da Bacia hidrográfica do Rio Piancó.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os parâmetros físico-químicos da água do Rio Piancó;
- Estabelecer a qualidade microbiológica da água do Rio Piancó;
- Estabelecer o Índice de Qualidade da água e o Índice de Estado Trófico dos Reservatórios Coremas e Mãe D'Água;
- Verificar a influência da água proveniente do Reservatório Coremas e Mãe D'Água na qualidade da água do Rio Piancó;
- Analisar a qualidade da água coletada nos pontos estabelecidos com os padrões de qualidade estabelecidos na legislação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA: QUESTÃO AMBIENTAL

Um provérbio da África Ocidental chama muita atenção quando diz que “A água suja não pode ser lavada”, a água é considerada o sangue do nosso planeta, ela é fundamental para a bioquímica de todos os organismos vivos. Todos os ecossistemas da terra são interligados e sustentados pela água, e esses ecossistemas proporcionam uma segurança ambiental a humanidade, produzindo alimentos e serviços. O nosso século tem testemunhado um crescimento demográfico sem precedentes, espera-se que em 2025 a população mundial chegue a 9,1 bilhões de habitantes, desta forma a demanda da água para usos múltiplos também vem crescendo rapidamente (SELBORNE, 2001).

Em séculos, a humanidade considerou a água como um recurso inesgotável e a utilizou de forma predatória e insustentável, assim, com esse crescimento populacional acelerado e com o consumo intenso da água, observou-se que esse bem imaterial se tornava cada vez mais escasso, necessitando dessa forma um consumo racional e equilibrado (VILLIERS, 2002).

Embora a água no planeta seja abundante, sua disponibilidade para o consumo humano é reduzida. Segundo Magalhães (2004) pouco mais de 2,5% do volume desse recurso corresponde à água doce e apenas 0,27% se apresenta de forma acessível ao consumo humano em forma de rios e lagos. O Brasil é o país que possui maior disponibilidade hídrica do mundo, entretanto sua distribuição ocorre de forma irregular entre suas regiões, com exemplo, 70% da água disponível se encontra na região Norte onde vive apenas 7% da população, conseqüentemente os 30% restantes estão distribuídos desigualmente nas demais regiões para atender 93% da população restante. A região Nordeste dispõe apenas 3% dos recursos hídricos nacionais para atender 28% da população brasileira (GALINDO, 2004).

Neste sentido, o planejamento e gestão de bacias hidrográficas estão sendo cada vez mais focados nas pesquisas técnico-científicas. Segundo Vieira (1996), o uso racional e otimizado dos recursos hídricos passa a ser imprescindível, principalmente, no Nordeste do Brasil, face às peculiaridades climáticas e ambientais que condicionam as atividades humanas e o desenvolvimento social da região. Assim, o monitoramento ambiental, em bacias hidrográficas, procura caracterizar aspectos relevantes que permitem diagnosticar as mudanças que ocorrem no seu uso, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas exercidas sobre o ecossistema. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável surge como opção para um processo que visa compatibilizar o crescimento humano e conseqüentemente econômico com a conservação ambiental, a qualidade de vida e a equidade social.

Desta forma, o conhecimento sobre a qualidade dos recursos hídricos é de extrema importância. Baseando-se nessas informações podemos compreender as condições desse recurso como um todo. Entendendo como ocorre o uso desigual e predatório da água, têm-se a possibilidade de determinar e de identificar as fontes de poluição e seus impactos nos corpos hídricos, e, a partir disto, desenvolver mecanismos de gestão e conservação desses recursos. Tais dados tornam relevantes os esforços em proteger tal bem que é inestimável para a manutenção da vida no planeta.

3.2 LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS: QUALIDADE DA ÁGUA

O direito das águas é o conjunto de princípios e normas jurídicas que regulamentam o uso, domínio, conservação e preservação das águas, entretanto, nem sempre os recursos hídricos tiveram tratamento constitucional, apenas nas Constituição de 1934, segundo Granziera (2014), é que ficou destinada a dominialidade das águas a esse ente federativo, ao se tratar dos bens da União. Mas foi a Constituição Federal de 1988 (CF/88) que apresentou regras expressas acerca da dominialidade das águas, em seus artigos 20, inciso III e 26, inciso I.

Art. 20. São bens da União: III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados: I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

A CF/88 instrumentaliza o princípio da função social da propriedade privada, que também tem *status* constitucional e determina para a União competência legislativa acerca do tema. Deixando os Estados e Distrito Federal, de forma concorrente com aquela, legislar sobre a proteção do meio ambiente e controle da poluição, o que inclui a proteção às águas.

Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes: XXII - é garantido o direito de propriedade; XXIII - a propriedade atenderá a sua função social;

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Em 1997, a Lei Federal nº 9.433 veio implantar um sistema de gerenciamento das águas no País, um instrumento importante que marca a luta pela qualidade da água, esta lei institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal.

A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se entre outros fundamentos que:

- A água é um bem de domínio público;
- A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e
- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

São instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos essenciais à gestão adequada dos recursos hídricos:

- I – Planos de recursos hídricos;
- II – Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III – Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- IV – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- V – Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Entre outros objetivos, a Política Nacional de Recursos Hídricos visa assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

No Brasil, existe um conjunto de legislações específicas no que diz respeito aos usos da água e principalmente sua proteção. A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre procedimentos de controle de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, configurando-se assim como um novo instrumento legislativo.

A boa gestão da água passa por um monitoramento da qualidade da água que permite acompanhar as condições de uso e os padrões de qualidade da mesma. Desta forma, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 357/2005, alterada pela 430/2011, 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 fornece outras providências.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

O enquadramento e a classificação das águas são fundamentais para fortalecer a gestão dos recursos hídricos. Sendo assim, a Resolução CONAMA nº 357/2005 apresenta a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.

O enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, já que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas. Dessa forma, é necessário a criação de instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os parâmetros de qualidade (CONAMA 357/2011).

Em seu Capítulo II, Artigo 3, essa Resolução determina que as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. Dentro do escopo dessa pesquisa, foi destacada a classificação das águas doces, já que o objeto de estudo foi o Rio Piancó.

As águas doces são classificadas de acordo com o artigo 4 da Resolução CONAMA 357/11 em:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA Nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) à dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação e
- b) à harmonia paisagística.

Em nível estadual o Sistema de Licenciamento de Atividade Poluidora (SELAP) na DZ 201 dispõe sobre a classificação das águas interiores do Estado da Paraíba. Tal diretriz tem o objetivo de estabelecer a classificação das águas interiores do Estado, segundo os usos preponderantes. Desta forma, o Rio Piancó fica enquadrado como corpo d'água classe 2. Assim sendo as condições e os padrões de qualidade de água para esse corpo aquático são determinados pelo artigo 15 da CONAMA 357/11.

3.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para analisar as características naturais, identificar possíveis fontes de poluição ou os níveis de contaminações, são determinados diversos parâmetros que representam os aspectos físicos, químicos e biológicos da água (RIBEIRO, 2010). Para Sperling (2005), esses parâmetros descrevem as características condicionadas pelos componentes que estão presentes na água, assim os principais indicadores de qualidade da água são:

3.4.1 Temperatura

Diversos processos físicos, químicos e biológicos tais como o metabolismo dos organismos e a degradação da matéria orgânica são determinados pela temperatura. Segundo Sperling (2005), o aumento da temperatura altera as taxas das reações que ocorrem nos ambientes aquáticos e diminui a solubilidade de gases como o oxigênio dissolvido.

De acordo com o manual da CETESB (2014), a temperatura é influenciada por alguns fatores, tais como: altitude, latitude, estações do ano, horário do dia, taxa de fluxo e profundidade. Desta forma em águas de reservatório, as mudanças bruscas de temperatura podem causar efeitos drásticos às comunidades bióticas e alterar as características químicas da água.

3.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

A escala de Potencial Hidrogeniônico (pH) é comumente utilizada para classificar as soluções em relação a sua acidez ou basicidade (alcalinidade), sendo tal medida uma

quantificação da concentração de íons hidrogênio (H^+) que a amostra contém (OPENSTAX COLLEGE, 2012).

A escala pH varia entre 0 e 14 e é inversamente proporcional a concentração de íons hidrogênio na solução: ácido ($pH < 7$), neutro ($pH = 7$) ou alcalino ($pH > 7$). A Resolução CONAMA nº. 357/2005 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH da água deve estar entre 6 e 9.

Para Libânio (2005), o pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, assim como uma das mais difíceis de interpretar, podendo ser resultado de fatores naturais e antrópicos. Esta complexidade na interpretação de seus valores se deve ao grande número de fatores que pode influenciá-lo. Alterações no pH podem causar ao homem irritação da pele e olhos, além de afetar a vida aquática, acarretando seu desaparecimento (Mattos, 1998).

3.4.3 Condutividade elétrica

É uma expressão numérica referente à capacidade de água conduzir a corrente elétrica. Tal indicador se encontra na dependência das concentrações iônicas e da temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, por conseguinte, configura uma medida indireta da concentração de poluentes (CETESB-SP, 2014).

Não há limites estabelecidos como aceitável para análises de condutividade nas legislações brasileiras. Entretanto, conforme publicado no Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo de 2014, níveis superiores a $100 \mu S/cm$ usualmente indicam ambientes impactados.

O método condutivimétrico é aplicado para a determinação da condutividade elétrica, sendo o mesmo fundamentado na medição da resistência da amostra e dado em condutância específica (condutividade elétrica em um intervalo de temperatura, 20-25 °C).

3.4.4 Turbidez

Turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução ocorre por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença

de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. (CETESB-SP, 2014).

Assim, quanto maior o espalhamento dessas partículas maior será a turbidez. A resolução n° 357 do CONAMA impõe limites de turbidez de 40 NTU (Nefelometric Turbidity Unit - Unidade Nefelométrica de Turbidez) para águas doces classe 1 e de 100 NUT para as classes 2 e 3.

3.4.5 Cor aparente

O grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos dissolvidos é associado à cor de uma amostra de água (CETESB-SP, 2014).

A Resolução CONAMA n° 357/2005, que dispõe sobre os níveis de qualidade das águas naturais do território brasileiro, inclui a cor como padrão de classificação de águas superficiais. A cor aparente é medida utilizando o método espectrofotométrico que se baseia na medida quantitativa da absorção da luz pelas soluções onde a concentração na solução da substância absorvente é proporcional à quantidade de luz absorvida.

3.4.6 Sólidos dissolvidos totais (SDT)

São entendidos como sais inorgânicos (principalmente cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos) e algumas pequenas quantidades de matéria orgânica que são dissolvidas em água (WATER RESEARCH CENTER, 2014). No que se refere à determinação da qualidade da água, o parâmetro avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume.

Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes.

3.4.7 Oxigênio dissolvido (OD)

Para Sperling (2007), OD é originado com a dissolução do oxigênio atmosférico, produzido por organismos fotossintéticos e sua solubilidade varia com a altitude e a temperatura. A determinação desse parâmetro é de fundamental importância para avaliar as

condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.

Ecologicamente, o oxigênio dissolvido é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. O oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microrganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas (SPERLING, 2005).

3.4.8 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

DBO do corpo hídrico é a quantidade de oxigênio dissolvido utilizado por organismos biológicos aeróbicos para oxidar matéria orgânica na amostra de água (YELLOW SPRINGS INSTRUMENT COMPANY, 2018). Valores elevados de DBO apontam para um esgotamento acelerado de oxigênio, isto é, o efluente dispõe de mais matéria orgânica e conseqüente menos oxigênio estará disponível para formas superiores de vida aquática.

A DBO_5 é realizada em dois momentos: imediatamente a chegada das amostras obtendo assim o oxigênio dissolvido ($OD_{inicial}$) e posteriormente após incubação da amostra no laboratório por 5 dias a uma temperatura de 20° onde é medido novamente a quantidade de oxigênio dissolvido remanescente (OD_{final}). A diferença entre os dois valores obtidos (inicial menos final) representa a quantidade de oxigênio consumida pelos microrganismos para decompor a matéria orgânica presente na amostra durante o período de incubação.

3.4.9 Índice da qualidade da água (IQA)

Em 1975, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas.

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que o integram.

O número de variáveis englobadas (n) para a realização do cálculo do IQA, corresponde ao total de 9, são elas: potencial de hidrogênio iônico (pH), temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), coliforme termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez, nitrogênio total, sólidos totais e fósforo total. Conforme a Tabela 3.1 observa-se a classificação da qualidade ambiental das águas.

Tabela 3.1- Classificação da qualidade ambiental das águas

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: Cetesb (2018)

3.4.10 Índice de estado trófico (IET)

O Índice de Estado Trófico é um parâmetro que classifica os corpos d'água quanto aos seus graus de trofia, desta forma avalia a qualidade da água com relação ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito no crescimento excessivo das algas e na infestação de macrofilas aquáticas. Assim este índice é entendido como uma medida do potencial de eutrofização. Em reservatórios, o cálculo do IET é realizado a partir dos valores de fósforo e é calculado pela equação segundo LAMPARELLI (2004). A Tabela 3.2 caracteriza os valores IET para cada classe de estado trófico segundo LAMPARELLI (2004).

Tabela 3.2- Classe de estado trófico e suas características

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
= 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET = 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET = 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET = 63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET = 67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Lamparelli (2004)

3.4.11 Análise microbiológica da água

Os Coliformes Termotolerantes são considerados bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano, assim como, atividade primária, secundária, pesca cultivo, etc. São bactérias caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidade e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes pertencentes ao grupo dos coliformes totais (CONAMA nº 274 de 2000).

3.5 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.5.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica dos Rios Piancó Piranhas-Açu está situada na região semiárida do Nordeste brasileiro e, está inserida parcialmente nos Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%) ocupando cerca de 15% do território da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (Figura 3.1).

Figura 3.1- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas Açu na Região



Fonte: ANA (2007)

Segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas-Açu, 2017, a bacia foi subdividida em 11 unidades de planejamento hidrológico (Figura 3.2), com base na hidrografia, presença de reservatórios de grande porte e unidades de gestão adotadas pelo Estado. A Tabela 3.3 apresenta a caracterização das Unidades de Planejamento Hidrológicos.

Tabela 3.3 - Unidades de planejamento hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas-Açu

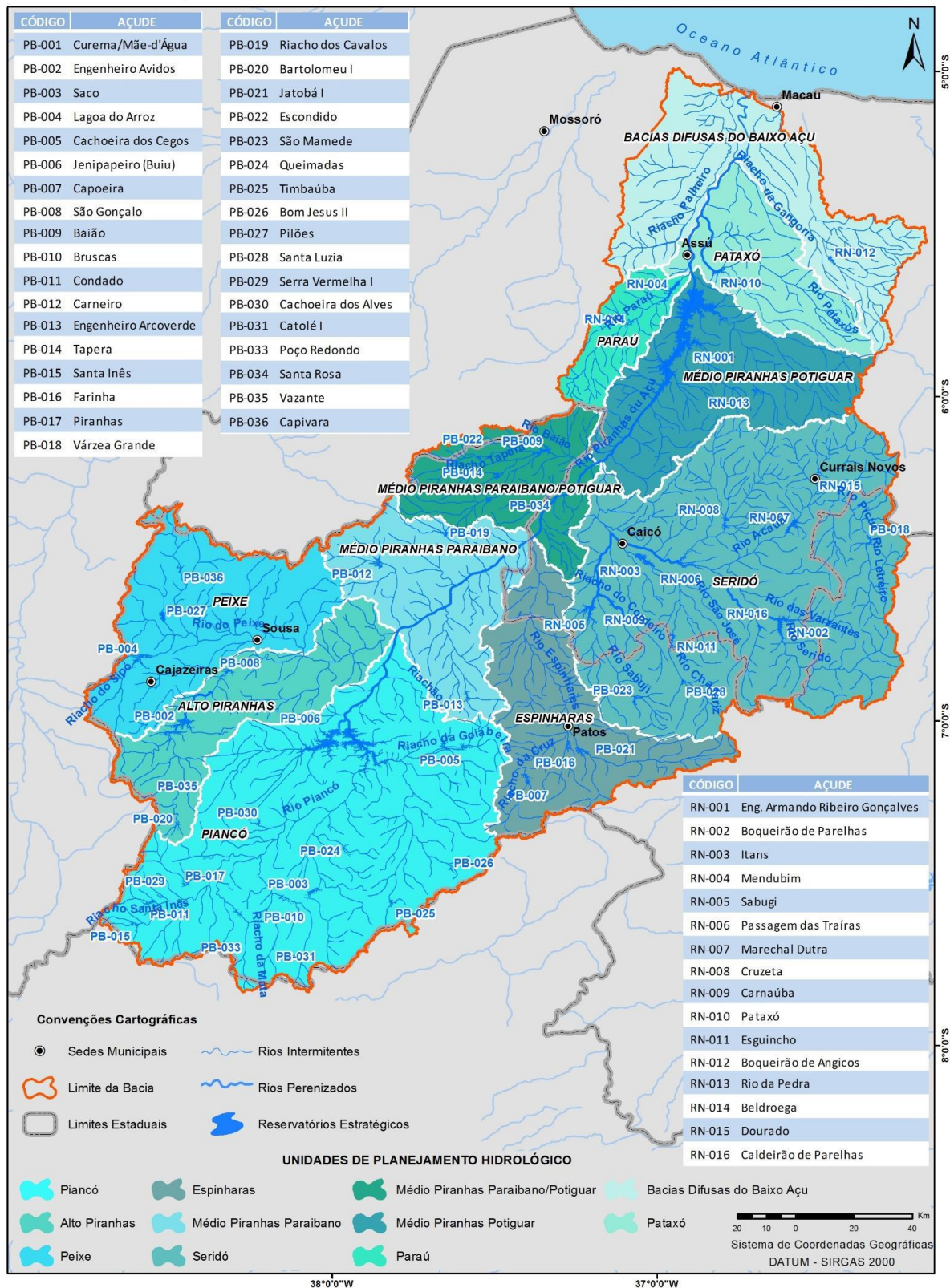
UPH	Área (Km ²)	Área %	Nº de Municípios	Nº de Sedes	Rio principal
Piancó	9.207	21,1	41	30	Rio Piancó
Alto Piranhas	2.562	5,9	19	7	Rio Piranhas
Peixe	3.428	7,8	23	18	Rio do Peixe
Espinharas	3.291	7,5	28	13	Rio Espinharas
Médio Piranhas Paraibano	2.894	6,6	24	11	Rio Piranhas
Seridó	9.923	22,7	44	29	Rio Seridó
Médio Piranhas Potiguar	3.536	8,1	14	5	Rio Piranhas
Paraú	974	2,2	8	2	Riu Paraú
Pataxo	1.954	4,5	11	5	Rio Pataxo
Bacias Difusas do Baixo Açu	3.668	8,4	15	6	Rio Açu
Bacia Piancó-Piranhas-Açu	43.683	100	147	132	

Fonte: PRH (2018)

O principal curso d'água da bacia é formado:

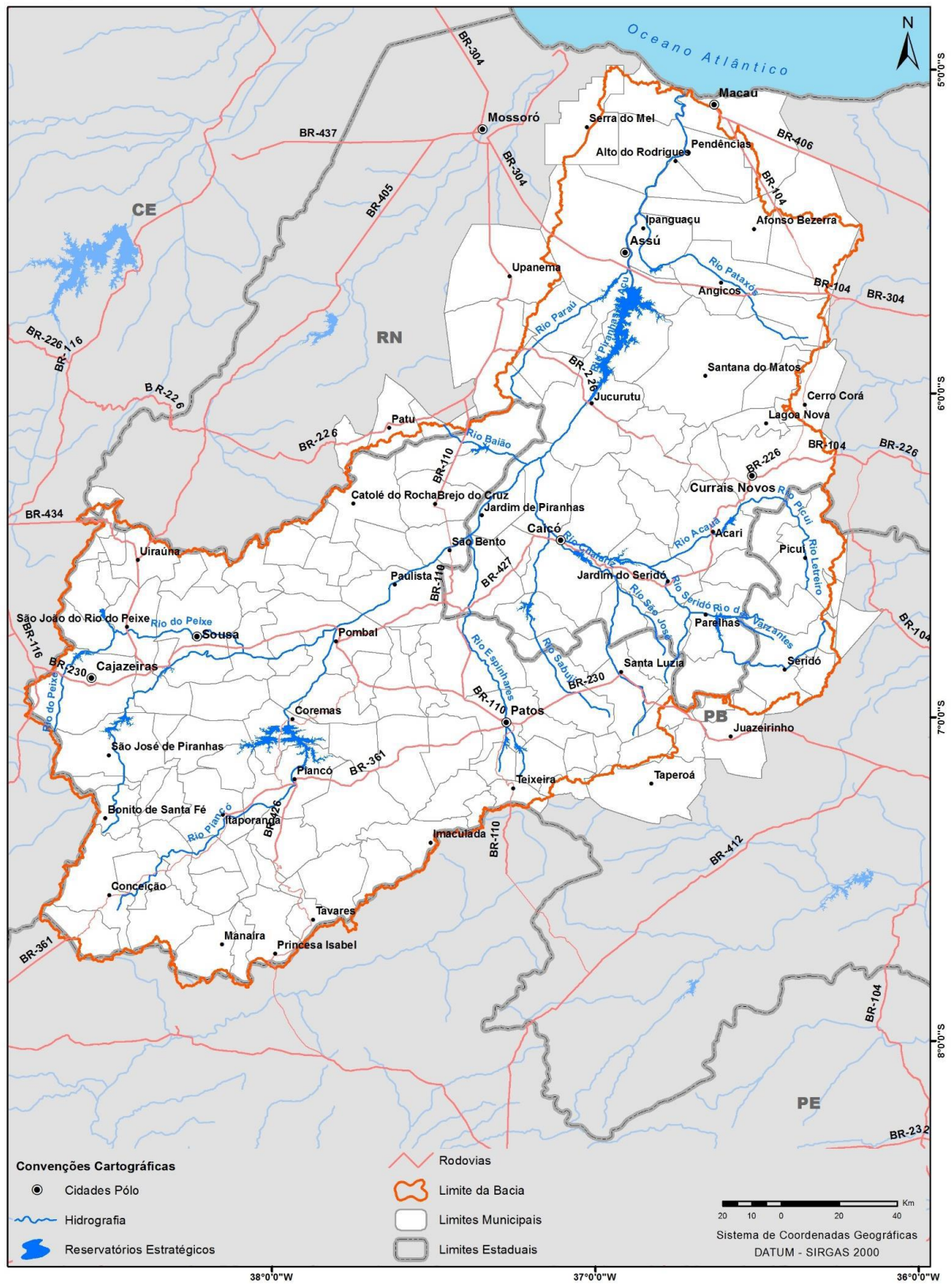
- Pelo rio Piancó, desde a sua nascente, no município de Santa Inês/PB, até a confluência com o rio Piranhas;
- Pelo rio Piranhas, até o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, entre os municípios de São Rafael/RN e Assú/RN e
- Pelo rio Açu, até a foz, na cidade de Macau/RN5 (Figura 3.3) (PRH Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, 2018).

Figura 3.2 - Hidrografia, reservatórios estratégicos e unidades de planejamento hidrológico



Fonte: PRH (2018)

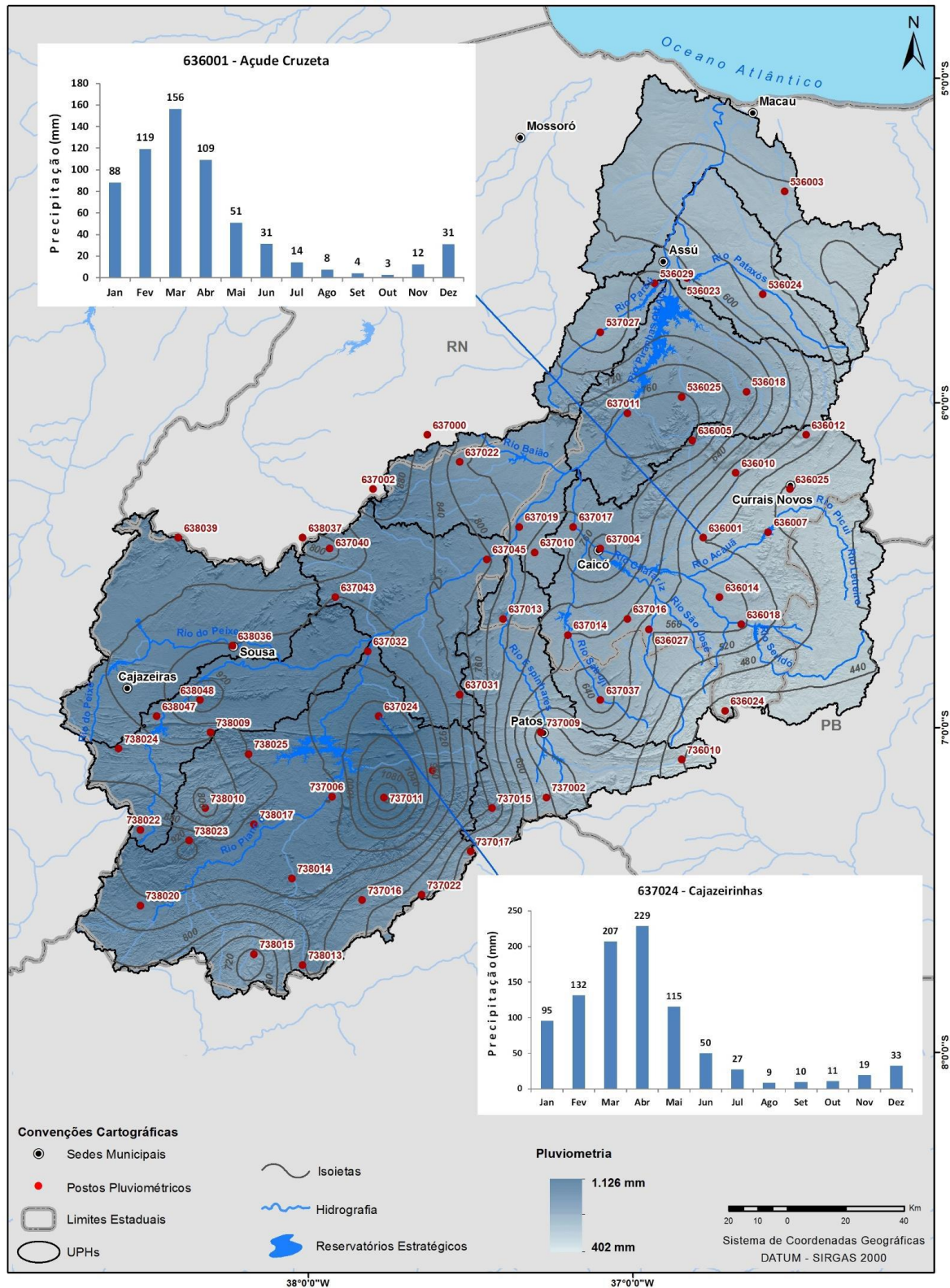
Figura 3.3 - Divisão político-administrativa da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu



Fonte: PRH (2018)

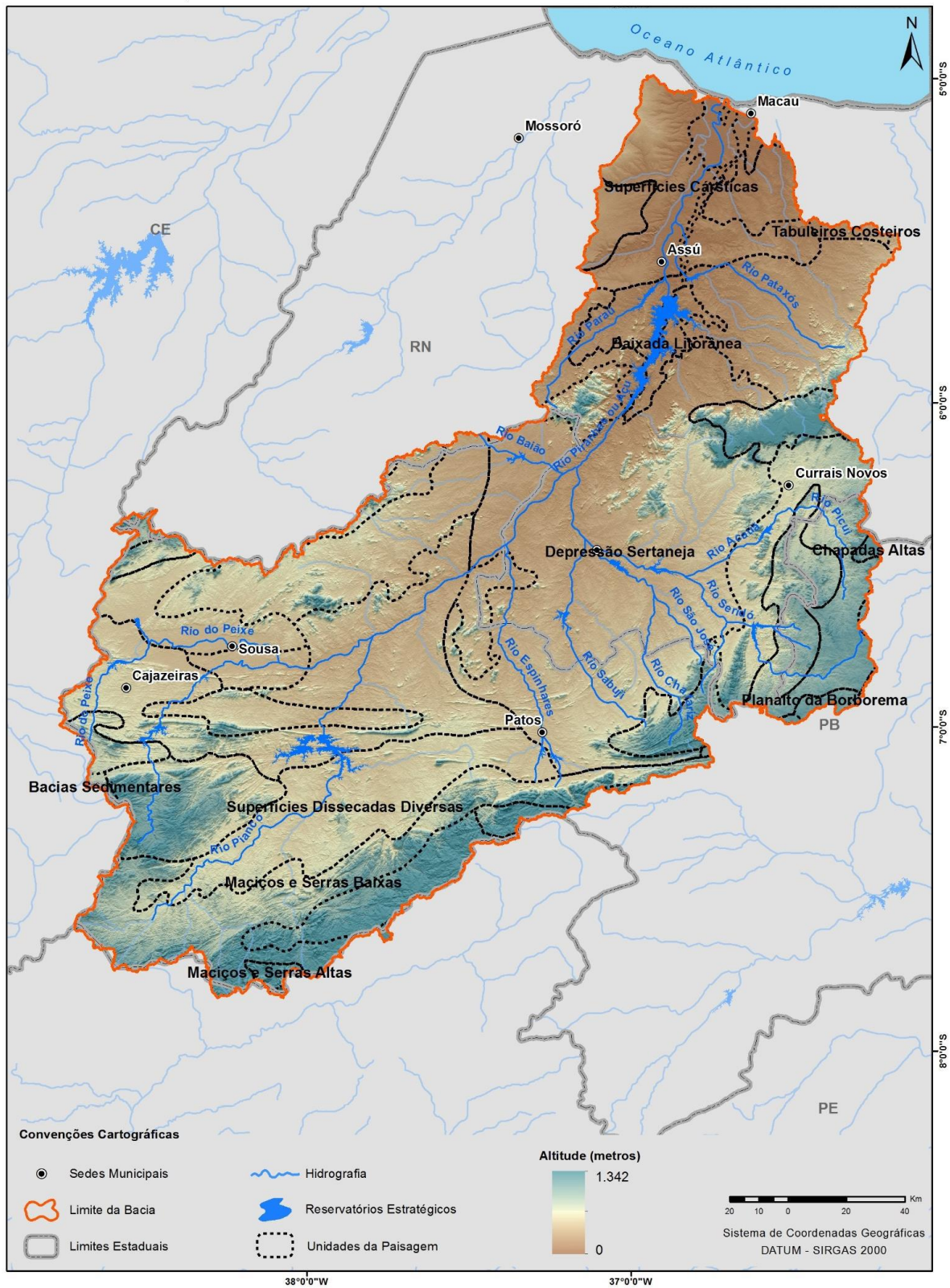
As Figuras 3.4, 3.5 e 3.6 apresentam as principais características físicas da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu.

Figura 3.4 - Precipitação média na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu



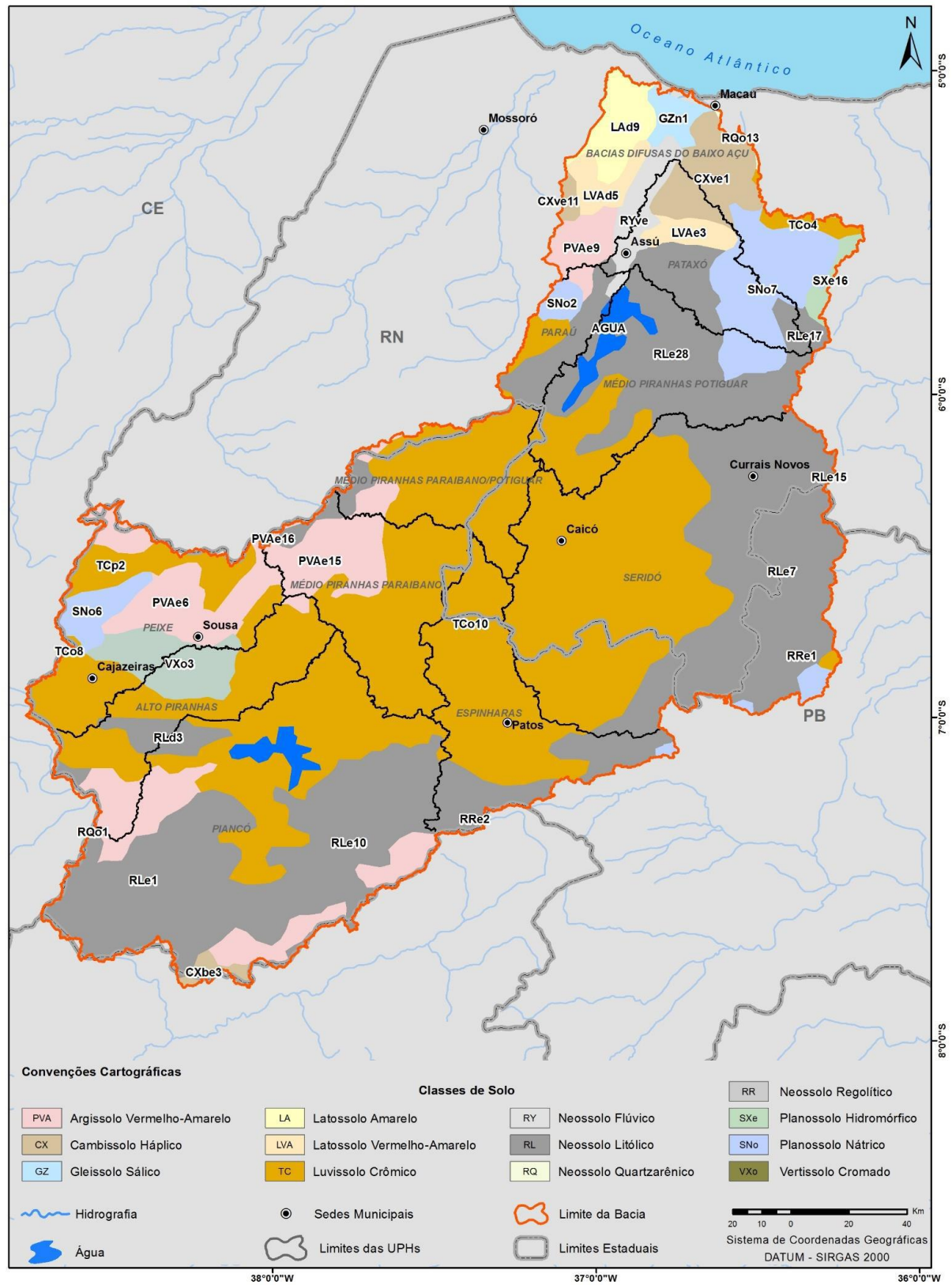
Fonte: PRH (2018)

Figura 3.5 - Relevo e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu



Fonte: PRH (2018)

Figura 3.6 - Solos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu

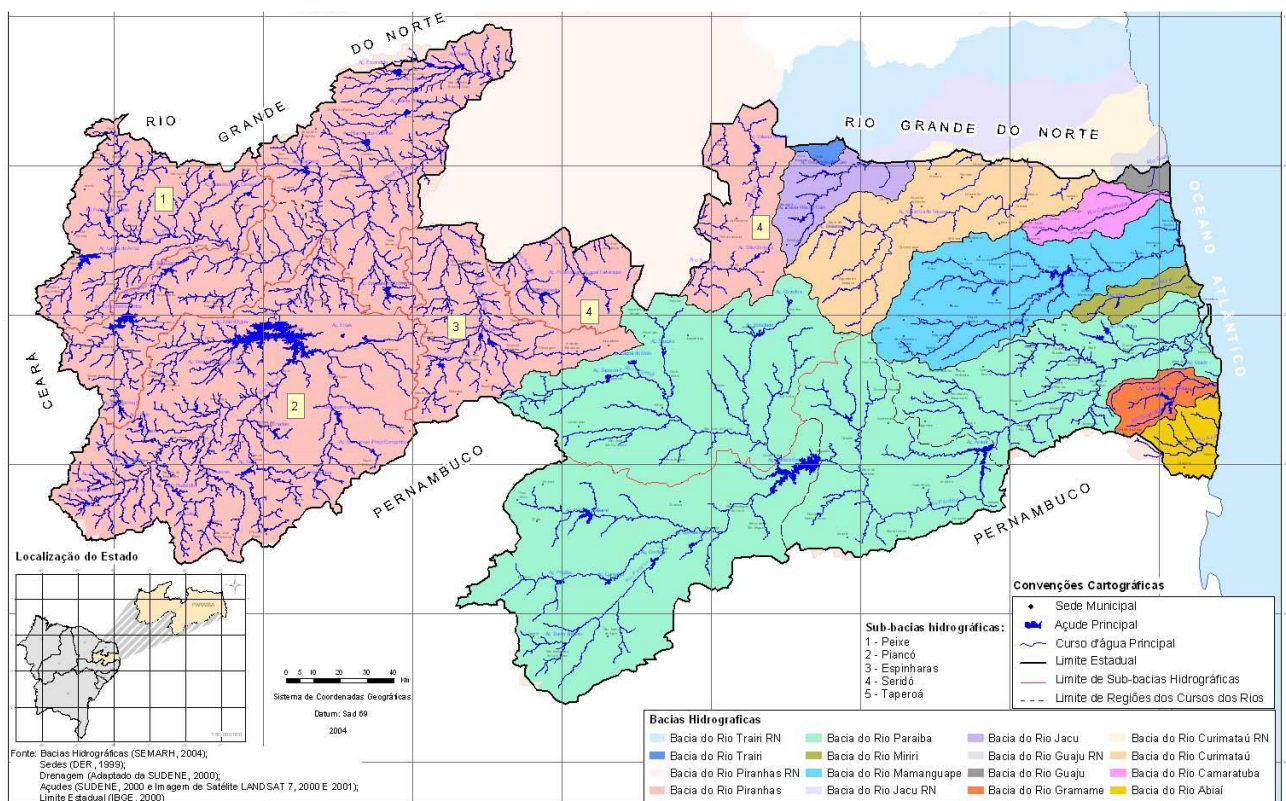


Fonte: PRH (2018)

3.5.2 Bacia Hidrográfica do Rio Piancó

De acordo com dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), o Estado da Paraíba está dividido em onze bacias hidrográficas, uma delas é a bacia do rio Piranhas sendo dividido em sub-bacias dentre elas: rio do Peixe, rio Piancó, rio Espinharas e rio Seridó. Ocupando o primeiro lugar no espaço demográfico, encontra-se a sub-bacia do Rio Piancó que está localizada no Sudoeste do Estado da Paraíba e limita-se a Oeste com o estado do Ceará, ao Sul com o estado de Pernambuco, ao Norte com as sub-bacias do Alto e Médio Piranhas e ao Leste com a sub-bacia do Rio Espinharas (Figura 3.7).

Figura 3.7 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó



Fonte: PRH (2018)

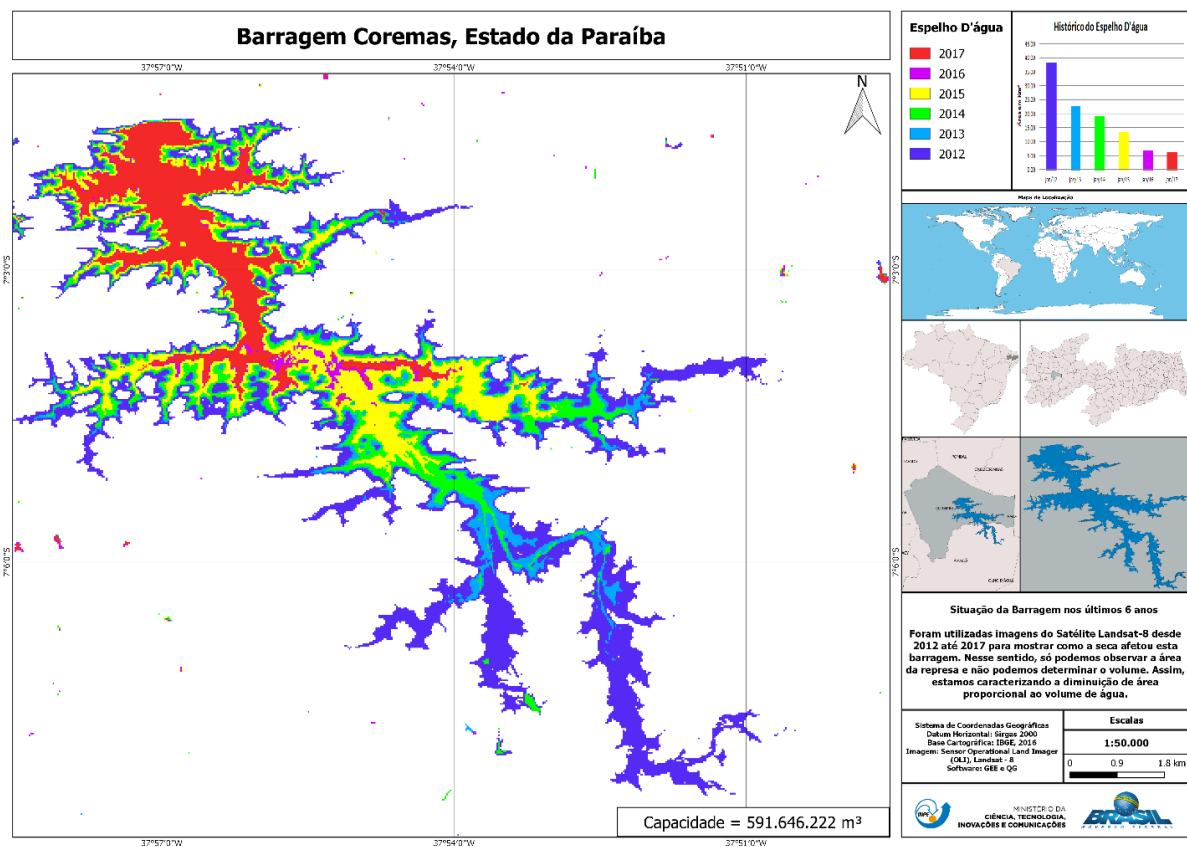
Ainda de acordo com os dados da AESA, o comprimento do rio Piancó tem um total de 208 km, a partir de suas nascentes na serra do Umbuzeiro, no município de Santa Inês, até sua foz, no município de Pombal. Com relação a climatologia, o Rio encontra-se no “Polígono das Secas”, as temperaturas são elevadas durante o dia, amenizando à noite, variando de 23 a 30 °C e com temperaturas mais elevadas durante a estação seca.

Em condições naturais o rio Piancó é intermitente e sua perenização ocorre com a vazão de um sistema de reservatórios interligados. Os reservatórios da bacia exercem um efeito regulador ao acumular parte da água nos períodos chuvosos de forma a amenizar a deficiência

de água nos períodos de estiagem, assegurando desta forma água para o atendimento dos diversos usos.

O sistema de reservatórios Coremas-Mãe D'Água, tem a capacidade de armazenamento de 1.159.645 hm³ garantindo dessa forma a perenização rio Piancó e o abastecimento urbano e rural de várias localidades. O reservatório Coremas (Figura 3.8) foi construído através do barramento do Rio Piancó, apresenta capacidade volumétrica de 720 milhões de m³ e o reservatório Mãe D'Água foi construído através do barramento do Rio Aguiar possui uma capacidade volumétrica de 648 milhões de metros cúbicos (AESAs,2006).

Figura 3.8 - Reservatório Coremas



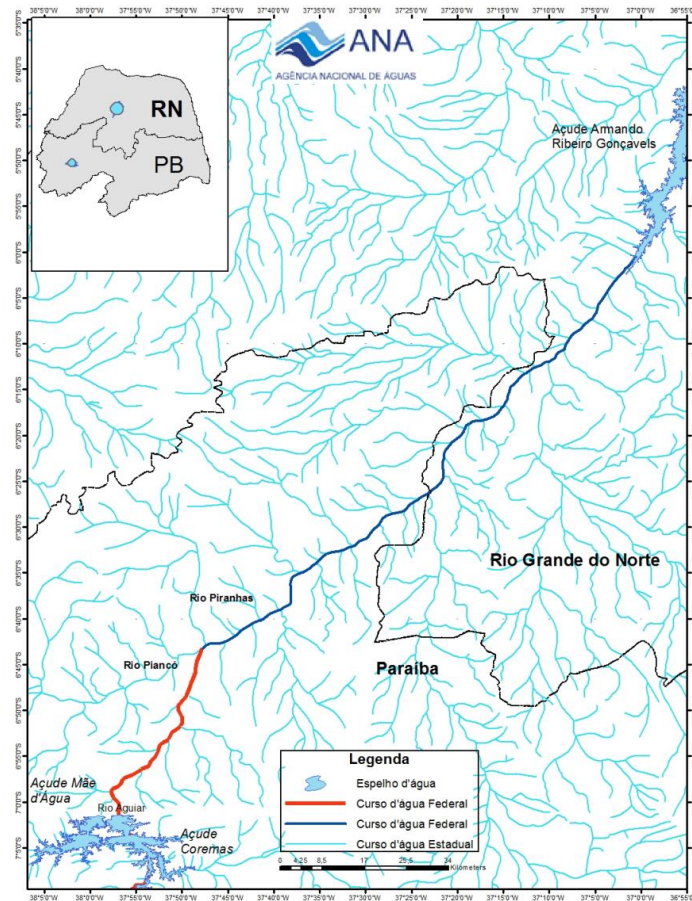
O açude Coremas e o rio Piancó (trecho barragem – rio Piranhas) são responsáveis pelo abastecimento de 30 sedes urbanas localizadas em municípios da Paraíba e do Rio Grande do Norte (Figura 3.9), representando uma população urbana de mais de 350 mil habitantes que dependem do açude Coremas para abastecimento, além de comunidades rurais. Esses corpos hídricos também são responsáveis pelo atendimento a demandas associadas à irrigação difusa, à aquicultura em tanques escavados e, em menor escala, à indústria.

Figura 3.9- Esquema dos reservatórios Corema e Mãe d'água



Fonte: ANA (2010)

Figura 3.10 - Localização reservatórios Corema e Mãe d'água



Fonte: ANA (2010)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

A poluição das águas nas bacias hidrográficas tem origem em fontes como: efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana e agrícola. A avaliação da qualidade da água geralmente é feita pela comparação dos resultados obtidos das amostras com os padrões de qualidade estabelecidos para a classe em legislação.

Para realização da pesquisa, buscou-se fontes bibliográficas, através da literatura e normas vigentes, apresentando as características mínimas necessárias para verificar a qualidade de água. O diagnóstico da qualidade das águas da bacia do rio Piancó e Sistema de Reservatório Coremas-Mãe D'Água utilizou os dados do monitoramento de 2011 a 2020. A partir dos dados de monitoramento disponíveis, foram calculados o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET) e avaliados, entre outros parâmetros, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), e os coliformes termotolerantes.

4.2 LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS

As coletas foram realizadas em duas estações fixas no Rio Piancó: Piancó 1 (PC01) localizado no Balneário Coremas com coordenada geográfica S 07°01'18.1" W 037°56'54" e Piancó 2 (PC02) localizado no município de Pau-Ferrado Cajazeirinhas com coordenada geográfica S 06°58'02.7" - W 037°55'36.7". Já para as coletas nos Reservatórios os pontos foram: Reservatório Mãe D'Água coordenada geográfica S 7°1'27,41" W 37°59'9,27" e Reservatório Coremas coordenada geográfica S 7°1'26,34" W 37°56'42,26".

As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno, previamente esterilizadas em autoclave e só abertas no local da coleta, após terem sido submergidas, para evitar possíveis contaminações. Após a coleta da água, os frascos foram fechados para reduzir ao máximo a volatilização ou a biodegradação da amostra entre o momento da coleta e o de análise, as garrafas foram devidamente armazenadas e transportadas em caixas térmicas, conservadas com gelo para manutenção da temperatura. Desta forma, as amostras coletadas foram transportadas para o laboratório, seguindo todos os protocolos elencados no Guia

Nacional de Coleta e Preservação de Amostras¹ e os ensaios realizados de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*².

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1 Temperatura

As análises de temperatura foram realizadas *in loco* por meio de termômetro digital, a temperatura aferida era anotada na planilha de acompanhamento.

4.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

A medição do pH foi realizada no laboratório utilizando um pHmetro microprocessado de bancada Sensoglass, modelo SP1800 (Figura 4.1).

Figura 4.1- pHmetro



1 ANA/ CETESB – Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, 2011

2 APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23 th Edition 2017

4.3.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica para amostras de água é expressa preferencialmente por microSiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou miliSiemens por centímetro (mS/cm). O aparelho utilizado para a medição foi o condutivímetro (Figura 4.2). Para tal, o sensor, previamente lavado com água destilada, foi imerso em um recipiente com amostra. Durante a leitura pode haver oscilação de dígitos, sendo assim, o primeiro valor estável é o que deve ser considerado.

Figura 4.2- Condutivímetro



4.3.4 Turbidez

Para a determinação da turbidez foi adotado o método nefelométrico. A análise foi realizada utilizando um turbidímetro portátil (Figura 4.3). Uma alíquota da amostra foi colocada em um frasco transparente, próprio do aparelho e previamente limpo. Em seguida, o frasco foi acoplado ao aparelho e foi feita a medida.

Figura 4.3- Turbidímetro portátil utilizado nas análises



4.3.5 Cor aparente

O equipamento utilizado para medição foi um colorímetro ou medidor de cor portátil modelo DM-COR da Digimed (Figura 4.4), com faixa de leitura variante entre 0 – 500 mgL⁻¹ Pt/Co (Hazen).

Figura 4.4- Colorímetro



4.3.6 Sólidos dissolvidos totais (SDT)

O aparelho utilizado para a medição foi o mesmo empregado na condutividade elétrica, ou seja, o condutivímetro (Figura 4.2). O procedimento segue o descrito para medição da condutividade, com diferença na configuração da análise que é realizada modificando a unidade no display para parte por milhão, ou seja, ppm.

4.3.7 Oxigênio dissolvido (OD)

As análises de saturação de oxigênio dissolvido (% OD) foram realizadas *in loco*, por meio de uma sonda multiparâmetros, previamente calibrada, a medição foi realizada a partir da imersão do sensor, previamente lavado com água destilada na amostra em questão.

4.3.8 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

No laboratório o método utilizado para determinação da DBO é o de Winkler (1888) (Figura 4.5). A DBO foi realizada em dois momentos: imediatamente a chegada das amostras obtendo assim o oxigênio dissolvido ($OD_{inicial}$) e posteriormente após incubação da amostra no laboratório por 5 dias a uma temperatura de 20° onde foi medido novamente a quantidade de oxigênio dissolvido remanescente (OD_{final}). A diferença entre os dois valores obtidos (inicial menos final) representa a quantidade de oxigênio consumida pelos microrganismos para decompor a matéria orgânica presente na amostra durante o período de incubação.

Figura 4.5 - Análise de DBO



4.3.9 Índice da qualidade da água (IQA)

Como dito anteriormente o IQA foi calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (4.1)$$

Onde:

IQA: valor adimensional que pode variar na faixa de 0 a 100;

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

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

$$\sum_i^n wi = 1 \quad (4.2)$$

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA. A Figura 4.6 mostra os parâmetros de Qualidade da Água do IQA e seus respectivos pesos aplicados nesta dissertação.

Tabela 4.1 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,1
Temperatura da água	0,1
Nitrogênio total	0,1
Fósforo total	0,1
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA (2010)

4.3.10 Índice de estado trófico (IET)

Em rios, o cálculo do IET, a partir dos valores de fósforo total, é feito pela equação 4.1, segundo LAMPARELLI (2004).

$$IET = 10 \times \{6 - [(0,42 - 0,36 \ln PT / \ln 2)]\} \quad (4.3)$$

onde o fósforo total (PT) é expresso em µg/L.

Já em reservatórios, o cálculo do IET a partir dos valores de fósforo é feito pela equação 4.5:

$$IET = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \cdot (\ln PT / \ln 2))) \quad (4.4)$$

onde o fósforo total (PT) é expresso em µg/L.

4.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

As amostras de água coletadas foram analisadas pelo método da membrana filtrante (*Standard Methods for water and wastewater* 9222-B). A técnica é realizada a partir da utilização de membranas brancas quadriculadas com poros de 0,45 µm e 0,47mm de 27 diâmetro da marca MERCK Milipore, juntamente a um sistema de filtração dotado de bomba de vácuo, suporte para o filtro e kitassato. Após a filtração de 100 mL do volume da água amostral no sistema de filtração, a membrana é deposita em placa de petri contendo o meio cultura caldo m-FC Broth e colocada em uma estufa para incubar para cultura bacteriológica durante 22-24h a uma temperatura de aproximadamente 45°C. Após a incubação foi realizado visualmente a leitura das placas observando a ausência ou presença de colônias de coliformes termotolerantes obtendo valores reais que serão utilizados para teste de controle de qualidade. A unidade utilizada para o parâmetro é a UFC/100mL (UFC – Unidade Formadora de Colônia). As colônias compreendem um espectro de tons de azul escuro indicado que as mesmas são coliformes típicos. Vale ressaltar que colônias que apresentam coloração cinzas a cinza-avermelhados a coloração creme são descritas como coliformes não termotolerantes (atípicos).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rio Piancó se enquadra ao grupo de rios classe II, que segundo a Resolução CONAMA 357/2005, podem ser destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação e mergulho; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, aquicultura e atividades de pesca.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS NAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DO RIO PIANCÓ

A Tabela 5.1 mostra os resultados referentes às análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos nos dois pontos de coleta (PC1 E PC2) do rio Piancó e os respectivos limites para corpos hídricos de classe 2 definidos pela Resolução anteriormente citada. A Figura 5.1 mostra todos os parâmetros analisados para avaliar a qualidade da água e que serão posteriormente discutidas individualmente nas próximas seções. Pode-se observar que a análise dos dados é referente a 10 anos de coleta de dados que sempre foram coletados nas mesmas épocas do ano e sempre nos mesmos pontos de coleta anteriormente descritos.

Tabela 5.1 - Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e limites de referência para o rio Piancó

Parâmetros	2011		2012		2013		2014		2015		continua CONAMA 357/05
	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	
Temperatura	27,0	28,0	28,0	30,0	29,0	29,0	27,0	28,0	28,4	27,7	*
Cor	0,0	0,0	14,5	17,0	38,1	13,6	24,8	34,3	32,0	24,5	75mg Pt/L
Turbidez	2,0	0,6	4,5	0,0	10,7	0,1	6,2	2,2	6,5	1,7	100 UNT
pH	7,7	7,5	7,3	7,1	6,8	8,1	7,9	7,5	8,2	7,4	6,0 a 9,0
Condutividade	259,0	296,0	275,5	281,5	267,0	279,0	236,0	285,0	248,5	284,5	*
Salinidade	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
SDT	192,0	221,0	203,5	208,0	198,0	207,0	175,0	211,0	187,5	214,5	500
OD	1,8	1,8	5,1	4,2	5,2	4,0	7,4	4,3	7,4	5,0	> 5 mg/L O2
DBO	1,0	1,4	1,8	0,6	1,6	0,6	1,5	1,5	1,7	1,2	máx 5 mg/L O2
CF	10,0	40,0	125,0	20,0	55,0	520,0	0,0	4030,0	2020,0	21390,0	1000

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF: Coliformes Termotolerantes.

Tabela 5.1 - Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e limites de referência para o rio Piancó

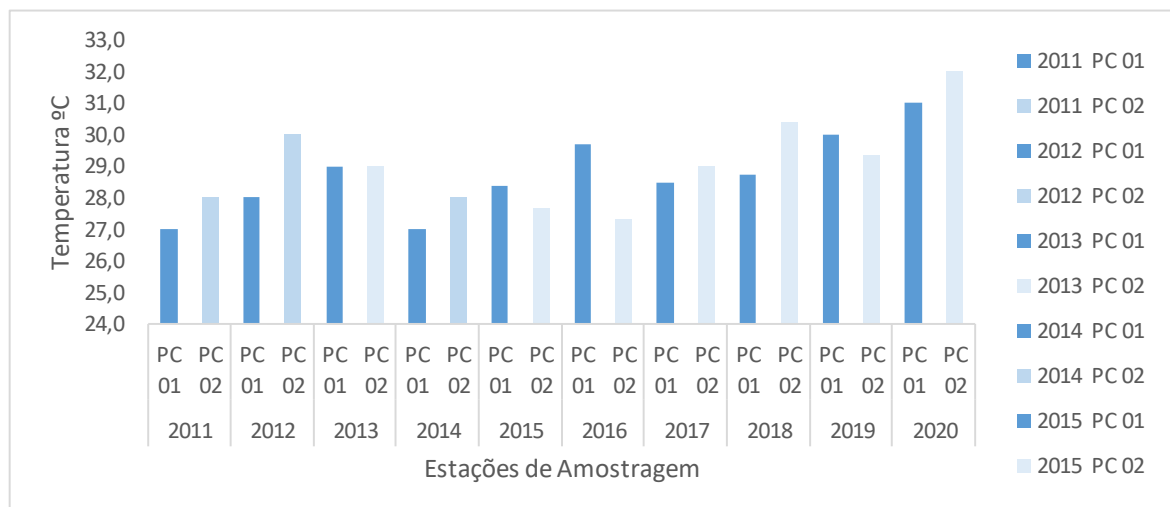
Parâmetros	2016		2017		2018		2019		2020		Conclusão
	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	PC 01	PC 02	CONAMA 357/05
Temperatura	29,7	27,3	28,5	29,0	28,8	30,4	30,0	29,3	31,0	32,0	*
Cor	39,1	14,6	61,0	46,5	93,0	39,6	135,1	320,4	65,7	63,2	75mg Pt/L
Turbidez	6,8	1,2	18,8	0,9	38,7	4,8	92,9	219,8	5,8	1,4	100 UNT
pH	8,4	7,3	8,3	7,4	6,9	7,1	7,8	4,0	7,9	7,4	6,0 a 9,0
Condutividade	261,0	284,0	213,5	244,0	185,5	259,5	40,7	29,6	117,3	122,4	*
Salinidade	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
SDT	200,0	218,0	154,5	176,0	118,1	158,9	15,0	2,6	79,8	83,2	500
OD	7,5	5,6	7,9	5,4	7,5	5,5	7,8	7,6	8,2	3,7	> 5 mg/L O2
DBO	1,9	0,8	1,7	1,2	0,7	1,9	1,7	5,2	0,6	0,7	máx 5 mg/L O2
CF	4040,0	38750,0	1050,0	530,5	5720,0	9260,0	860,0	2200,0	170,0	370,0	1000

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF: Coliformes Termotolerantes.

5.1.1 Temperatura

Como dito anteriormente, a temperatura é a medida da intensidade do calor numa determinada área. O aumento da temperatura acelera as taxas de reações físicas, químicas e biológicas, reduz a solubilidade de gases como o oxigênio dissolvido e aumenta a liberação de gases, promovendo odores desagradáveis. Os resultados de temperatura apresentados na Figura 5.1 variaram entre 27 a 32 °C, estes valores são bem representativos da região, de clima seco, onde as temperaturas são mais elevadas durante o dia. Com relação à temperatura da água, não existem normas legais específicas.

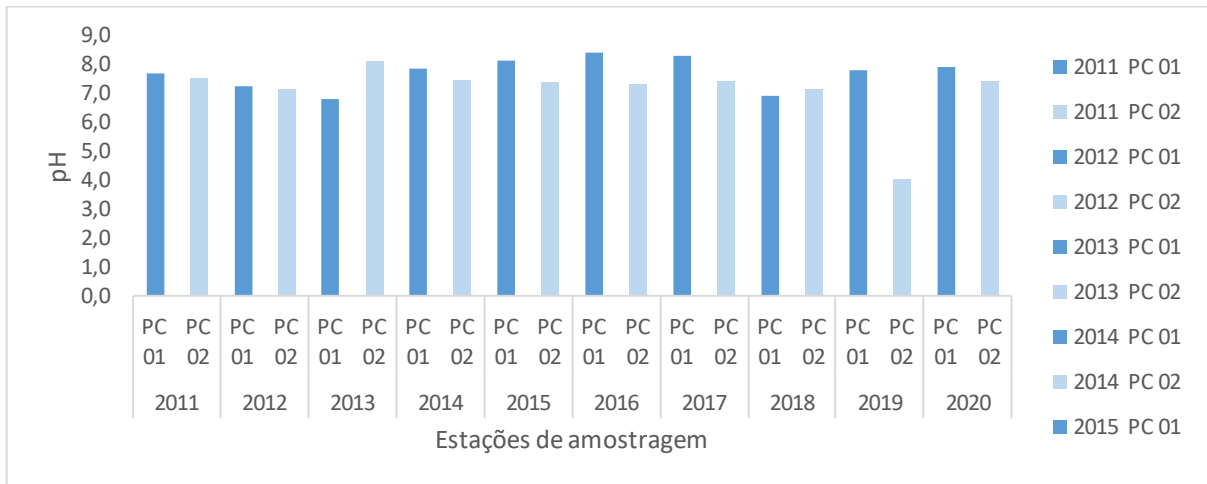
Figura 5.1 - Valores de Temperatura



5.1.2 pH

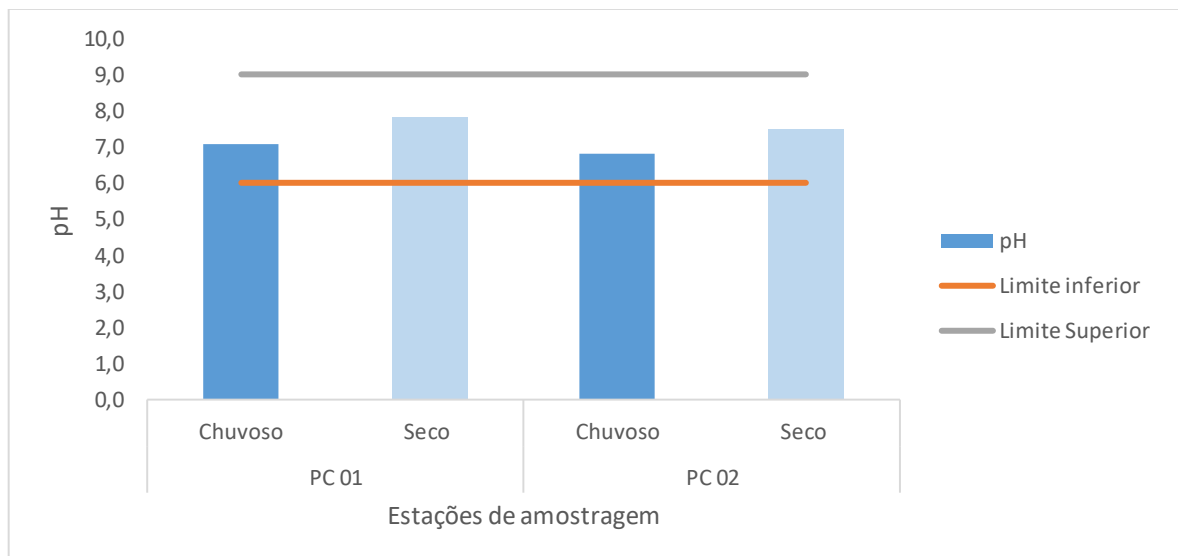
O pH foi um parâmetro que se manteve, em sua totalidade, dentro dos limites exigidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual estabelece uma faixa de 6,0 a 9,0, como mostrado na Figura 5.2. De acordo com Libânio (2005), águas naturais de superfície apresentam pH entre 6,0 e 8,5, considerado por ele, um intervalo ótimo para a manutenção da vida aquática. Os valores encontrados para esse parâmetro corroboram com os resultados encontrados por Queiroz; Dantas e Silva (2013) entre os anos de 2010 e 2011 de pH variando de 7,54 a 8,34 também para o rio Piancó, indicando valores aceitáveis com a legislação vigente.

Figura 5.2 - Valores de pH



Tanto no PC 01 quanto no PC 02, observou-se a diminuição dos valores médios de pH do período seco para o chuvoso (Figura 5.3). Essa diminuição deve-se pelo fato da concentração de cátions de reação básica, como o sódio, potássio, cálcio e magnésio, contribuindo, desta forma, para o aumento do pH na água. Tal resultado também foi encontrado por Barros (2015). Entretanto, segundo o mesmo, estabelecer uma explicação imediata para este padrão de comportamento é difícil pois, tal parâmetro é influenciado por inúmeros fatores, como, sólidos, gases dissolvidos, dureza, alcalinidade, temperatura e fatores bióticos.

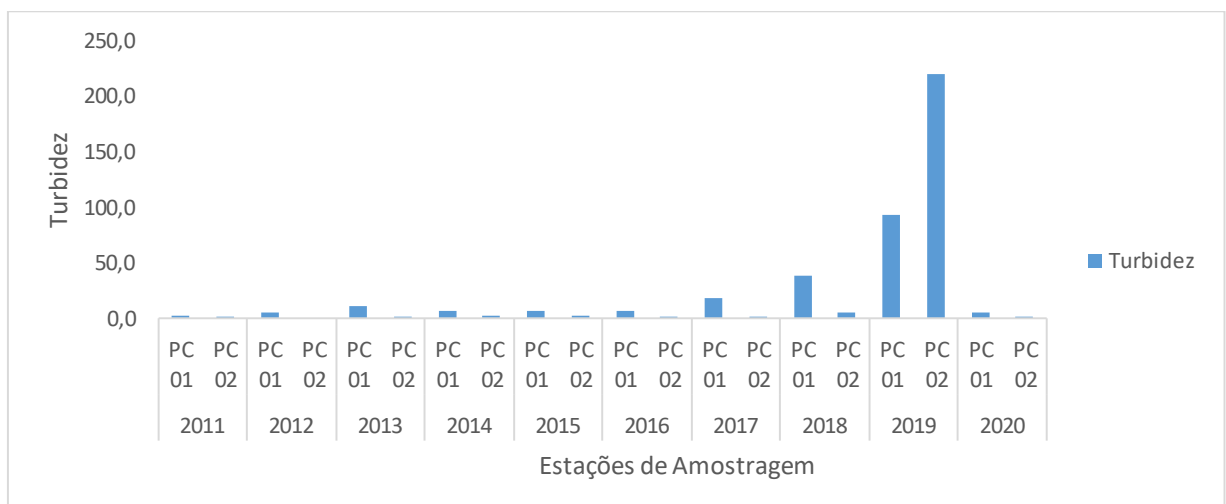
Figura 5.3 - Valores médios de pH nos períodos chuvoso e seco



5.1.3 Turbidez

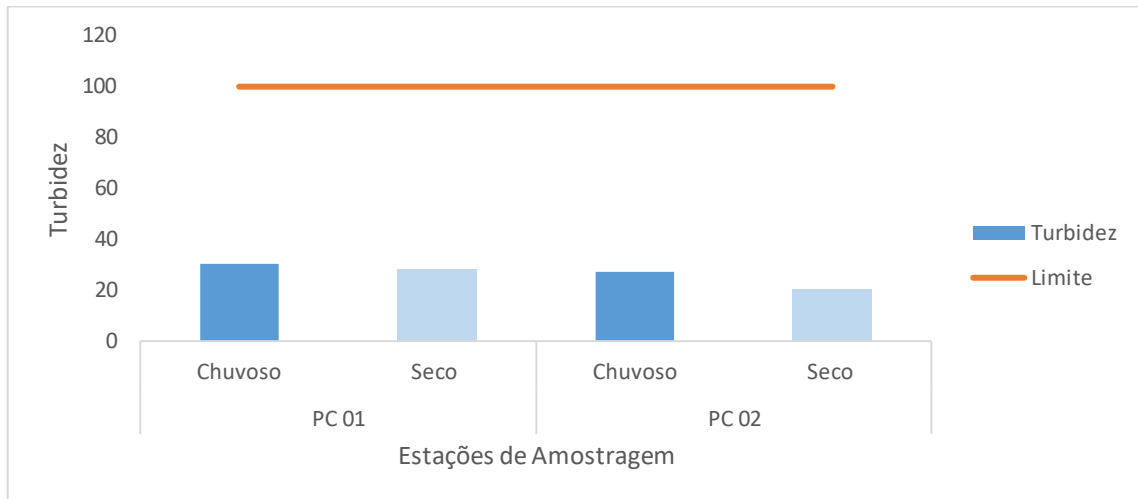
A turbidez determina o grau de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar o espelho d'água, conferindo a aparência turva (CETESB, 2018). Normalmente, a turbidez está associada à quantidade de sólidos dissolvidos e/ou em suspensão, a presença de partículas orgânicas dificulta a absorção da luz na água. Além de afetar aparência estética, a elevada turbidez reflete na diminuição da atividade fotossintética do meio. Os valores de turbidez estão dispostos na Figura 5.4. Observa-se que os valores estão de acordo com o limite da legislação, exceto para o ano de 2019 onde o ponto PC 02 apresentou valor superior ao que é permitido pela legislação, a maior variação desse parâmetro no ponto PC 02, próximo ao município de Pau Ferrado, pode ser decorrente a carga elevada de matéria orgânica.

Figura 5.4 - Valores de Turbidez



Observa-se na Figura 5.5 que os valores de turbidez foram mais altos no período chuvoso, já que durante as cheias as partículas do solo são carregadas para os rios e o maior volume d'água ocasiona o revolvimento e transporte dos sedimentos do fundo do rio para a superfície.

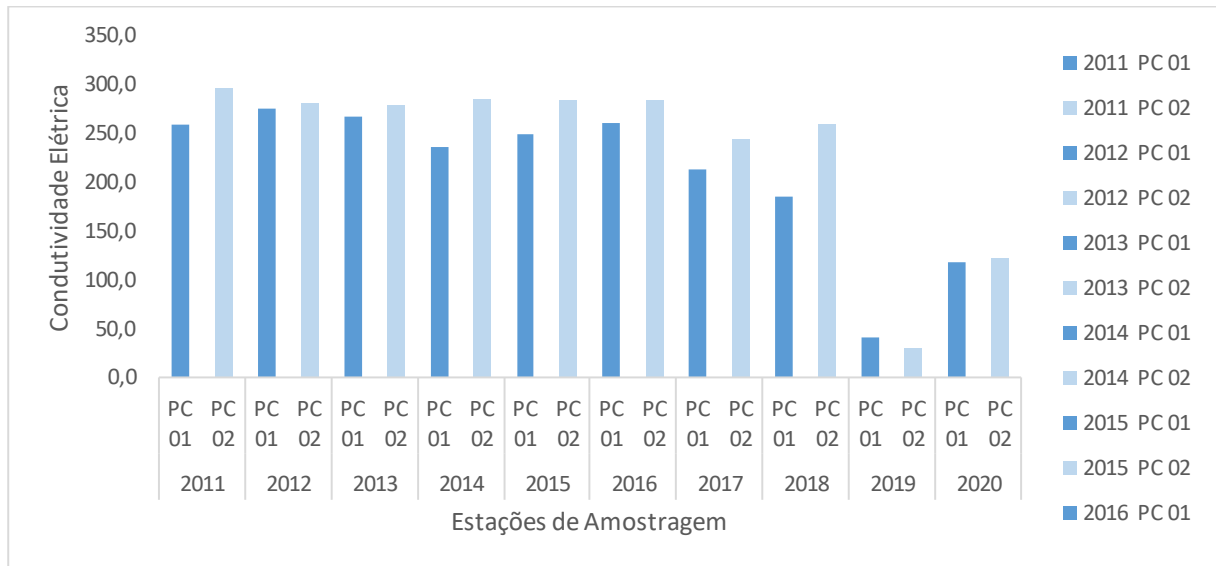
Figura 5.5 - Valores médios de turbidez nos períodos chuvoso e seco



5.1.4 Condutividade elétrica (CE)

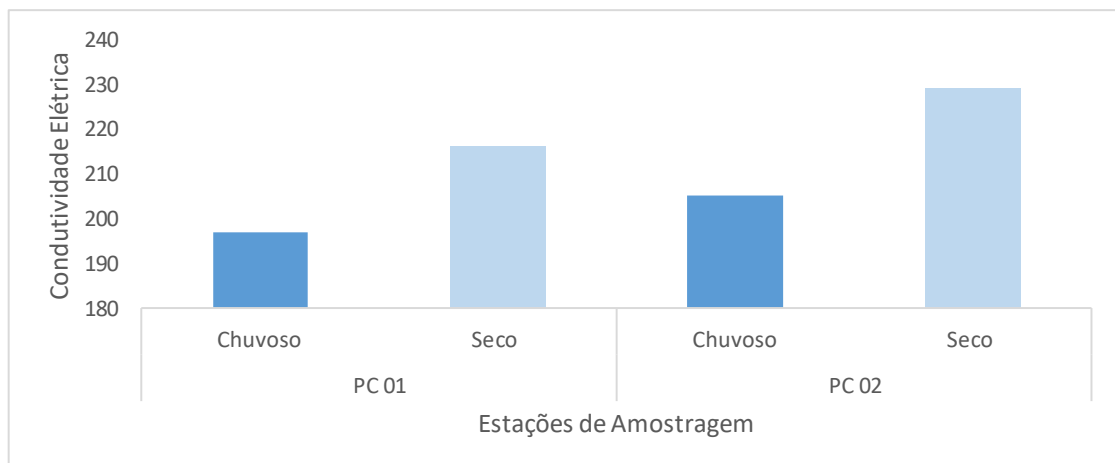
A condutividade elétrica (CE) como já mencionado anteriormente está relacionada com a capacidade de condução de corrente elétrica. Tal fato é decorrente do teor de nutrientes como: cálcio, sódio, potássio entre outros. A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece nenhum padrão à condutividade para rios de classe 2, entretanto a quantidade de sais existentes na água pode representar indiretamente a concentração de poluentes, normalmente níveis superiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes atingidos por lançamentos de esgotos domésticos, fertilizante entre outros. Analisando a Figura 5.6, apenas no ano de 2019 o valor de condutividade foi abaixo de 100, nos outros anos o valor deste parâmetro foi maior que $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Valores variando de 239 a $472,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ foram observados no trabalho realizado por Barros (2015), estudo realizado por Nóbrega (2016) também verificou uma variação média de $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nas águas do rio Piancó. Portanto elevada quantidade de íons mostra que algum efluente pode estar atingindo diretamente o rio.

Figura 5.6 - Valores de condutividade elétrica



A Figura 5.7 apresenta os valores médios de CE no período chuvoso e seco. Nota-se que os valores são menores no período chuvoso provavelmente pelo efeito de diluição ocasionado pelas águas da chuva, enquanto que no período seco ocorre uma concentração desses sais aumentando assim os valores de CE.

Figura 5.7 - Valores médios de condutividade elétrica nos períodos chuvoso e seco

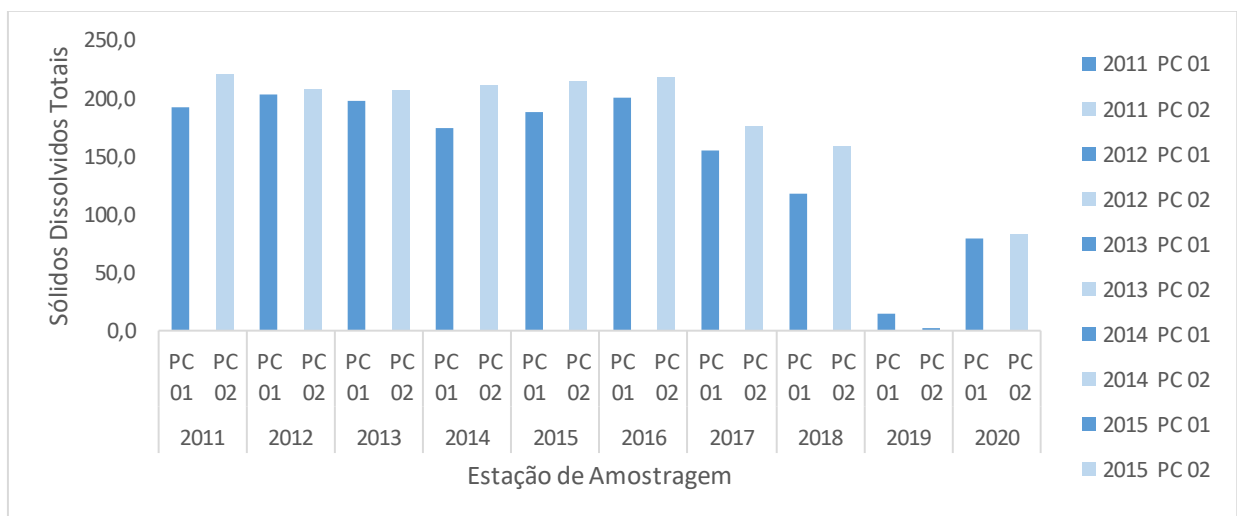


Também é possível observar que os valores de CE são mais elevados na estação de amostragem PC 02, devido ao provável lançamento de efluentes nas margens do rio pela comunidade circunvizinha.

5.1.5 Sólidos dissolvidos totais (SDT)

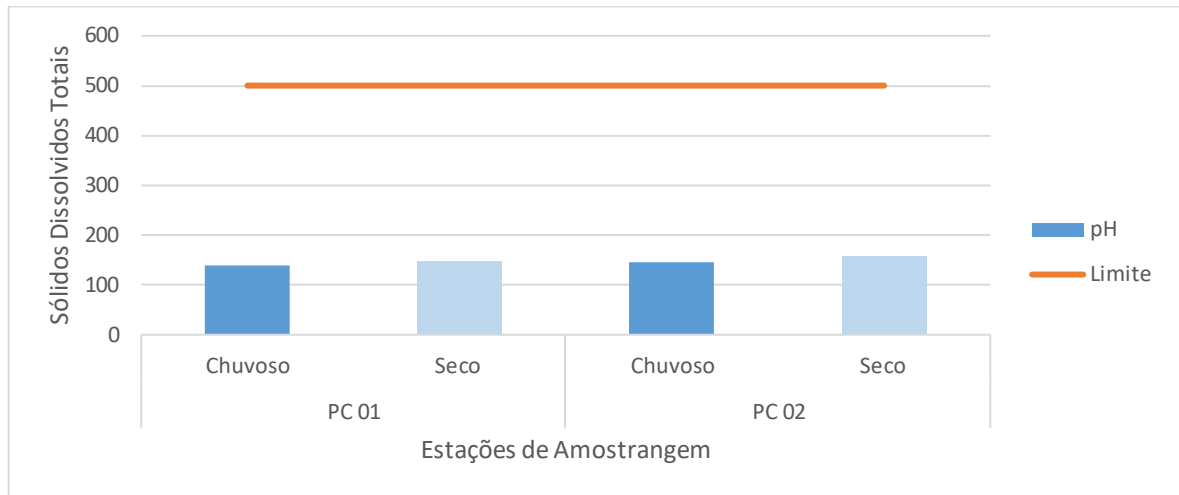
Sólidos dissolvidos totais (SDT) indicam a presença de sais, ácidos minerais e outros contaminantes que se despejados no curso hídrico podem aumentar a demanda química e bioquímica de oxigênio nas águas, levando à depleção do oxigênio dissolvido no meio. Além disso, os sólidos totais dissolvidos podem demonstrar a carga de poluentes lançadas no curso de água (CARVALHO E OLIVEIRA 2003). De acordo com a Figura 5.8 os valores encontrados em 2019 foram os mais baixos; nos outros anos, os resultados de SDT variaram de 79 a 221 mg.L⁻¹, entretanto esses valores não ultrapassaram os limites preconizados pela legislação.

Figura 5.8 - Valores de sólidos dissolvidos totais



A Figura 5.9 apresenta os valores médios de SDT no período chuvoso e seco. Nota-se que os valores são maiores no período seco. Assim, como a CE é possível verificar que os valores de SDT são mais elevados na estação de amostragem PC 02, devido ao provável lançamento de efluentes que o rio recebe ao longo de seu curso.

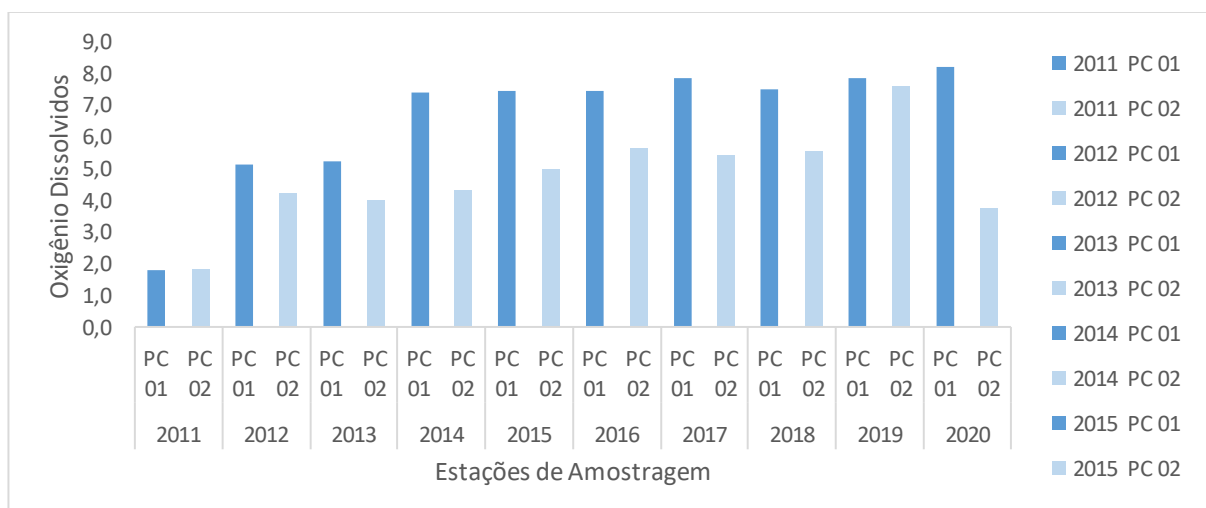
Figura 5.9 - Valores médios de sólidos dissolvidos totais nos períodos chuvoso e seco



5.1.6 Oxigênio dissolvido (OD)

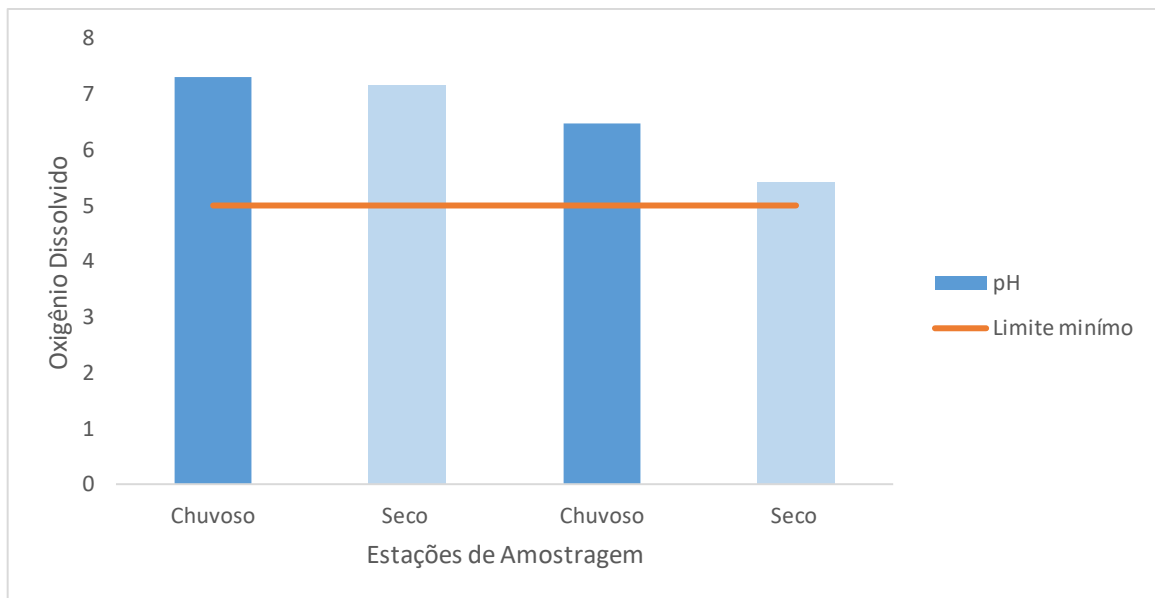
O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro de grande relevância para detectar impactos ambientais. Geralmente segundo Garcia e Barreto (2011), o oxigênio dissolvido diminui à medida que recebe carga de substâncias orgânicas presentes no esgoto. Os valores encontrados nas águas do rio Piencó apresentaram na maior parte das amostragens, valores condizentes com a resolução (Figura 5.10). Entretanto em alguns pontos apresentaram valores abaixo do permitido pela resolução CONAMA 357/05. Nesses pontos, com níveis de OD > 5,0 mg/L apontam níveis de poluição e comprometimento da vida aeróbica do corpo hídrico. Estima-se que grande parte das espécies (principalmente os peixes) que sobrevivem no ambiente aquático, não resiste às concentrações menores que 2,0 mg/L.

Figura 5.10 - Valores de oxigênio dissolvido



A Figura 5.11 apresenta os valores médios de OD no período chuvoso e seco. Observa-se que os valores de OD são menores no período seco. Os resultados encontrados para OD podem ser correlacionados negativamente com os valores encontrados para CE e SDT, já que o maior aporte de efluentes no rio contribui para a depleção do OD. Portanto esses valores de OD podem indicar um aumento no metabolismo microbiano o que leva a intensificação da decomposição de matéria orgânica consequentemente a desoxigenação da água.

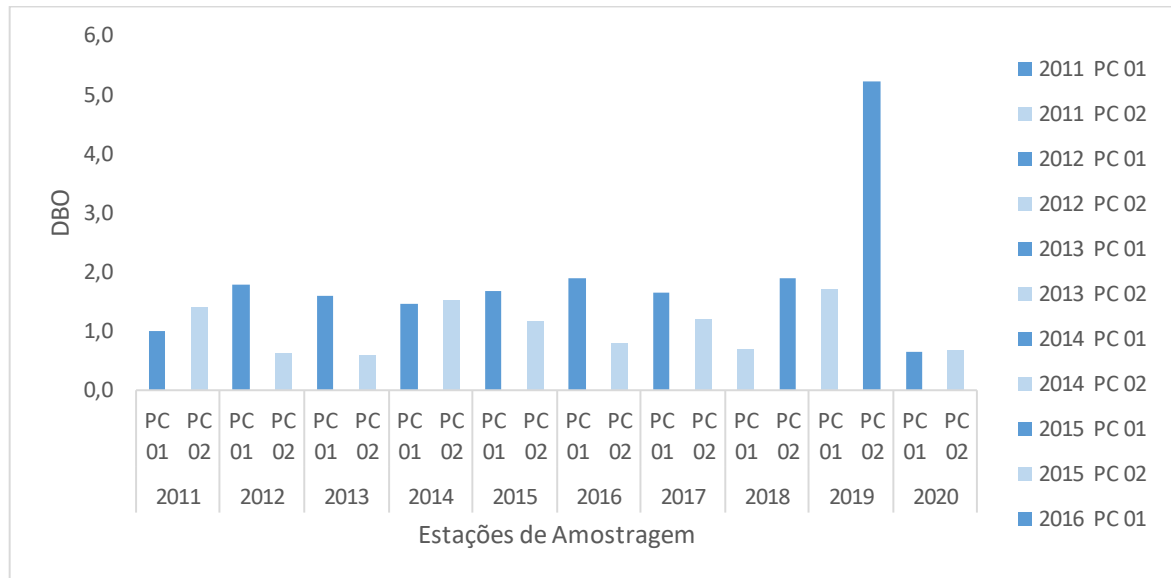
Figura 5.11 - Valores médios de oxigênio dissolvido nos períodos chuvoso e seco



5.1.7 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

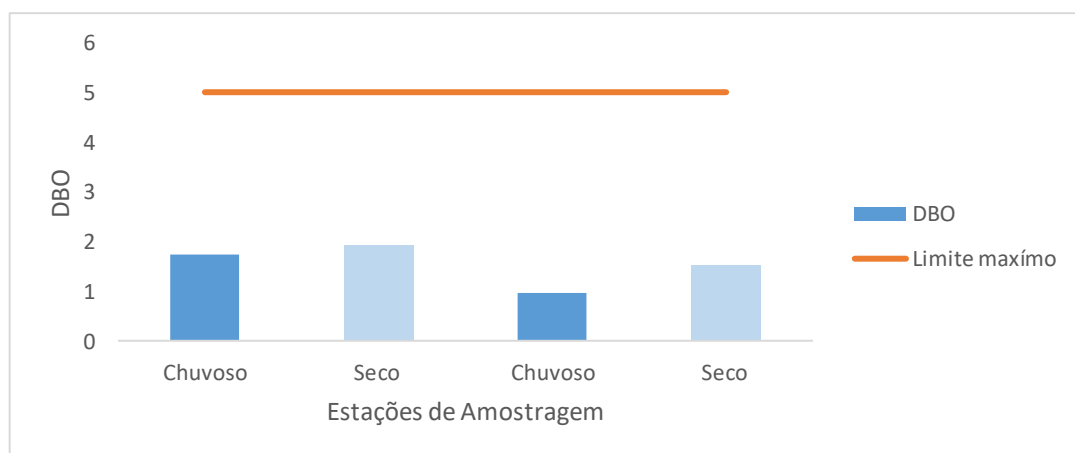
Os resultados da demanda bioquímica de oxigênio estão expressos na Figura 5.12 e observa-se que os valores de DBO não excederam o limite proposto pela Resolução CONAMA 357/05.

Figura 5.12 - Valores de demanda bioquímica de oxigênio



Normalmente a análise do OD e da DBO (demanda bioquímica por oxigênio) é realizada em conjunto, já que quando os valores de OD são baixos, os de DBO tendem a ser elevados (inversamente proporcional). Isso porque as concentrações elevadas de DBO indicam o aumento da atividade bacteriológica do meio e consequentemente o consumo de OD e matéria orgânica. A partir da análise da Figura 5.13, que apresenta os valores médios de DBO no período chuvoso e seco, é possível verificar essa relação, já que no período onde o OD é menor ocorreu um aumento no número de DBO.

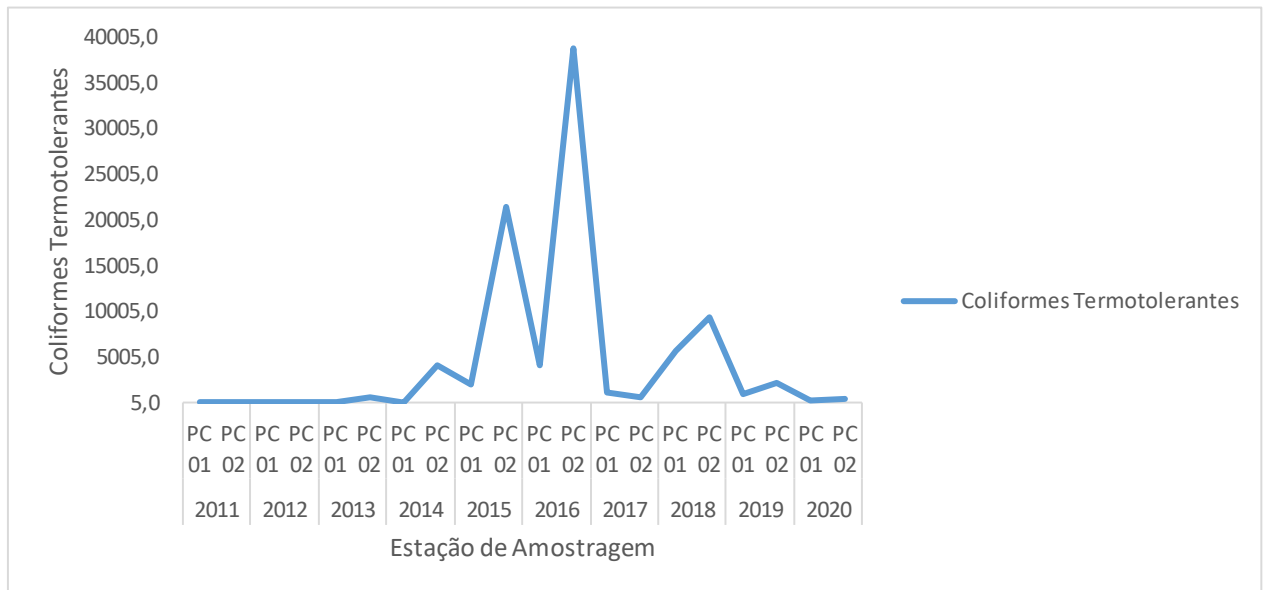
Figura 5.13 - Valores médios de demanda bioquímica de oxigênio nos períodos chuvoso e seco



5.1.8 Coliformes termotolerantes (CT)

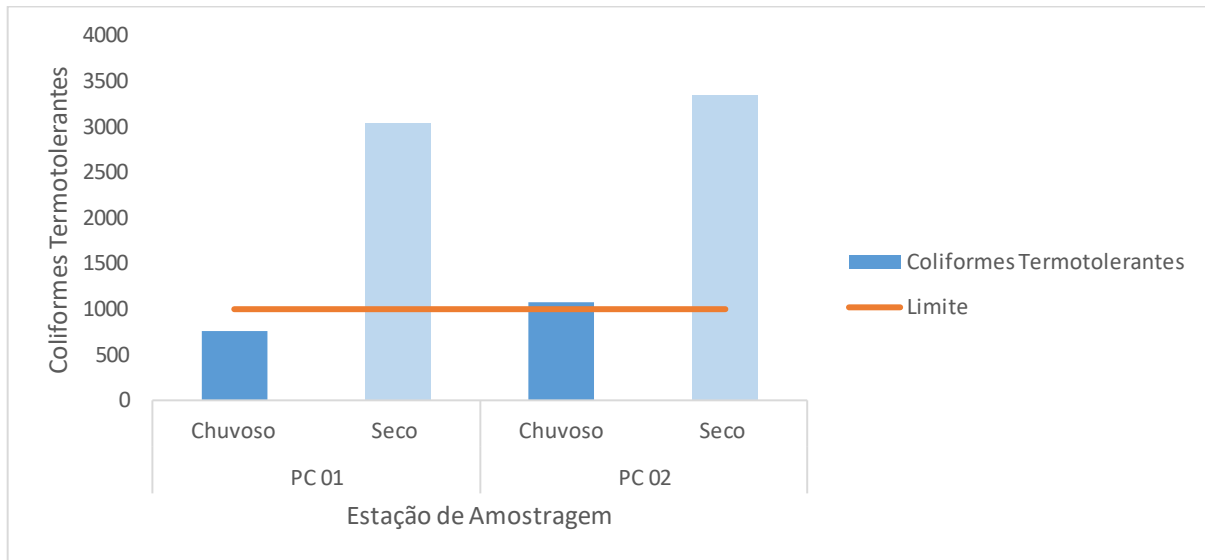
Os valores de coliformes termotolerantes (CT) encontrados em alguns anos, como mostrado na Figura 5.14, estão em desacordo com o limite previsto pela Resolução. Os coliformes são um grupo de bactérias utilizadas como indicadores da existência de contaminação bacteriológica da água. Os Coliformes termotolerantes sobrevivem normalmente no organismo humano, portanto altos valores desse parâmetro induz a existência de esgotos domésticos no corpo hídrico. Altas concentrações de CT indicam a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica como cólera, febre tifoide e disenteria.

Figura 5.14- Valores de coliformes termotolerantes



Os resultados encontrados de coliformes termotolerantes nos períodos chuvoso e seco reforçam a probabilidade de lançamento de efluentes ao longo (Figura 5.15). Esse parâmetro avaliado junto com OD e DBO indica a contaminação por efluentes. No período seco, os valores de OD foram menores e os de DBO e coliformes foram maiores, ou seja, o oxigênio está sendo consumido por microrganismos para a decomposição da matéria orgânica. Se compararmos os valores entre os pontos de amostragem (PC 01 e PC 02) verifica-se que em PC 02 os valores são mais elevados indicando um provável lançamento de efluentes ao longo do curso do rio.

Figura 5.15 - Valores médios de coliformes termotolerantes nos períodos chuvoso e seco



Desta forma avaliando a CE, SDT, OD e CT em conjunto, observa-se que seus resultados são indicativos de carga poluentes lançadas no curso de água.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS NO SISTEMA DE RESERVATÓRIOS COREMAS E MÃE D'ÁGUA

Para o sistema de reservatórios compostos pelo Açude Coremas e Açude Mãe d'água foram calculados o índice da qualidade da água (IQA) e o índice de estado trófico (IET). Como esses reservatórios influenciam diretamente na perenização do rio Piancó, determinar, de forma quantitativa e qualitativa, a condição desses corpos aquáticos, é ponto fundamental para verificar se a qualidade de água do rio Piancó é influenciada pela qualidade d'água dos Reservatórios. Desta forma a Tabela 5.2 e 5.3 apresentam os resultados dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA e IET assim como os resultados da determinação do índice de qualidade de água e do estado trófico. O IQA e IET foram calculados semestralmente, portanto duas vezes ao ano, em 2017.2 o reservatório Mãe d'água estava seco, desta forma não foi calculado o índice de qualidade de água. Em 2020, o IQA também não foi calculado devido o estado de calamidade decretado em virtude da pandemia de coronavírus.

Tabela 5.2- Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e classificações de acordo com o índice de qualidade de água para o Reservatório Mãe D`água

Parâmetros									continua
	2011	2012.1	2012.2	2013.1	2013.2	2014.1	2014.2	2015.1	
Temperatura	27	31	30	31	31	28	28	30	
Turbidez	7,5	0,08	0,08	10	0,08	6,91	2,76	10	
pH	7,8	7,38	7,75	5,73	8,16	8,22	8,18	9,17	
OD	3,2	6	8,2	9,6	7,6	6,54	9,6	11,83	
DBO	1,6	0,8	2,2	2,6	0,6	1,7	1,9	3,2	
CF	60	37	252	560	15	129	258	253	
RT	140	143	190	189	118	117	161	360	
FT	0,17	0,06	0,34	0,03	0,06	0,2	0,06	0,13	
NT	5	1,2	1	1,7	1,3	1,3	1,3	2,5	
IQA	63	82,74	70,37	66,7	86	75	74	59	
Qualificação	BOA	ÓTIMA	BOA	BOA	ÓTIMA	BOA	BOA	BOA	
IET	32	25	36	21	25	33	25	30	

OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF: Coliformes Termotolerantes; RT: Resíduos Totais; FT: Fósforo Total; NT: Nitrogênio Total; IQA: Índice de Qualidade da Água; IET: Índice de Estado Trófico.

Tabela 5.2- Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e classificações de acordo com o índice de qualidade de água para o Reservatório Mãe D`água

Parâmetros									Conclusão
	2015.2	2016.1	2016.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2019.1	2019.2
Temperatura	30	30,2	29,7	29		28	32,6	32	32
Turbidez	10	11,5	18	33,9		9,28	8,3	6,25	8,64
pH	9,17	9,07	8,24	8,31		7,31	9,7	7,56	8,53
OD	11,85	10,12	8,6	9,4		8,4	9,06	10	15,4
DBO	3,2	3	3,4	3		2,2	2,2	2,22	3,53
CF	253	5100	266	150	Sem água	210	25	800	68
RT	360	42	268	280		92	232	204	224
FT	0,13	0,08	0,81	0,89		0,08	0,05	0,09	0,23
NT	1,8	1,8	2,1	2,8		1,1	1,1	0,4	0,7
IQA	59	56	65	59		78	70	65	67
Qualificação	BOA	BOA	BOA	BOA		BOA	BOA	BOA	BOA
IET	30	27	41	42		27	24	28	33

OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF: Coliformes Termotolerantes; RT: Resíduos Totais; FT: Fósforo Total; NT: Nitrogênio Total; IQA: Índice de Qualidade da Água; IET: Índice de Estado Trófico.

Tabela 5.3- Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e classificações de acordo com o índice de qualidade de água para o Reservatório Coremas

Parâmetros	2011	2012.1	2012.2	2013.1	2013.2	2014.1	2014.2	2015.1
Temperatura	30	31	29	30	30	28	28	25,9
Turbidez	35	0,09	12,3	21,5	8,28	16,1	14,9	12
pH	8,15	7,34	7,57	5,53	8,31	8,79	8,14	8,94
OD	6,2	5	6,8	6,2	7,8	6,9	7,7	10,47
DBO	2,6	2,6	1,8	2,2	1,8	3,3	2	2,8
CF	10	596	64	250	33	0	62	74
RT	170	142	216	187	124	99	143	324
FT	0,26	0,05	0,1	0,49	0,08	0,06	1,1	0,14
NT	6,7	1,1	0,5	1,2	1,5	1,2	1,1	1,5
IQA	71	70,14	80,89	65,98	82	49	82	64
Qualificação	BOA	BOA	ÓTIMA	BOA	ÓTIMA	REGULAR	ÓTIMA	BOA
IET	34	24	28	38	27	25	43	30

OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF: Coliformes Termotolerantes; RT: Resíduos Totais; FT: Fósforo Total; NT: Nitrogênio Total; IQA: Índice de Qualidade da Água; IET: Índice de Estado Trófico.

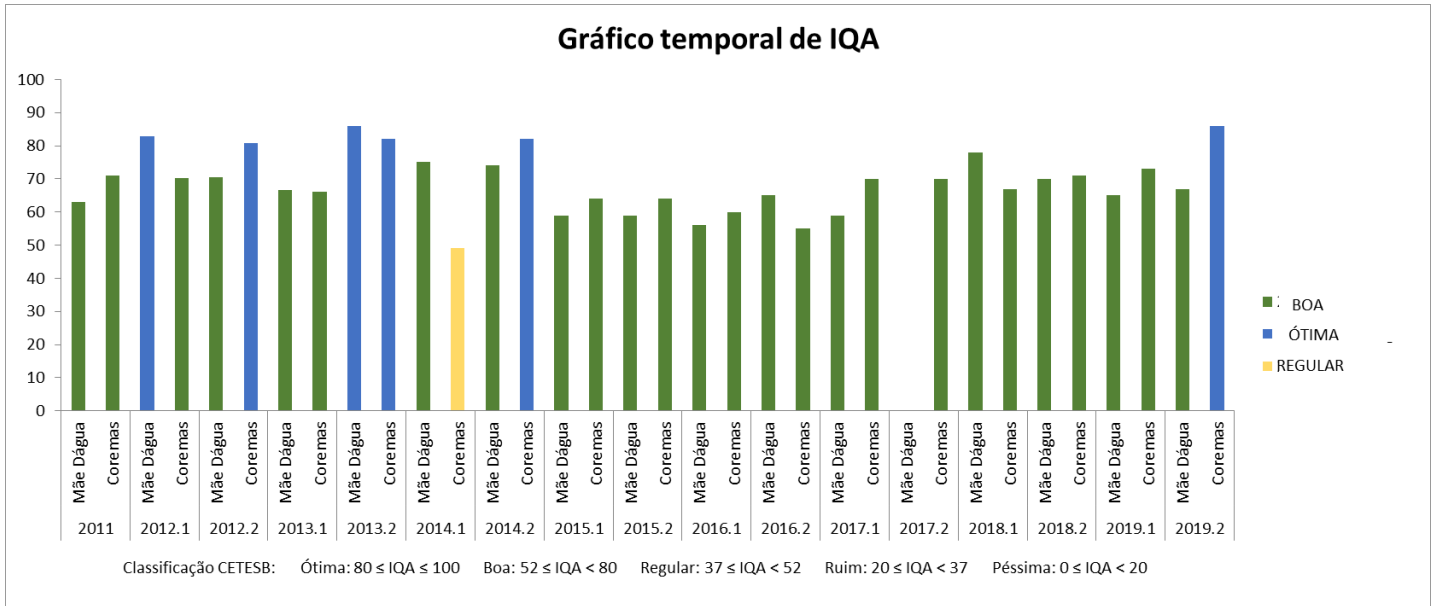
Tabela 5.3 - Resultado das análises físico-químicas, microbiológicas e classificações de acordo com o índice de qualidade de água para o Reservatório Coremas

Parâmetros										Conclusão
	2015.2	2016.1	2016.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2019.1	2019.2	
Temperatura	28,9	31	30,5	27	30	27	32,3	31	30	
Turbidez	12	17,5	80,1	17	24,8	3	17,6	6,38	7,85	
pH	8,94	8,9	8	7,75	8,35	7,17	8,23	7,3	7,81	
OD	10,47	10,04	7,4	6,6	8,8	4,4	5,6	7	7,9	
DBO	2,8	4,6	3	1,1	2,4	1	1,2	2,1	1,2	
CF	74	3800	370	120	3400	1050	2200	1050	16	
RT	324	43	240	268	228	120	160	76	272	
FT	0,14	0,09	1,03	0,79	0,1	0,05	0,09	0,16	0,03	
NT	1,5	1,7	1,7	1,4	1	0,4	0,6	0,3	0,3	
IQA	64	60	55	70	70	67	71	73	86	
Qualificação	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	ÓTIMA	
IET	30	28	42	41	28	24	28	31	21	

OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF: Coliformes Termotolerantes; RT: Resíduos Totais; FT: Fósforo Total; NT: Nitrogênio Total; IQA: Índice de Qualidade da Água; IET: Índice de Estado Trófico.

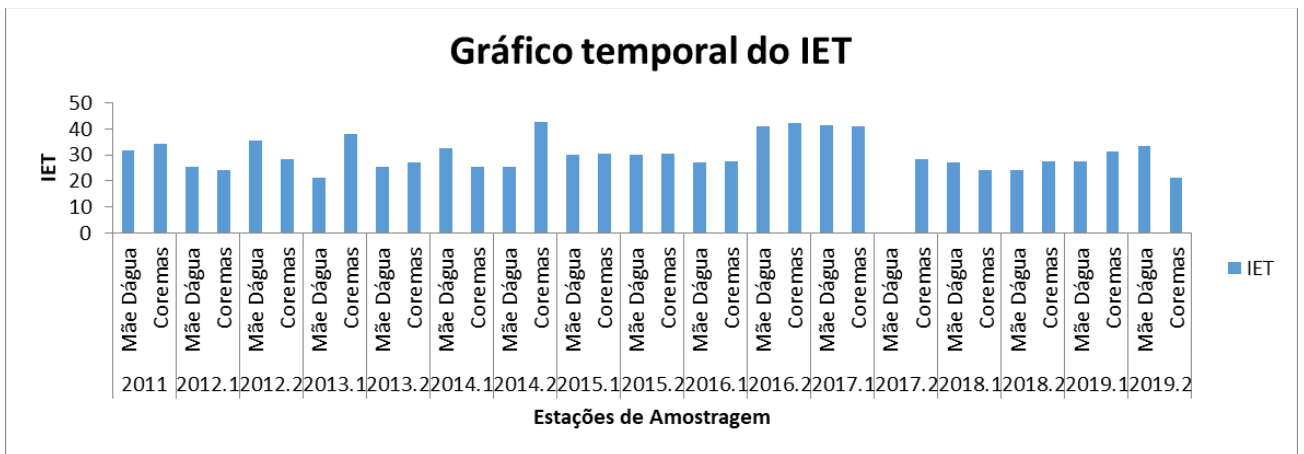
Seguindo as Tabelas 5.2 e 5.3, os pontos de coleta ao longo dos reservatórios obtiveram o Índice da Qualidade da Água (IQA) classificado como bom, ótimo e regular.

Figura 5.16 - Resultado do índice de qualidade de água para os Reservatórios



Analisando os resultados apresentado na figura 5.17 de acordo com a classificação proposta por Lamparelli (2004), verificamos que os reservatórios se enquadram na classe ultraoligotrófico, ou seja, são corpos d'água limpos, com concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.

Figura 5.17 - Resultado do índice de estado trófico para Reservatórios



A partir desses resultados fica claro que a carga poluidora é lançada ao longo do curso do rio Piarcó e não decorrente de poluição dos reservatórios. Desta forma os poluentes são advindos de fontes industriais e de outras atividades com potencial de poluição, como lançamento in natura de esgotos domésticos da Região.

6. CONCLUSÕES

- Diante dos resultados encontrados, pode-se verificar que a maioria dos parâmetros avaliados para analisar a qualidade de água do rio Piancó estão de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Entretanto os valores encontrados de Condutividade Elétrica, Sólidos Dissolvidos Totais e Oxigênio Dissolvido são indicativos de carga poluentes lançadas no curso de água.,
- Com relação a qualidade microbiológica do Rio Piancó Coliformes os altos resultados de Coliformes Termotolerantes são indicativos de carga poluentes lançadas no curso de água.,
- Devido ao índice de qualidade de água do Açude Mãe d'água e Açude Coremas ter sido classificado como bom, ótimo e aceitável da mesma forma que a classificação de estado trófico ter sido ultraoligotrófico, conclui-se que estes não influenciam negativamente na qualidade d'água do rio Piancó, sendo assim a qualidade da água ao longo da bacia do rio Piancó está inteiramente ligada ao crescimento urbano e à carência de saneamento básico no seu entorno, vale lembrar que a presença de coliformes termotolerantes nesses reservatórios indica que ocorre lançamento de efluentes nos mesmos, entretanto não influencia a qualidade da água para tais classificações, mas para que essa água seja destinada ao abastecimento público é necessário a realização de um tratamento adequado antes de sua distribuição.
- Sendo assim, devido a importância deste rio e dos reservatórios para a região semiárida, são necessárias políticas públicas eficientes que busquem protegê-los, assim como medidas efetivas, no intuito de se obter o desenvolvimento sustentável. Sugere-se, portanto, em termos de reabilitação a implementação de políticas públicas que visem tomar medidas de melhorias quanto as instalações de redes de esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e controle do uso e ocupação do solo em torno da bacia, aliados à preservação da vegetação ribeirinha restante, tais medidas possuem grande potencial na melhoria da qualidade das águas do rio.
- Sugere-se ainda a realização de trabalho futuro para identificar as fontes de lançamentos ao longo do rio e, a partir daí, aplicar medidas de correção e ações de recuperação e preservação desse ambiente aquático.

REFERÊNCIAS

AESA. **Comitê Piranhas-Açu**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/comites/piranhasacu>. Acesso em: 29 de maio de 2021.

AESA. **Legislação básica** 2ª edição Superintendência de Administração, Finanças e Gestão de Pessoas Brasília-DF 2007.

AESA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos Relatório Final**. Disponível em <http://www.aesa.pb.gov.br/relatorios/hidrologico>. Acesso em: 29 de maio de 2021.

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, PB**, (2006).

ALVES, Luciano da Silva et al. Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Camarajipe (Salvador – Brasil): diagnóstico dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e determinação do IQA. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 071-080, 2019.

ANA - Agência Nacional De Águas. Ministério Do Meio Ambiente **Plano De Recursos Hídricos Da Bacia Hidrográfica Do Rio Piranhas-Açu**. Brasília – DF, 2016.

ANA - Agência Nacional De Águas. Ministério Do Meio Ambiente **Plano De Recursos Hídricos Da Bacia Hidrográfica Do Rio Piranhas-Açu**. Brasília – DF, 2017.

BARROS, Adrienne Teixeira. **Caracterização físico-química e biológica da água e dos solos das margens do rio Piancó, PB**. Campina Grande,. 198 p. Dissertação de Doutorado (Doutorado em em Ciência e Engenharia de Materiais.) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2015.

CARVALHO, R. A; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios Básicos de Saneamento do Meio**. 3. ed, SENAC, 2003.

CEBALLOS, B. S. O. Determinação de coliformes fecais E. coli pelo método de substratos definidos: alguns inconvenientes. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 3, n. 1, p. 9-10, 1998.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Variáveis de qualidade das águas**. 2014. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov/agua/rios/variaveis> Acesso em: 07 de junho de 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2010. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo: 2007-2009**. São Paulo, 258p.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2018.

CONAMA, **Resolução Nº 357**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 07 de junho de 2021.

CONAMA, **Resolução** N° **430**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> . Acesso em: 07 de junho de 2021.

Esquema dos reservatórios Curema e Mãe d`água. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/acudes-do-semiarido/sistema-curema-mae-dagua> Acesso em: 30 de maio de 2021.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, FINEP. 1998.

GALINDO, E. F. **A intersectoralidade como requisito para construção de uma cidade saudável: política de Saneamento e de Saúde no Recife (gestão 2001-2004) - Estudo de Caso**. Recife, 168p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2004.

GARCIA, C. A. B.; BARRETO, P. R. **Condições ambientais e qualidade da água do açude Buri- Frei Paulo/SE**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió – AL, 2011.p. 20

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas: disciplina jurídica de águas doces**. São Paulo: Atlas, 2014.

ANA. Interrupção de irrigação no Coremas-Jucurutu. **Resolução Conjunta ANA nº 640/2015**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/acudes-do-semiarido/sistema-curema-mae-dagua> . Acesso em: 30 de maio de 2021.

LAMPARELLI , M. C. **Grau de trofia em corpos d`água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo, 235 p. Tese de doutorado (Doutorado em Ecologia) -Departamento de Ecologia., Universidade de São Paulo, 2004.

LEMONTOV, A. **Novo Índice de Qualidade das Águas com Uso da Lógica e Inferência Nebulosa**. Rio de Janeiro, 230 p. Tese de doutorado- Programa de Pós-Graduação em Tecnologia dos processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

LEMOS,S. **Jornal da USP**. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/dados-da-onu-mostram-que-15-mil-pessoas-morrem-anualmente-por-doencas-ligadas-a-falta-de-saneamento/> . Acesso em: Acesso em: 30 de maio de 2021.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

LIMA, Cícero Aurélio Grangeiro. **Análise e sugestões para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da bacia hidrográfica do rio Piancó, situada no Estado da Paraíba**. Campina Grande, 301 p. Dissertação de Doutorado (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2004.

MAGALHÃES, P. C. O custo da água gratuita. **Ciência Hoje**, v. 36, n. 211, p. 45-49. 2004.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência francesa**. 688p. 2007.

Mapa do Reservatório Coremas Disponível em: http://geopro.crn.inpe.br/RH_reser_PB_coremas.htm . Acesso em: 30 de maio de 2021.

MATTOS, A. R. **Índice de qualidade de águas para a bacia do rio das Velhas: Aspectos metodológicos e avaliação quantitativa do ambiente.** Minas Gerais, 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – Minas Gerais, 1998.

NÓBREGA, Maria Dolores de Andrade Carneiro. **Domínio das águas no trecho perenizado do rio Piancó pelos Reservatórios Coremas e Mãe d'água: estudo de caso.** Campina Grande, 71 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais com ênfase Hidrologia e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2016.

NOGUEIRA, F.F; COSTA, I.A; PEREIRA, U.A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás.** Goiás, 150p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), 2015. Goiânia, Universidade Federal da Goiás, 2015.

QUEIROZ, M. M. F.; DANTAS, E. F.; SILVA, A. L. Qualidade e quantidade da água do rio Piancó, tributário do Rio Piranhas-açu na região Nordeste. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 8, n. 2, p. 49-58, 2013.

Restrição de uso no Piranhas-Açu. Resolução Conjunta ANA-IGARN-AESA nº 1.396/2016. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/acudes-do-semiarido/sistema-curema-mae-dagua> . Acesso em: 30 de maio de 2021.

RIBEIRO, E. V. **Avaliação da qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora – MG: Metais Pesados e atividades antropogênicas.** Belo Horizonte, 196p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

ROSSI, W; BRANCO, L.C; LACERDA, J.A; GOMES, A.C; WAGNER, E.M.S. Fontes de poluição e o controle da degradação dos rios urbanos em Salvador. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social** , p. 61-74, 2012.

SELBORNE; Lord. **A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento.** 80p.2001.

SELAP, DZ 201- **Classificação das águas interiores do Estado.** Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DZS_02.pdf . Acesso em: 07 de junho de 2021.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. 456p. 2005.

SPERLING, M. V. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte. 588p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007..

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 2005

SOUSA, T. M. I. S, et al. Qualidade ambiental da bacia do Rio Piancó Piranhas Açú. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v 9, n. 4, p. 84-94, 2014.

VIEIRA, V. P. P. B.. Recursos Hídricos e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)**, no 1, Vol. 1, p.91-107.1996.

VILLIERS, M. **Água: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais série crise do século XXI**. Ediouro, 2002.