



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

Olavo Bonifácio da Silva

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO: O
CASO DO RESERVATÓRIO DO RIO SANTO ANASTÁCIO NO
MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – ESTADO DE SÃO
PAULO-BRASIL**

Presidente Prudente – SP

2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Presidente Prudente

Olavo Bonifácio da Silva

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO: O
CASO DO RESERVATÓRIO DO RIO SANTO ANASTÁCIO NO
MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – ESTADO DE SÃO
PAULO - BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado Profissional, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências, com área de concentração em Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Ribeiro de Araújo

Presidente Prudente – SP

2022

S586d

Silva, Olavo Bonifácio

Disponibilidade hídrica para abastecimento público: O caso do reservatório do rio Santo Anastácio no município de Presidente Prudente - estado de São Paulo- Brasil / Olavo Bonifácio Silva,

2022

116 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologias, Presidente Prudente

Orientadora: Renata Ribeiro de Araújo

1. Segurança hídrica. 2. Saneamento básico. 3. Qualidade da água.
4 . Assoreamento.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Disponibilidade Hídrica para Abastecimento Público: o caso do reservatório do rio Santo Anastácio no município de Presidente Prudente, estado de São Paulo - Brasil

AUTOR: OLAVO BONIFACIO DA SILVA

ORIENTADORA: RENATA RIBEIRO DE ARAÚJO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. RENATA RIBEIRO DE ARAÚJO (Participação Virtual)
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. ANTONIO CEZAR LEAL (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. GUSTAVO ROBERTO DOS SANTOS LEANDRO (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) - Câmpus de Cáceres/MT

Presidente Prudente, 19 de agosto de 2022

A Deus!

*À família, esposa Léia e filhos Gabriel,
Matheus e enteada Bruna.*

*Aos professores do curso de mestrado
profissional e colegas de turma.*

À minha orientadora Renata Ribeiro Araújo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus que me permitiu ter as oportunidades para que pudesse ingressar no mestrado.

À minha família, principalmente minha esposa, pelo apoio e pela compreensão nos momentos em que foi necessário que eu me dedicasse aos estudos e pesquisas para que este trabalhado produzisse frutos.

À Sabesp, personificada na figura dos gerentes Gilmar José Peixoto, Fábio Ribeiro Nunes, Nádia de Souza Bastos Barrios, Regina Cazzoli e Augusto César Marques Leme que deram total apoio para o desenvolvimento da pesquisa e para a elaboração das análises realizadas no laboratório da empresa.

Aos professores que permitiram e deram condições para que os nossos projetos fossem desenvolvidos e aprimorados no decorrer do curso, sempre dispostos a colaborar com a evolução do conhecimento.

Aos colegas de turma, um grupo extremamente acolhedor e participativo, composto por pessoas que marcaram essa trajetória.

Agradeço especialmente aos professores Antônio César Leal e Paulo César Rocha pelas contribuições e apontamentos realizados na qualificação, permitindo, assim, o enriquecimento do trabalho.

E, por fim, à minha orientadora Renata Ribeiro de Araújo, pela excelente condução no decorrer da pesquisa, sempre disponível para elucidação de dúvidas e direcionando os rumos da pesquisa de forma suave, porém, vigorosa para que pudéssemos chegar a esse momento.

A todos, os meus sinceros agradecimentos e eterna gratidão!

“O conhecimento torna a alma jovem e diminui a amargura da velhice. Colhe, pois, a sabedoria. Armazena suavidade para o amanhã.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

O município de Presidente Prudente, localizado na região Oeste do estado de São Paulo, passou por diversas crises de abastecimento público ao longo de sua história. Desde o ano de 1968, a captação superficial ocorria no reservatório artificial, localizado no rio Santo Anastácio. No ano de 1985, após passar por uma severa estiagem, o município decretou estado de calamidade pública e conduziu a operação e captação de água do Balneário da Amizade, localizado na bacia hidrográfica do córrego Limoeiro. Em 1988, ocorreu a ampliação do reservatório do rio Santo Anastácio e, no ano de 1998, foi inaugurada a captação do rio do Peixe, que passou a responder por 70% da produção de água para o abastecimento público e o reservatório do rio Santo Anastácio, por 30%. Nesse contexto, o estudo buscou avaliar a disponibilidade hídrica para abastecimento público de Presidente Prudente, verificando a capacidade de reservação do reservatório do rio Santo Anastácio entre os anos de 1988 e 2021. Além disso, buscou analisar características químicas, físicas e biológicas dos córregos afluentes e do reservatório para o entendimento da qualidade da água frente aos seus usos pretendidos. Para a realização das análises de qualidade da água foram elaboradas coletadas a campo no córrego do Cedro (P1), córrego Cedrinho (P2), rio Santo Anastácio (P3) e na saída do reservatório (P4). As coletas foram realizadas com periodicidade quadrimestral, com início em julho de 2020 e finalizadas em julho de 2021. Os parâmetros selecionados foram de Cor Verdadeira, Condutividade Elétrica (Ce), Cianobactérias (somente para o ponto P4), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal (N-NH_4), Nitrato (N-NO_3), Nitrito (N-NO_2), Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Turbidez e Temperatura da Água. Os resultados do P1 apresentaram valores em não conformidade com os limites legais para as amostras de DBO, Fósforo Total e Ce na coleta de jul./20 e cor Verdadeira, DBO, OD e Ce na coleta nov./20. Foram observados para o ponto P2 resultados em não conformidade com a legislação para todos os valores de Cor, DBO, Fósforo Total, OD e Ce. No P3, houve valores em não conformidade na coleta de jul./20 para as variáveis Fósforo total e DBO. A variável OD apresentou valor em conformidade apenas na amostragem de mar./21, sendo os demais resultados abaixo do mínimo exigido para um rio classe 2. Os resultados no P4 indicaram que todos os valores de OD encontraram-se em não conformidade, bem como os valores de Cor Verdadeira para os meses de jul./20 e nov./2020. Todos os resultados de cianobactérias no período de 2015 a 2020 apresentaram resultados dentro do limite legal. Por meio do levantamento topobatimétrico, pôde-se observar da área total do reservatório um volume assoreado de 237.456,50 m³, que representa o comprometimento de 13,8% da sua capacidade de reservação. Com base nos resultados dos SDT do P4, identificou-se a ocorrência de uma sedimentação de 8.9 ton./dia no reservatório, que apresenta um volume útil de 1.482.543.50 m³ e vida útil estimada em 191,2 anos, a partir do ano de 2022.

Palavras-chave: Segurança hídrica; Saneamento básico; Qualidade da água; Assoreamento.

ABSTRACT

The city of Presidente Prudente, located in the western region of the state of São Paulo, has gone through several public supply crises throughout its history. Since 1968, surface water was collected from the artificial reservoir located in the Santo Anastácio river. In 1985, after a severe drought, the municipality declared a state of public calamity and conducted the operation and water collection of the Balneário da Amizade, located in the hydrographic basin of the Limoeiro stream. In 1988, the Santo Anastácio River reservoir was enlarged and, in 1998, the water collection in the Peixe River was inaugurated, which became responsible for 70% of the water production for public supply and the Santo Anastácio River reservoir, for 30%. In this context, the study aims to evaluate the availability of water for public supply in Presidente Prudente, checking the reservoir capacity of the Santo Anastácio River reservoir between the years 1988 and 2021. In addition, it aims to analyze the chemical, physical and biological characteristics of the tributary streams and the reservoir to understand the quality of the water in relation to its intended uses. To carry out the water quality analyses, field samples were collected from the Cedro stream (P1), Cedrinho stream (P2), Santo Anastácio River (P3) and at the reservoir outlet (P4). The collections were performed every four months, starting in July 2020 and ending in July 2021. The selected parameters were True Color, Electrical Conductivity (EC), Cyanobacteria (only for point P4), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Phosphorus, Ammoniacal Nitrogen (N-NH₄), Nitrate (N-NO₃), Nitrite (N-NO₂), Dissolved Oxygen (DO), pH, Total Dissolved Solids (TDS), Turbidity and Water Temperature. The results of P1 showed values not in compliance with the legal limits for samples of BOD, Total Phosphorus and EC in the July/20 collection and True color, BOD, DO and EC in the Nov/20 collection. Results not in compliance with the legislation were observed for point P2 for all values of color, BOD, total phosphorus, DO and EC. In P3, there were nonconforming values in the July/20 collection for the variables Total Phosphorus and BOD. The variable DO showed a compliant value only in the March/21 sampling, with the other results below the minimum required for a class 2 river. The results at P4 indicated that all the DO values were nonconforming, as well as the True Color values for the months of July/20 and November/2020. All cyanobacteria results in the period from 2015 to 2020 showed results within the legal limit. Through the topobathymetric survey, it was possible to observe a silted volume of 237,456.50 m³ in the total area of the reservoir, which represents the compromising of 13.8% of its reservoir capacity. Based on the results of the SDT of P4, a sedimentation of 8.9 ton/day was identified in the reservoir, which has a useful volume of 1,482,543.50 m³ and an estimated useful life of 191.2 years, starting in 2022.

Keywords: Water security; Basic sanitation; Water quality; Siltation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	17
Figura 2 – Organização da Política Nacional de Recursos Hídricos.....	23
Figura 3 – Divisão das UGRHI do Estado de São Paulo	25
Figura 4 – Levantamento por ecobatímetro.....	38
Figura 5 – Localização do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio	40
Figura 6 – Municípios que estão inseridos no alto curso do rio Santo Anastácio.....	41
Figura 7 – Principais sistemas atmosféricos atuantes na região de Presidente Prudente- SP ..	45
Figura 8 – Identificação das sub-bacias dentro do alto curso do rio Santo Anastácio	47
Figura 9 – Mapa de uso e cobertura da terra do alto curso do rio Santo Anastácio	52
Figura 10 – Identificação dos pontos de coletas de águas superficiais	56
Figura 11 – Equipamento Oxímetro	58
Figura 12 – Registro fotográfico das atividades de campo	59
Figura 13 – Expansão da estrada ferro	66
Figura 14 – Regiões Administrativas do Estado de São Paulo	69
Figura 15 – Expansão do Sistema de Água e Esgotos de Presidente Prudente.....	73
Figura 16 – Captação do rio Santo Anastácio	77
Figura 17 – Captação do rio do Peixe.....	78
Figura 18 – Crescimento populacional de Presidente Prudente	82
Figura 19 – Volume captado para abastecimento público por manancial.....	83
Figura 20 – Volume produzido mensal m3 (2020)	84
Figura 21 – Volume produzido mensal m3 (2021)	84
Figura 22 – Precipitação no alto curso do rio Santo Anastácio (1998-2021).....	86
Figura 23 – Precipitação sazonal x Temp. média no alto curso do rio Santo Anastácio.....	86
Figura 24 – Distribuição da Precipitação no período de 1998-2021	87
Figura 25 – Média sazonal de cianobactérias na saída do reservatório.....	94
Figura 26 – Condição do Reservatório no ano de 2015	97
Figura 27 – Evolução do assoreamento no reservatório (2016-2021).....	97
Figura 28 – Área comprometida do reservatório.....	99
Figura 29 – Processamento do marco de posição do levantamento topobatimétrico.....	100
Figura 30 – Precisão dos pontos levantados.....	100
Figura 31 – Levantamento batimétrico no reservatório do rio Santo Anastácio	101
Figura 32 – Perfil longitudinal do reservatório	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do alto curso do rio Santo Anastácio	41
Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água.....	57
Tabela 3 – Estabelecimentos rurais e quantidade de animais.....	68
Tabela 4 – Evolução do sistema de saneamento básico de Presidente Prudente.....	72
Tabela 5 – Resultados de análises das amostras do ponto 01.....	88
Tabela 6 – Resultados de análises das amostras do ponto 02.....	88
Tabela 7 – Resultados de análises das amostras do ponto 03.....	89
Tabela 8 – Resultados de análises das amostras do ponto 04.....	90
Tabela 9 – Análise de cianobactérias na saída do reservatório	93
Tabela 10 – Média e Desvio Padrão das análises dos pontos coletados.....	94
Tabela 11 – Parâmetros acima do limite de acordo com CONAMA 357/05	95
Tabela 12 – Dados da evolução do assoreamento no reservatório (2016-2021)	98
Tabela 13 – Dados morfométricos do reservatório levantados na batimetria	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das águas doces, conforme resolução CONAMA 357/05.....	33
Quadro 2 – Fluxograma Metodológico	54
Quadro 3 – Localização dos pontos de coletas.....	56
Quadro 4 – Poços artesianos desativados em Presidente Prudente	79
Quadro 5 – Sistema de distribuição de rede de água/esgoto de Presidente Prudente.....	80

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP – Área de Preservação Permanente
CAR – Cadastro Ambiental Rural
CBH-AP – Comitê das Bacias Hidrográfica dos Rios Aguapeí – Peixe
CBH – Comitê da Bacia Hidrográfica
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CEEIBH – Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
Ce – Condutividade Elétrica
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EEAB – Estação Elevatória de Água Bruta
EEE – Estação Elevatória de Esgoto
ETA – Estação de Tratamento de Água
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISH – Índice de Segurança Hídrica
MMA – Ministério do Meio Ambiente
OD – Oxigênio Dissolvido
OMS – Organização Mundial da Saúde
PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
pH – potencial Hidrogeniônico
SINGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SDT – Sólidos Dissolvidos Totais
TDH – Tempo de Detenção Hidráulica
UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo Geral	17
1.2 Objetivos específicos.....	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.2 Gestão dos recursos hídricos	21
2.3 A Política Estadual dos Recursos Hídricos do estado de São Paulo	24
2.4 Proteção das áreas florestais	26
2.4.1 Legislação municipal de Presidente Prudente para proteção florestal	28
2.5 Bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento.....	29
2.6 Qualidade da água para abastecimento público.....	32
2.6.1 Variáveis limnológicas da qualidade das águas	33
2.7 Estudo topobatimétrico para avaliação de assoreamento de reservatórios.....	37
3. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO	40
3.1 Geologia	42
3.1.1 Formação Adamantina.....	42
3.1.2 Formação Santo Anastácio	43
3.1.3 Formação Pirapozinho	43
3.2 Clima	43
3.3 Hidrografia	46
3.4 Relevo.....	48
3.5 Solos	48
3.5.1 Uso e cobertura da terra no alto curso do rio Santo Anastácio	50
4. METODOLOGIA	54
4.1 O histórico da formação do município de Presidente Prudente e a evolução do abastecimento público urbano e esgotamento sanitário	54
4.2 Parâmetros limnológicos de qualidade da água.....	55
4.3 Determinação de volume e estimativa da vida útil do reservatório.....	60
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
5.1 Formação do município e a disponibilidade hídrica para o abastecimento público.....	64
5.2 O abastecimento público e o esgotamento sanitário no município de Presidente Prudente.....	69
5.2.1 Primeiras fontes para abastecimento público	70
5.2.2 Implantação do sistema de abastecimento de água e coleta de esgotos em Presidente Prudente	70
5.2.3 Rio Mandaguari – primeiro manancial superficial	73
5.2.4 Construção do reservatório no rio Santo Anastácio	74
5.2.5 Transição da operação dos serviços de água e esgoto do município.....	74
5.2.6 A crise hídrica de 1985 e seus reflexos no abastecimento público	75
5.2.7 A implantação do sistema de captação de água do rio do Peixe	77
5.2.8 Contribuição do reservatório do rio Santo Anastácio para a demanda urbana de Presidente Prudente	81
5.2.9 Dados de Precipitação e Temperatura no alto curso do rio Santo Anastácio	85
5.3 Resultados das análises de qualidade de água	87
5.4 Levantamento topobatimétrico e vida útil do reservatório	96
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

1. INTRODUÇÃO

As recorrentes crises hídricas que têm se tornado cada vez mais cíclicas no Brasil nas últimas décadas desnudaram para o país um grave problema que já afeta grande parte da população mundial, que é a falta de acesso à água potável. Embora o Brasil possua 8% da disponibilidade hídrica mundial, 80% desse volume se concentra na região amazônica que possui somente 5% da população brasileira, restando apenas 20% que estão distribuídos nas demais regiões do país, que concentram 95% da população (MORAES; JORDÃO, 2002).

Diante desse cenário, é imprescindível conhecer e atuar nos problemas que afetam diretamente o recurso hídrico, bem como adotar ações que visem garantir sua disponibilidade em qualidade e quantidade adequadas.

Com o crescimento econômico e maior urbanização do país, a pressão sobre os recursos hídricos é crescente. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), nas últimas duas décadas, a retirada de água dos mananciais aumentou em 80% no país e, até 2030, a previsão é aumentar mais 30% (ANA, 2017).

Em vista dos eventos climáticos extremos associados as crises hídricas registradas no país, aliadas às crescentes demandas para usos urbanos e para irrigação, é de senso comum a extrema importância da preservação e conservação dos mananciais, essenciais para que se possa manter uma boa disponibilidade hídrica para o abastecimento público, de forma a atender e a garantir as demandas da sociedade nos seus múltiplos usos.

A Organização da Nações Unidas (ONU) tem elaborado um conjunto de ações organizadas em Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visam adotar ações capazes de impactar de maneira positiva a vida das pessoas. Neste estudo há uma convergência com os ODS 6 e a agenda 2030 que trata de: “...Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”.

Historicamente, as construções dos primeiros reservatórios se destinavam à irrigação; posteriormente, passaram a ser utilizados para o controle de cheias, navegação, abastecimento industrial, abastecimento de água potável e, mais recentemente, para a geração de energia e recreação (TUNDISI, 2013, p. 322).

O alto curso do rio Santo Anastácio se localiza na região Oeste do estado de São Paulo e está inserido dentro da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI22). Possui um grave problema de uso e ocupação de suas Áreas de Preservação Permanente (APP). Estudos realizados por Okado e Leal (2018) apontam o

intenso uso do solo para atividades agropecuárias, que avançaram sobre essas áreas de preservação que, por sua vez, foi tornando-as vulneráveis aos processos erosivos a que estão expostas e podem contribuir para a perda de qualidade das águas e do volume útil do reservatório aqui analisado.

O reservatório do rio Santo Anastácio está localizado no alto curso da bacia hidrográfica e foi inaugurado em 1968, na gestão do prefeito Watal Ishibashi, e ampliado em 1988, pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), após uma severa estiagem ocorrida em 1985, que levou o município a decretar estado de calamidade pública (SABESP, 1986).

Esse reservatório foi concebido com a finalidade única e exclusiva de uso para o abastecimento público do município de Presidente Prudente e, inicialmente, respondia pelo abastecimento público de maneira integral juntamente com alguns poços profundos; após a inauguração do sistema produtor do rio do Peixe, em 1998, até o ano de 2021, passou a responder por 30% do volume produzido diariamente. A distância do reservatório até a Estação de Tratamento de Água (ETA) é de 11 km. Embora a população também faça uso de suas águas para recreação, ele exerce também uma função paisagística e contemplativa importante.

O controle de parâmetros químicos, físicos e biológicos do ambiente aquático pode fornecer informações importantes sobre as atividades humanas desenvolvidas e o uso do solo da respectiva bacia hidrográfica em que o reservatório está inserido.

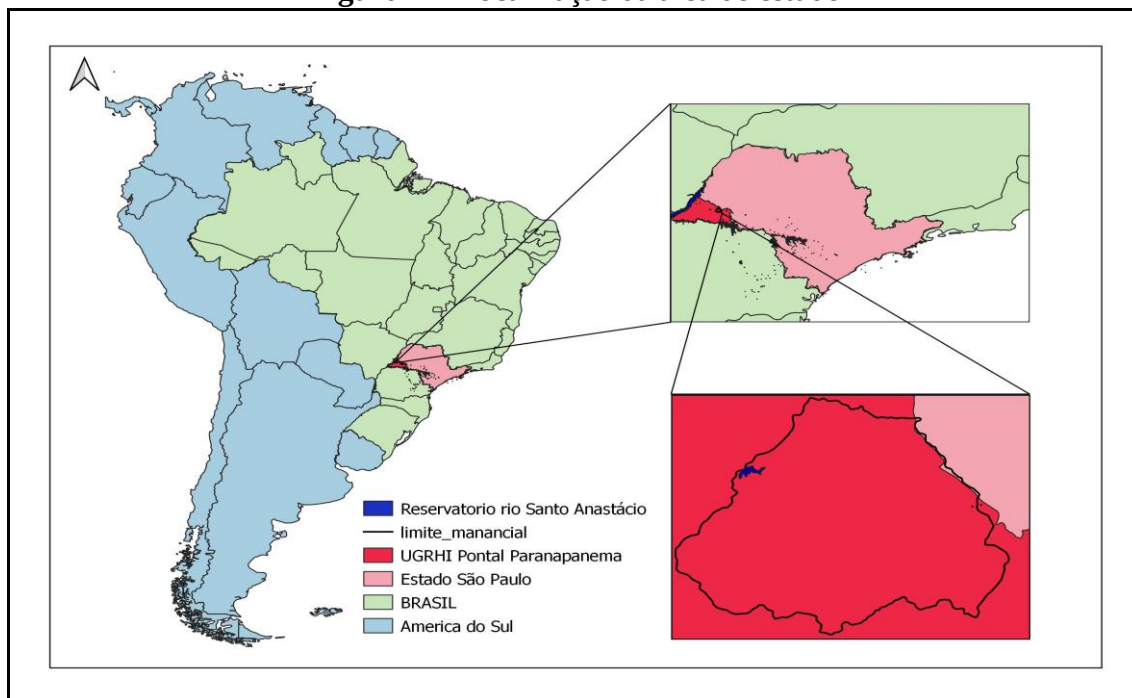
Ainda, para que possa ocorrer a distribuição e o consumo da água pela população, é preciso que essa água atenda a um padrão de qualidade. Assim, o estudo propôs a análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos, visando identificar possíveis alterações na qualidade da água que adentra o reservatório em pontos escolhidos estrategicamente para esse fim.

Nesse contexto, para a avaliação da disponibilidade hídrica para o abastecimento público, é necessário avaliar a capacidade do reservatório em fornecer uma vazão de extração adequada para compor o volume diário requerido pela população prudentina.

Para se conhecer o volume armazenado para a correta exploração das águas do reservatório, é preciso avaliar as condições atuais do seu volume útil, de maneira que esses dados possam subsidiar decisões para uma boa governança, isto é, que permitam operar esse volume de maneira eficiente nos períodos de estiagens prolongadas e que possam contribuir, assim, para uma boa oferta de disponibilidade hídrica.

Para as análises, o estudo propôs a realização de um levantamento topobatimétrico do reservatório, de fundamental importância para se conhecer e entender o processo de sedimentação e deposição de sólidos ao longo da sua operação, adotando-se esses dados para a determinação da sua vida útil. A figura 1 apresenta a localização do reservatório de abastecimento público do município de Presidente Prudente no estado de São Paulo.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: elaborado pelo autor *apud* Base Dados IBGE (2021)

Dada a importância desse reservatório para o município, bem como a sua localização estratégica, esse estudo é fundamental para o entendimento da sua atual condição, frente às influências da ocupação humana. A pressão ocorrida pelo uso e pela ocupação das bacias hidrográficas do Córrego do Cedro e do Córrego do Botafogo, associada ao reflexo do uso das demais bacias hidrográficas que compõem o alto curso podem explicar a qualidade e a quantidade das suas águas. Estas constatações podem contribuir para explicar as condições operacionais do reservatório no que tange à sua capacidade de armazenamento.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a disponibilidade hídrica para abastecimento público de Presidente Prudente, verificando a capacidade de reservação do reservatório de captação de água bruta do rio Santo

Anastácio entre os anos de 1988 e 2021, assim como a qualidade da água dos córregos afluentes e do reservatório.

1.2 Objetivos específicos

- I – Contextualizar o histórico da formação do município de Presidente Prudente e a evolução do abastecimento público urbano e esgotamento sanitário no contexto municipal.
- II – Avaliar a qualidade das águas afluentes ao reservatório do Córrego do Cedro, Cedrinho, rio Santo Anastácio e do reservatório de captação.
- III – Avaliar o volume de reservação atual no ano de 2021, comparado ao volume após a ampliação do reservatório em 1988.
- IV – Determinar sua vida útil com base nos dados obtidos no levantamento topobatimétrico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A discussão sobre a disponibilidade hídrica está diretamente associada ao conceito de segurança hídrica e ganhou dimensão e visibilidade a partir de 2014, quando o país vivenciou uma intensa crise hídrica, principalmente nas capitais da região Sudeste, na qual se destaca a cidade de São Paulo (MELO; JOHNSSON, 2017).

A metrópole paulistana, no auge da escassez hídrica e com o rebaixamento de nível dos seus reservatórios, optou por fazer uso das águas do rio Paraíba do Sul, gerando tensão com a cidade do Rio de Janeiro, que possui 85% do abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) de águas provindas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, que foi direcionado à bacia do rio Guandu, sendo utilizado como meio de transporte da água para sua captação. Essa ação gerou ferrenha oposição por parte das autoridades cariocas, tornando-se necessária uma intermediação do Supremo Tribunal Federal na questão, dada a sensibilidade do tema e o risco de colapsar o sistema de abastecimento na RMRJ, pois o que seria a alternativa para resolução de um problema para a capital paulista, ao mesmo tempo colocaria em risco de escassez hídrica a capital carioca (SANTOS, 2016).

O conceito de segurança hídrica possui algumas definições, dentre elas, destacamos a apresentada pela Organização das Nações Unidas (ONU), no dia mundial da água, em 2013:

A capacidade de uma população de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem-estar humano, o desenvolvimento sócio-econômico; para assegurar proteção contra a poluição e desastres relacionados a água e para a preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política. (ONU, 2013).

COOK; BAKKER (2012) realizaram um extenso estudo acerca das publicações que abordaram a segurança hídrica como tema, principalmente nas áreas de ciências sociais e naturais, identificando um aumento nas bibliografias produzidas e com uma grande gama de variação de acordo com as disciplinas, trazendo à tona as discussões referentes à governança da água.

Dessa forma, as sucessivas crises hídricas e eventos climáticos extremos despertam a necessidade de aprimoramento na forma de gerir esses recursos e demandam cada vez mais estudos que possam fornecer subsídios para que essas tomadas de decisão se tornem cada vez mais assertivas.

A ANA tem realizado diagnósticos através do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), o qual determina um Índice de Segurança Hídrica (ISH), embasado em quatro dimensões, sendo elas: as dimensões humanas, econômica, ecossistêmica e de resiliência, com um extenso e refinado trabalho de análises de infraestrutura, demandas e disponibilidade hídrica em todo território nacional.

Essas análises visam realizar diagnósticos de riscos de forma que possam conduzir e implementar ações com o intuito de minimizar riscos potenciais, através de elaboração de projetos e obras com uma gestão eficiente e planejada. A gestão deve acompanhar o equilíbrio entre oferta e demanda, bem como atuar em possíveis cenários de contingência gerados por eventos climáticos extremos (como em casos de escassez hídrica ou inundações).

Como resultado desse trabalho, o PNSH de horizonte 2017 a 2035 e o ISH, de acordo com a Unidade Territorial de Análises (UTA), apresentam que a região Nordeste do país possui o maior número de áreas, identificadas com níveis de médio a alto risco para problemas de escassez hídrica, seguido por alguns estados da região Sul. (ANA, 2019).

A qualidade e a quantidade de água nos corpos hídricos não são apenas um resultado de um conjunto de características naturais do ambiente, mas refletem também no resultado das atividades antrópicas sobre o meio físico, principalmente das atividades irregulares, como a poluição direta e difusa, através do lançamento de despejos industriais e urbanos nos corpos hídricos sem tratamento, da supressão da vegetação que pode ocasionar arraste de solos pela ação das chuvas, gerando lixiviação, erosões e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios (TUNDISI, 2003).

Silva (2013) realizou um trabalho de reconstrução paleoclimática da eutrofização na represa do Guarapiranga - SP, através dos estudos de algas diatomáceas extraídas de amostras de perfis dos sedimentos; com base nos resultados, foi possível identificar e datar – através de análises geoquímicas e de espectrofotometria – as diversas fases de ocupação das áreas do entorno da represa com recorrência histórica de 100 anos.

Lopes (2019) pesquisou a qualidade da água onde se localiza o Polo Regional Centro-Norte da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA), nas represas de Olaria, em Pindorama - SP, visando tecer correlações entre o manejo e o uso do solo na bacia hidrográfica, utilizando-se dos parâmetros de qualidades semelhantes ao que adotamos neste trabalho. Das represas analisadas, onde houve um melhor manejo do solo obteve-se melhor qualidade da água nos resultados pesquisados.

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para controle e manejo adequados desse recurso, cujo uso possa ser direcionado para os fins mais nobres e exigentes, como o abastecimento público, a dessedentação animal, irrigação, lazer e recreação.

Quanto a estudos desenvolvidos para análise de assoreamento de reservatórios, Buffon (2006) realizou estudo de assoreamento e de estimativa de vida útil na represa de Vila Velha, em Pirassununga. Para tanto, fez uso de análises geostáticas através de uso de linhas batimétricas e câmara de sedimentação instaladas em alguns pontos da represa. Em conjunto com análises físico-químicas, o autor conseguiu definir o tempo de vida útil da represa em 50 anos.

Coelho (1993) realizou estudos de sedimentação na represa de Salto Grande (Americana) e identificou que a vida útil da represa, com base nos resultados, seria de 150 anos.

É importante observar que diversos elementos podem alterar os equilíbrios entre a qualidade e a quantidade de água disponível, tornando-se imprescindível um adequado gerenciamento dos recursos hídricos, tema abordado na próxima seção.

2.2 Gestão dos recursos hídricos

A água é um recurso natural fundamental para todos os seres vivos do reino vegetal (plantas) e animal (incluindo a espécie humana), existente em todos os estados (sólido, líquido e gasoso) e disponível em diversas formas, como nas geleiras, nas águas superficiais e subterrâneas, nos vapores d'água na presença de nuvens e na atmosfera. No entanto, ao dotarmos esse recurso natural de valor econômico, ou seja, ao atribuirmos-lhe valor, passamos a adotar o conceito de recurso hídrico. Como é um recurso finito, faz-se necessária uma gestão eficaz, de maneira que se possa garantir a sua disponibilidade para os múltiplos usos requeridos pela sociedade (TUNDISI, 2003).

Dessa forma, o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil ocorre através de políticas de estado instituídas para que se promova a preservação dos recursos hídricos e somente a União e os Estados detêm a dominialidade sobre a água (ANA, 2018).

Conforme previsto na Constituição Federal de 1988, através da lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - A água é um bem de domínio público;

- II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
 - III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
 - IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
 - V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
 - VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.
- (BRASIL, 1997, p. 1).

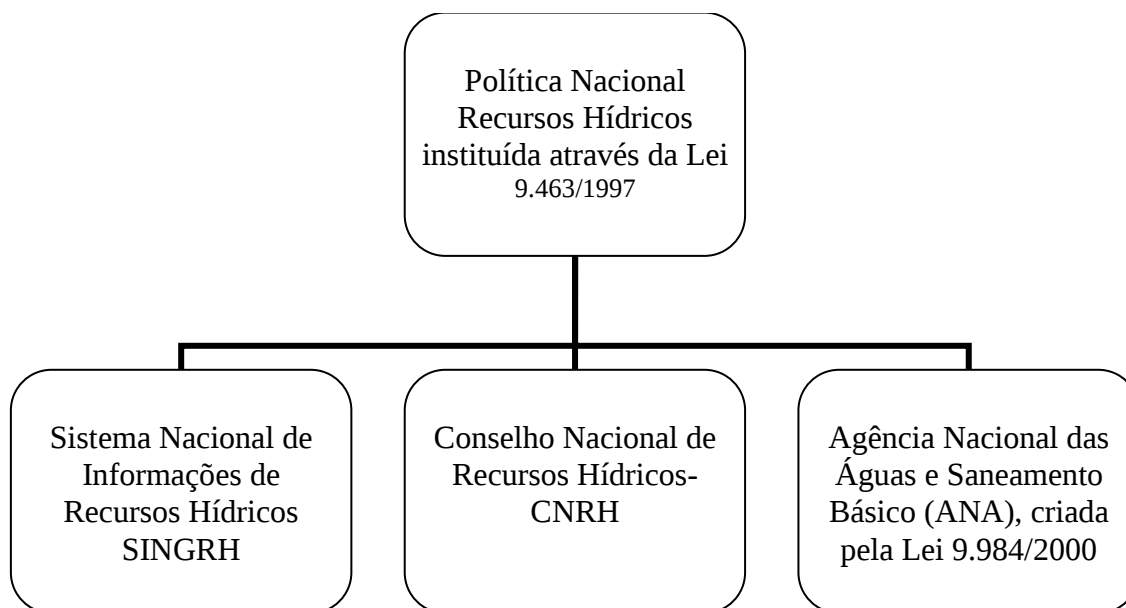
Assim, ela norteia toda a gestão sobre os recursos hídricos no território brasileiro, agindo de forma articulada e descentralizada, organizando o gerenciamento dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, articulando com Estados e municípios seus instrumentos de gestão, definidos no seu artigo 3º:

- I - A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
 - II - A adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
 - III - A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
 - IV - A articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
 - V - A articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
 - VI - A integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.
- Art. 4º A União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum.
- (BRASIL, 1997, p. 2).

A PNRH está estruturada de maneira a garantir a sua descentralização e a participação dos demais entes do Estado e da sociedade civil organizada. O Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (SINGRH) tem como objetivo arbitrar administrativamente sobre possíveis conflitos relacionados ao uso dos recursos hídricos, implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, promover a cobrança pelos recursos hídricos, além de regular e controlar os seus usos e garantir a sua proteção e recuperação (BRASIL, 1997, Art. 32).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é a instância mais alta dentro do SINGRH, possui caráter normativo e deliberativo sendo responsável por estabelecer estratégias e diretrizes para a implementação da política de recursos hídricos no país. Na sua composição, conforme o Art. 34 da Lei 9.463/97, há representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República que atuam no gerenciamento ou no uso dos recursos hídricos, os quais são indicados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, por representantes dos usuários dos recursos hídricos e representantes das organizações civis de recursos hídricos. A figura 2 apresenta a forma como está estruturada a PNRH no Brasil.

Figura 2 – Organização da Política Nacional de Recursos Hídricos



Fonte: organizado pelo autor *apud* Lei 9.463/97.

Criada através da lei 9.984/2000, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é a entidade federal de implementação da PNRH e coordena o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo o órgão executor da PNRH com autonomia administrativa e financeira, ficando subordinada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Dentre suas atribuições, está a de fazer cumprir os objetivos, as diretrizes e a implementação da Lei da Águas, gerenciando e regulando o acesso e uso dos recursos hídricos; além de fiscalizar as outorgas e, através do sistema nacional de informações, monitorar e planejar o uso das águas no Brasil.

Dentro das suas competências, destacam-se:

- I. Supervisionar: Supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades que dizem respeito aos recursos hídricos;
 - II. Disciplinar: Disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;
 - III. Outorgar: Outorgar o direito de uso de recursos hídricos e fiscalizar os usos em corpos de domínio da União;
 - IV. Subsidiar: Subsidiar o Conselho Nacional de Recursos Hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica;
 - V. Implementar: Implementar, em articulação com os Comitês da Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;
 - VI. Implementar: Estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos.
- (BRASIL, 2000, p. 01).

Com base nas políticas nacionais, cada estado se tornou responsável por elaborar as suas políticas estaduais de recursos hídricos, tema abordado na seção seguinte.

2.3 A Política Estadual dos Recursos Hídricos do estado de São Paulo

Conforme estabelecido na PNRH, cada ente da federação tem a responsabilidade de elaborar suas políticas e diretrizes estaduais para o gerenciamento do uso dos seus recursos hídricos, garantindo, assim, o princípio da gestão descentralizada e participativa.

A Lei estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, estabelece as bases para a implantação da política estadual dos recursos hídricos no Estado de São Paulo, bem como estabelece os seus instrumentos de gestão.

Fica estabelecido no seu Artigo 22, a criação dos órgãos colegiados definidos nessa lei, com caráter deliberativo, consultivo, de nível estratégico com composição, funcionamento e organização na seguinte estrutura: o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) deve ter composição paritária dos municípios em relação ao Estado e seus representantes devem possuir atividades relacionadas ao meio ambiente, recursos hídricos, planejamento estratégico e à gestão financeira do Estado. O CRH, em seu § 1º, estabelece que será presidido pelo Secretário de Estado, da mesma forma que garante no seu § 2º a participação das universidades e instituições de ensino superior e de pesquisas, do Ministério Público e da sociedade civil organizada.

O Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH), igualmente mantém assegurada a participação paritária entre Estado, municípios e representantes da sociedade civil organizada, que tenham articulação com os usos dos recursos hídricos. No seu Artigo 24 define a forma de participação. Dentre suas atribuições estão:

- Discutir e aprovar o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH)
- Estabelecer diretrizes para formulação de planos anuais e plurianuais de aplicação dos fundos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO)
- Efetuar enquadramento dos corpos d'água com base nas propostas dos Comitê de Bacias Hidrográfica (CBH)
- Decidir originariamente os conflitos entre os CBH, com recurso ao chefe do poder Executivo em último grau.
- Estabelecer critérios e normas para rateios e custos entre os beneficiados, dos custos das obras dos usos múltiplos de recursos hídricos de interesse comum ou coletivo.

(SÃO PAULO, 1991, p. 9).

A Política Estadual de Recurso Hídricos tem seu suporte financeiro através do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), que define as aplicações através do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), compatibilizada com o plano plurianual, a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e com o orçamento anual do Estado. Os recursos financeiros obtidos através da cobrança do uso dos recursos hídricos no Estado serão aplicados em obras de saneamento básico, hidráulica e para a proteção e controle de poluição das águas (SÃO PAULO, 1991).

A Lei 16.337, de 14 de dezembro de 2016, estabelece em seu Artigo 1º diretrizes e critérios gerais para a elaboração, implementação e monitoramento do PERH; na sua seção II, Art. 4º, estabelece a divisão hidrográfica do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2016, Art. 1 - 4).

De acordo com a Lei 16.337/2016, o Estado de São Paulo foi dividido em vinte e duas Unidades de Gerenciamentos de Recursos Hídricos (UGRHI), as quais são apresentadas na figura 3 seguindo o princípio da descentralização estabelecido na Legislação Federal, disciplinada pelo Plano Estadual de Recurso Hídricos, adotando-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento das águas (SÃO PAULO, 1991, Art. 20).

Figura 3 – Divisão das UGRHI do Estado de São Paulo



Fonte: Lei nº. 16.337, de 14 de dezembro de 2016.

Com essa divisão, objetivou-se criar condições para que as atuações do comitê de bacias hidrográficas ocorram mais próximas da realidade e das especificidades de cada região. Dessa forma, os municípios podem criar legislações específicas de acordo com o seu plano diretor, como adotar medidas mais restritivas de proteção para mananciais de interesse local e regional.

2.4 Proteção das áreas florestais

Do ponto de vista legal, é importante observar as legislações pertinentes destinadas a garantir a preservação ambiental com o objetivo de garantir um meio ambiente equilibrado.

O primeiro código florestal brasileiro foi criado através do Decreto 23.793/34, de 1934, e trazia no seu arcabouço a ideia de se preservar ecossistemas representativos. No Art. 4º traz a referências das florestas protetoras que, de acordo com a sua localização, serviriam para regular os regimes das águas e controlar a erosão do solo.

Esses conceitos foram aprimorados no segundo código florestal elaborado em 1965, segundo a Lei 4.771/65, no qual todas as florestas e formas de vegetação passaram a ser consideradas bens de interesses comum de todos os habitantes e a Área de Preservação Permanente (APP) passou a ser constituída legalmente no Brasil (BORGES *et al.*, 2011).

O código florestal de 1965, após um longo período em vigor no qual ocorreram algumas modificações, foi atualizado através da Lei 12.561, de 25 de maio de 2012, com a promulgação do Novo Código Florestal Brasileiro, no qual as áreas de APP das propriedades rurais se enquadram de acordo com o Capítulo II, seção I, Artigo 4º da delimitação das áreas de preservação permanente, com as seguintes condições:

- I - As faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
 - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
 - II - As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
 - a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
 - b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
- (BRASIL, 2012)

Existem algumas alterações previstas no Novo Código Florestal para pequenas propriedades que ocupam áreas com até 4 módulos fiscais:

§ 6º Para os imóveis rurais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de lagos e lagoas naturais, será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição de faixa marginal com largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).
 5 (cinco) metros, para imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal; (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).
 8 (oito) metros, para imóveis rurais com área superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais; (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).
 15 (quinze) metros, para imóveis rurais com área superior a 2 (dois) módulos fiscais e de até 4 (quatro) módulos fiscais; e (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).
 30 (trinta) metros, para imóveis rurais com área superior a 4 (quatro) módulos fiscais. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012). (BRASIL, 2012).

Para as áreas de reserva legal, de acordo com o capítulo IV, seção I, da Reserva legal, impõe-se que seja de 20% da área total da propriedade rural, devendo esta estar averbada no Cadastro Ambiental Rural (CAR). A área de reserva legal independe das áreas de preservação permanente, que obedecem a outros critérios de acordo com o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012):

II – Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRASIL, 2012).

Para as áreas de nascentes e olhos d'água, é necessário um raio mínimo de 50 metros de área de proteção. Para os casos específicos de lagos ou lagoas naturais, essa área deve ser de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
 b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
 XVII - nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água;
 XVIII - Olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente;
 (BRASIL, 2012).

No âmbito da legislação ambiental do estado de São Paulo, o decreto 24.932/86, instituiu o Sistema Estadual do Meio Ambiente:

Art. 1º - Fica instituído o Sistema Estadual do Meio Ambiente, com os seguintes objetivos:
 I - promover a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental;
 II - coordenar e integrar as atividades ligadas à defesa do meio ambiente;

III - promover a elaboração e o aperfeiçoamento das normas de proteção ao meio ambiente;
 IV - incentivar o desenvolvimento de pesquisas e processos tecnológicos destinados a reduzir a degradação da qualidade ambiental;
 V - estimular a realização de atividades educativas e a participação da comunidade no processo de preservação do meio ambiente.
 Fonte: SÃO PAULO (ESTADO) 1986.

Ainda no seu artigo 2º é criada a secretaria de estado do meio ambiente. Em 1997 é instituída através da Lei nº 9.509 de 20 de março de 1997, a Política Estadual do Meio Ambiente, de acordo com o seu artigo 2º, possui os seguintes objetivos:

Artigo 2.º - A Política Estadual do Meio Ambiente tem por objetivo garantir a todos da presente e das futuras gerações, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, visando assegurar, no Estado, condições ao desenvolvimento sustentável, com justiça social, aos interesses da seguridade social e à proteção da dignidade da vida humana e, atendidos especialmente os seguintes princípios:
 I - adoção de medidas, nas diferentes áreas de ação pública e junto ao setor privado, para manter e promover o equilíbrio ambiental e a melhoria da qualidade ambiental, prevenindo a degradação em todas as suas formas e impedindo ou mitigando impactos ambientais negativos e recuperando o meio ambiente degradado;
 II - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
 III - definição, implantação e administração de espaços territoriais e seus componentes, representativos de todos os ecossistemas originais a serem protegidos;
 IV - realização do planejamento e zoneamento ambiental, considerando as características regionais e locais, e articulação dos respectivos planos, programas e ações [...]
 Fonte: SÃO PAULO (ESTADO), 1997.

Assim, existe no Brasil um amplo arcabouço legal que disciplina e orienta quanto ao uso e a cobertura da terra, bem como disciplina os limites legais para seu uso, sendo a legislação ambiental brasileira reconhecidamente bem elaborada e avançada no que diz respeito à proteção florestal.

2.4.1 Legislação municipal de Presidente Prudente para proteção florestal

No contexto de legislação municipal, Presidente Prudente é o único município dentre os demais que possuem território dentro da bacia hidrográfica do alto curso do rio Santo Anastácio, que possui uma legislação direcionada à proteção dos seus recursos hídricos.

Com a lei municipal 153, de 10 de janeiro de 2008, que disciplina o zoneamento urbano sobre o uso e a ocupação do solo, adotam-se critérios rígidos para as áreas urbanas e definem-se, dentro do seu plano diretor, as diretrizes para esse controle, conforme o artigo 23:

Art. 23. As Zonas de Preservação e Proteção Ambiental - ZPPA destinam-se exclusivamente a preservação e proteção de mananciais, fundos de vales, nascentes,

córregos, ribeirões, matas e vegetações nativas. Quaisquer obras nestas zonas restringem-se a correções de escoamento de águas pluviais, saneamento, combate à erosão ou de infraestrutura, e equipamentos de suporte às atividades de lazer e recreação. Parágrafo único. Os limites das zonas de preservação e proteção ambiental deverão cumprir os índices exigidos pelos órgãos competentes, sendo os mínimos que seguem:

- a) 30 metros do leito para: Córrego do Veado, Córrego do Limoeiro e o Córrego da Colônia Mineira e seus afluentes;
 - b) 50 metros de raio para nascentes;
 - c) 50 metros do leito para: Córrego da Cascata, Córrego do Gramado, Córrego Taquaruçú, Córrego da Onça, Ribeirão do Mandaguari, Córrego da Anta e seus afluentes;
 - d) 30 metros do leito para os afluentes do Córrego do Cedro;
 - e) **60 metros do leito para os afluentes do Ribeirão ou Rio Santo Anastácio; (grifo nosso)**
 - f) 150 metros do espelho d'água do Balneário da Amizade;
 - g) as áreas com cota inferior a 1,50 metros, medida a partir do nível máximo do Balneário da Amizade e situadas a uma distância mínima, inferior a 100 metros das zonas de que tratam as alíneas “a” e “f” deste artigo;
 - h) as áreas cobertas por mata e toda forma de vegetação nativa.
- (PRESIDENTE PRUDENTE, 2008).

Embora, na alínea “f”, o artigo trate da área que deve ser mantida no entorno do espelho d'água do Balneário da Amizade e não faça referência ao reservatório do rio Santo Anastácio, houve um movimento para a criação da Área de Proteção e Recuperação de Manancial desse rio (APRM), conforme previsão legal na lei 9.866, de 28 de novembro de 1997, considerando-se mananciais de abastecimento público de interesse regional.

Ressaltamos a importância dessa lei municipal, principalmente levando-se em consideração que o córrego do Cedro nasce dentro do perímetro urbano e possui forte pressão imobiliária, o que pode interferir diretamente na qualidade das águas do reservatório aqui analisado.

Todo esse arcabouço legal visa garantir que ocorram as condições necessárias para que haja o desenvolvimento das atividades humanas estabelecidas, com a preservação do meio ambiente, respeitando-se aqui as características e realidades de cada território.

2.5 Bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento

Antes da definição e adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento adotado pelo legislador na Constituição Federal de 1988, o conceito foi utilizado, inicialmente, no Brasil, em 1978, com a criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), dotado de atribuições somente consultivas, após o êxito da experiência realizada na bacia do rio Cubatão e da bacia do Alto Tietê, que derivou de um

acordo entre o Ministério de Minas e Energia e o governo do Estado de São Paulo realizado em 1976, na tentativa de melhorar as condições sanitárias das águas dessas bacias (PORTO, 2008, p. 43).

Após a criação do CEEIBH, ocorreu a criação de comitês executivos nas bacias hidrográficas do rio Paraíba do Sul, rio São Francisco e rio Ribeira de Iguape. Várias experiências são realizadas no Brasil com a mobilização das comunidades das bacias hidrográficas, a exemplo dos comitês de bacias do rio Sinos e Gravataí, em 1988, no Rio Grande do Sul. A Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), através da sua mobilização, conclama a criação de um sistema organizado de gestão e lança as Cartas de Salvador (1987) e Carta de Foz (1989), que apresentam os princípios básicos que deveriam ser seguidos na Política Nacional dos Recursos Hídricos, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de gestão descentralizada e participativa e o reconhecimento do valor econômico da água (PORTO, 2008, p. 44).

Como resultado dessa mobilização, a lei federal 9.433/97 – que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – definiu a bacia hidrográfica como unidade territorial de estudo e gestão (BRASIL, 1997).

Uma bacia hidrográfica ou área de drenagem pode ser definida como uma área da superfície terrestre, drenada por um rio principal e por seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água. (BOTELHO, 1999)

Para Rocha e Kurtz (2001), as bacias hidrográficas podem ser classificadas com base em vários parâmetros e características geométricas, área de drenagem, densidade de drenagem e declive médio. Para Cristofolletti (1974), elas podem ser classificadas em perenes, intermitentes e transitórias, de acordo com o fluxo de água ao longo do ano em um canal bem definido (LOPES, 2019, p. 4).

Para Tundisi, a bacia hidrográfica é a área onde deve ocorrer o gerenciamento envolvendo todos os setores, de modo a promover a integração econômica e social, além de adotar usos de processos tecnológicos adequados visando garantir a proteção, preservação, recuperação e tratamento dos recursos hídricos; atuar visando uma integração institucional como unidade fisiográfica, considerando sua litologia, hidrografia, geologia e todas as atividades desenvolvidas dentro da unidade (TUNDISI, 2003, p. 107) .

Essa integração institucional deve ser perseguida, uma vez que uma bacia hidrográfica vai além das divisões político-administrativas municipais, estaduais e federais, sendo

necessária uma política integradora para que as ações e objetivos possam obter os resultados planejados.

Nesse sentido, as relações que ocorrem dentro uma bacia hidrográfica são complexas, e essa interação reflete na qualidade e quantidade de suas águas.

[...] A conservação da quantidade e da qualidade da água depende das condições naturais e antrópicas das bacias hidrográficas, onde ela se origina, circula, percola ou fica estocada, na forma de lagos naturais ou reservatórios artificiais. Isto porque, ao mesmo tempo em que os rios, riachos e córregos alimentam, por exemplo, uma determinada represa, eles também podem trazer toda a sorte de detritos e materiais poluentes que tenham sido despejados diretamente neles ou no solo por onde passaram [...]. (DIBIESO, 2013, p. 19).

Essa perspectiva traduz todas as inter-relações e processos que ocorrem dentro de uma bacia hidrográfica, evidenciando a relação intrínseca entre elas, de maneira que toda alteração que ocorrer em um determinado meio terá reflexos direta ou indiretamente sobre as águas, afetando sua qualidade e quantidade.

O grande desafio enfrentado no gerenciamento da bacia hidrográfica perpassa esses problemas que precisam ser superados e os estudos que visam analisar a qualidade e quantidade das águas são primordiais e indispensáveis como instrumentos de gestão e como indicadores das condições da bacia hidrográfica.

Diversos indicadores podem ser utilizados para o monitoramento e gerenciamento da bacia hidrográfica, fornecendo índices de qualidade como:

Qualidade da água de rios e riachos.
Espécies de peixes e vida selvagem (fauna terrestre) presentes.
Taxa de preservação ou de perda de áreas alagadas.
Taxa de preservação ou de perda de florestas nativas.
Taxa de contaminação de sedimentos de rios, lagos e represas.
Taxa de preservação ou contaminação das fontes de abastecimento de água.
Taxa de urbanização (% de área da bacia hidrográfica).
Relação – população urbana/população rural
(TUNDISI, 2003, p. 109).

Junto aos indicadores de qualidade, deve-se considerar também os indicadores de vulnerabilidade da bacia hidrográfica.

Poluentes tóxicos.
Carga de poluentes.
Descarga urbana.
Descarga agrícola.
Alterações na população: taxa de crescimento e ou migração/imigração.
Efeitos gerais das atividades humanas.
Potencial de eutrofização
Fonte: TUNDISI 2003, p. 109)

2.6 Qualidade da água para abastecimento público

A água é um dos elementos mais abundantes no planeta, uma vez que 70% da sua superfície é constituída por mares e oceanos. Essa aparente abundância de água, entretanto, se desfaz quando se analisa de perto sua distribuição e suas características. Segundo Tundisi (2003), 96,5% dessa água está localizada nos oceanos e mares, portanto, trata-se de água salgada e não está disponível ao consumo humano sem antes passar por um dispendioso processo de dessalinização.¹

De toda água doce disponível, 68,9% se localiza nas geleiras, 29,9% se refere a águas subterrâneas e somente 0,3% está disponível nos rios e lagos (TUNDISI, 2003, p. 7). Estima-se que o Brasil possua 12% de toda a água doce do planeta; porém, ela é espacialmente mal distribuída, sendo que 80% do volume está localizado na região Norte do país, que concentra apenas 5% da população brasileira,² (ANA, 2019).

O ciclo hidrológico natural é o mecanismo responsável pela movimentação e transferência da água de um meio para o outro, através da precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração, garantindo, dessa forma, que se renove o estoque disponível (TUNDISI, 2003).

Quando se refere à qualidade da água, é fundamental conhecer às suas características químicas, físicas e biológicas. No Brasil, as diretrizes e definições para a classificação dos corpos d'água estão organizadas de acordo com os parâmetros de qualidade estabelecidos na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 2005, que define os limites máximo permissíveis.

A resolução CONAMA 357/05 estabeleceu classificações dos corpos d'água por classes para categorizar os seus usos preponderantes; classificando-os em águas doces, águas salinas e águas salobras. Esta última é classificada em classe especial e classes de 1 a 3, as demais são classificadas em classe especial e classes de 1 a 4.

O quadro 1 apresenta as categorias de águas doce e suas respectivas classes e usos preponderantes.

¹ É um processo físico-químico de retirada de sais da água através de osmose reversa ou ultrafiltração, tornando-a própria para o consumo humano.

² ana.gov.br/panorama-da-agua/quantidade-da-agua (acesso em: 05/07/2020).

Quadro 1 – Classificação das águas doces, conforme resolução CONAMA 357/05

Classificação	Usos preponderantes
Especial	Abastecimento e consumo humano, com desinfecção, preservação do equilíbrio natural das comunidades e ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral.
Classe 1	Abastecimento doméstico, após tratamento prévio ou com simples desinfecção.
Classe 2	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional, destinado à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).
Classe 3	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional, destinado à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais.
Classe 4	Abastecimento doméstico após tratamento avançado, ou para uso na navegação.

Fonte: organizado pelo autor *apud* CONAMA 357/05

As classes estão divididas de acordo com a qualidade e os usos da água em ordem crescente, ou seja, à medida que a sua qualidade decai se eleva o número da classificação. Assim, os corpos enquadrados como classe 4 são os que detêm pior qualidade e as classes especiais, as de melhor qualidade.

2.6.1 Variáveis limnológicas da qualidade das águas

A avaliação das variáveis limnológicas para a determinação da qualidade da água é de fundamental importância para se detectar possíveis alterações capazes de causar impactos diretos na qualidade da água superficial, através dos rios e lagos, como nas águas subterrâneas através dos poços profundos existentes dentro da bacia hidrográfica.

Na sua composição, a água possui diversos componentes e impurezas que podem ser classificados de acordo com as suas características químicas, físicas e biológicas, da seguinte maneira:

Características químicas: podem ser obtidas através de duas classificações: matéria orgânica ou inorgânica.

Características físicas: são determinadas através das impurezas encontradas na água, associadas aos sólidos presentes que podem ser sólidos em suspensão, dissolvidos ou coloidais.

Características biológicas: são determinadas através de análise dos seres vivos ou mortos presente na água, pertencentes ao reino animal, vegetal e protistas ou monera (vírus, fungos, bactérias).

(SPERLING, 2003, p. 22).

A cor é um aspecto físico responsável pela coloração da água através de sólidos dissolvidos, que podem ter origem natural – pela decomposição da matéria orgânica, com a liberação de ferro e manganês e ácidos húmicos e fúlvicos, e origem antrópica – com a geração de resíduos industriais e esgotos domésticos, que podem apresentar toxicidade ou não dependendo do rejeito lançado.

É um parâmetro comumente utilizado para caracterização de águas de abastecimento bruta e tratada, pelo qual distingue-se entre cor verdadeira e cor aparente, a depender do método utilizado para a análise, sua unidade de medida é em unidade Hazen – uH. (SPERLING, 2003, p. 23).

A condutividade elétrica (Ce) é uma medida que se refere à capacidade de uma solução aquosa de transportar uma corrente elétrica. Essa capacidade depende da presença de íons em sua concentração total, mobilidade, valência e temperatura da água. A depender da origem da solução dos compostos orgânicos ou inorgânicos define-se a condutividade. Em geral, a maioria dos compostos inorgânicos apresentam boa condutividade, e o inverso ocorre para compostos orgânicos. Sua unidade de medida normalmente utilizada é de micromhos por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), no sistema internacional de unidades SI é relatada como *milli-siemens* por metro (mS/m) (STANDARTH METHODS, 2017).

A Ce apresenta valores para águas naturais que podem variar de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que, em ambientes poluídos por efluentes domésticos e industriais, esses valores podem ultrapassar 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (SAMPAIO, 2018).

A temperatura é uma característica física da água e pode ser definida como a medida da intensidade de calor. Normalmente, ela deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros como o Oxigênio Dissolvido (OD). A elevação de temperatura num corpo d'água aumenta a taxa de reações químicas e biológicas, além de reduzir a solubilidade dos gases como o OD e aumentar a taxa de transferência de gases. Em estudos limnológicos, o conhecimento da temperatura em função da profundidade é necessário, uma vez que, as elevações da temperatura em função de descargas de água aquecida podem ter impactos ecológicos importantes para a vida aquática (SPERLING, 2003, p. 25).

O parâmetro de turbidez está relacionado ao grau de interferência da passagem de luz através da água, conferindo-lhe uma aparência turva. Esta opacidade está relacionada com a presença de sólidos em suspensão, que podem se originar através de partículas de rocha, silte, argila, algas, erosão, despejos domésticos e industriais e outros microrganismos. Esse parâmetro é utilizado para a caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e sua

unidade é em uT (unidade de turbidez de Jackson) ou uTN (unidade de turbidez nefelométrica) (SPERLING, 2003, p. 24).

Os sólidos dissolvidos suspensos (SDS) são as matérias suspensas ou dissolvidas em águas superficiais que podem afetar adversamente a qualidade da água de várias maneiras. Águas com alto teor de sólidos suspensos podem alterar a palatabilidade e podem induzir a uma reação fisiológica desfavorável. O limite desejável para água potável é de 500 mg/l. (STANDARTH METHODS, 2017).

No saneamento, os sólidos correspondem a toda matéria que permanece após o processo de evaporação, secagem e calcinação da amostra e após exposição a uma temperatura pré-determinada por um tempo estabelecido. São determinados de acordo com os níveis de concentração e das várias frações de sólidos, com relação a seus tamanhos (sólidos em suspensão e dissolvidos) e quanto à sua natureza (sólidos fixos ou voláteis) (PIVELI, 2004).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅₋₂₀) é a matéria orgânica presente nos corpos d'água e esgotos, sendo primordial para a qualificação do grau de poluição deste e isso deve-se ao fato de a matéria orgânica presente e os microrganismos decompositores usarem o oxigênio dissolvido disponível para seus processos metabólicos e pela estabilização da matéria orgânica decomposta aerobiamente por via biológica.

A DBO é utilizada como um parâmetro de medição indireta, do consumo de oxigênio molecular realizado em um período de 5 dias numa temperatura controlada de 20°C, para degradar bioquimicamente o material orgânico (demanda carbonácea), sendo um dos principais parâmetros para se determinar a qualidade das águas (SPERLING, 2003, p. 24).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um parâmetro que complementa a DBO, com resultado mais rápido: em torno de 2 ou 3 horas. É definida como a oxidação química da matéria orgânica através de oxidante especificado. Normalmente, é utilizado o dicromato de potássio que reage com a amostra em condições controladas (STANDARTH METHODS 2017).

A análise mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica, não sendo afetado pela nitrificação, indicando somente a oxidação da matéria orgânica (SPERLING, 2003, p. 23).

O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária para a qualidade de água, sendo indispensável para o crescimento de algas e de organismos responsáveis pela estabilização de matéria orgânica; dependendo da sua concentração contribui fortemente para o processo de eutrofização dos lagos e represas ao lado do nitrogênio. Apresenta-se nos

sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos, principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Sua origem natural é proveniente da dissolução dos compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. Sua origem é antropogênica e ocorre através dos despejos domésticos e industriais, detergentes, excremento de animais e de fertilizantes no solo (SPERLING, 2003, p.33).

O nitrogênio é um gás que dentro do seu ciclo é encontrado de diversas formas e estados de oxidação. É um parâmetro utilizado para caracterização de águas brutas e tratadas, residuárias e corpos d'água e sua unidade se expressa em mg/l. Nos corpos d'água, ele é encontrado na forma de nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico, amônia ($N-NH_4$), nitrato ($N-NO_3$) e nitrito ($N-NO_2$); nos seus processos bioquímicos na conversão da amônia em nitrato e depois em nitrito, ocorre o consumo de oxigênio dissolvido que pode afetar a vida aquática.

Na forma de nitrato está associado a doenças como a metahemoglobinemia que tem como principal característica a cor azulada nos bebês. Sua origem natural é de constituinte de proteínas, clorofilas e outros compostos biológicos; sendo de origem antrópica, através de lançamento de efluentes domésticos e industriais, fertilizantes e excrementos de animais. É um elemento indispensável para o crescimento de algas juntamente com o fósforo e em elevadas concentrações pode desencadear o processo de eutrofização dos corpos d'água. Também é indispensável para os microrganismos responsáveis pelo processo de tratamento de esgotos (SPERLING, 2003, p. 31).

O OD é o principal elemento dentro da cadeia e o que possibilita a manutenção da vida aquática em todas as suas formas e estas estão associadas diretamente à quantidade de oxigênio dissolvido disponível no meio. Ele é utilizado durante os processos de estabilização da matéria orgânica, através da respiração das bactérias, sendo o principal parâmetro para se avaliar a poluição das águas por despejos orgânicos, sua solubilidade pode variar de acordo com a temperatura e altitude, ao nível do mar e, à temperatura de 20°C, a concentração de saturação é de 9,2 mg/l e a unidade de medida é em mg/l. Sua origem natural ocorre através da dissolução do oxigênio atmosférico no corpo d'água, além da produção pelos organismos fotossintéticos; pode ser fornecido artificialmente através de equipamentos de aeração artificial (CETESB, 2018, p. 19).

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é um parâmetro químico fundamental para controle, caracterização e tratamento de águas para abastecimento público, e representa uma concentração de íons H^+ de hidrogênio e (OH^-) em escala antilogarítmica, indicando uma faixa de acidez menor que 7, neutralidade igual a 7 e alcalinidade maior que 7, sua faixa varia

de 0-14. A variação do pH nos corpos d'água está associada aos processos naturais de dissolução de rochas, oxidação da matéria orgânica, absorção dos gases da atmosfera e aos despejos industriais e domésticos ocorridos na bacia hidrográfica (SPERLING, 2003, p. 26).

Nas águas superficiais, o pH varia entre 4 e 9, às vezes são ligeiramente alcalinos refletindo muitas vezes o tipo de solo que as águas percorrem, devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Sua determinação é realizada através do método eletrométrico associado ao uso de um peagâmetro digital.

As cianobactérias são organismos extremamente resistentes às variações de temperaturas e algumas espécies se desenvolvem muito bem em ambiente de pH entre 6 e 9, embora possam ser encontradas nos mais diversos ambientes, como oceanos e ecossistemas de águas salobras, poluídos ou não, os ambientes de água doce são os mais favoráveis à sua floração.

Caso haja um ambiente rico em fósforo e nitrogênio, o excesso de floração de cianobactérias pode gerar graves problemas nos mananciais de abastecimento, além da produção de toxinas que podem produzir graves problemas à saúde pública, inclusive com a formação de cianeto, que pode causar a morte em elevadas concentrações (BRANDÃO, 2008, p. 07).

O limite máximo aceitável – de acordo com a CONAMA 357/05 – é menor que 50.000 cél./ml; porém, esse valor se tornou mais restritivo com a publicação da Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, através do artigo 864 inciso CXXXIII, que substituiu a portaria 2914 de 2011. Com a publicação, em outubro de 2017, da Consolidação nº 05, no capítulo V, página 455 que trata do padrão de potabilidade da água (Anexo 8 e 11 do Anexo XX), o novo valor máximo permitido para cianobactérias em manancial superficial passa a ser de 10.000 cél./ml. (BRASIL, 2017).

Diante do exposto, pode-se observar que parâmetros físicos, químicos e biológicos determinam a qualidade da água de um corpo d'água e podem ser consequências de ações, fatores ou processos naturais e antrópicos. A escolha correta dos parâmetros em um estudo especial ou monitoramento é primordial para determiná-los de maneira adequada.

2.7 Estudo topobatimétrico para avaliação de assoreamento de reservatórios

Estudos de levantamentos batimétricos fazem parte dos estudos hidrográficos e têm por finalidade obter informações de profundidade que estejam associadas à posição da embarcação na superfície da água, visando traçar o perfil do leito analisado além de buscar a

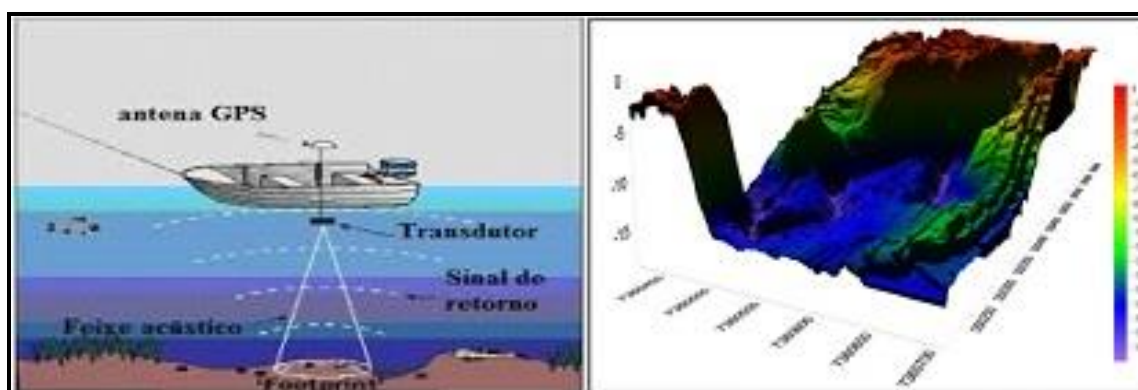
representação em uma carta, compreendendo, dessa forma, uma abordagem planimétrica X – Y. Existem diferentes formas para se obter esses dados, dependendo do tamanho da área a ser estudada e dos recursos disponíveis para o levantamento (GAGG, 2016).

A definição do conceito de batimetria de acordo com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) consiste num conjunto de medidas e convenções técnicas utilizadas para determinar medidas do contorno, da dimensão relativa das superfícies submersas dos rios, lagos, represas, canais e mares. Ou seja, é a técnica utilizada para se determinar medições de profundidades de um corpo d'água. (TOMÉ, 2019, p. 22).

Dentre os métodos utilizados para a realização de levantamentos batimétricos, tem-se o método direto, que consiste na obtenção das medidas de profundidade com a medição através do estiramento de cabos de aço, que devem ser fixados nas margens do local a ser estudado, devidamente graduado com as distâncias a serem medidas. Faz-se o uso de uma embarcação com a qual se fará a medição da profundidade nos pontos definidos na marcação do cabo de aço, com o uso de uma vara graduada e as informações são anotadas em caderneta de campo. Esse método pode ser aplicado em locais com profundidade de até 5 metros (GAGG, 2016). Entretanto, apresenta algumas desvantagens: é inviável para área profundas devido ao tamanho da vara utilizada, a depender da vazão e correnteza do rio pode ocorrer o deslocamento vertical da vara e a catenária que é relevante entre as margens (TOMÉ, 2019).

O segundo e o mais utilizado é o método indireto, através do uso de Sistema de Posicionamento Global (GPS) acoplado ao uso de equipamentos ecobatímetros, que possuem maior agilidade e precisão nos levantamentos. Esse sistema é composto por: transmissor, receptor, amplificador, registrador, transdutor e comando de emissão. Na figura 4 há uma demonstração de como é realizado esse tipo de procedimento.

Figura 4 – Levantamento por ecobatímetro



Fonte: (GAGG, 2016, p. 9)

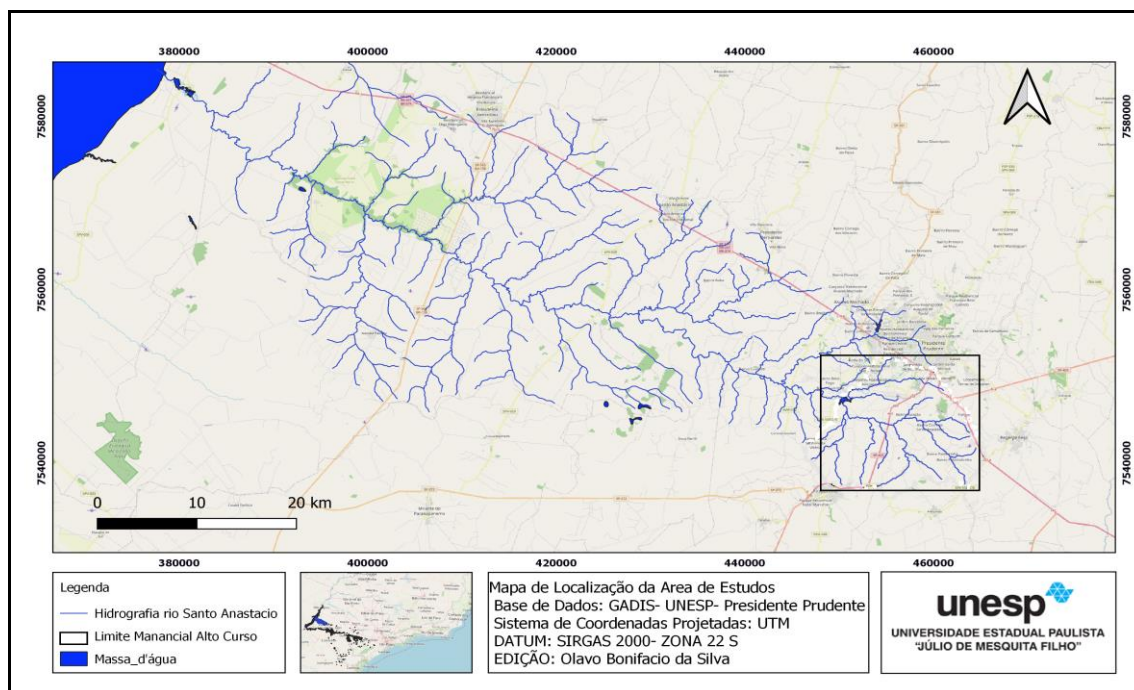
Os equipamentos ecobatímetros possuem dois modelos: o monofeixe e o multifeixe. Este último é o mais avançado e também o mais caro de ser utilizado; nesse método, o equipamento é acoplado à embarcação no sentido vertical, e é emitido um sinal sonoro que ao atingir a superfície retorna o sinal ao equipamento. Como é conhecida a velocidade de deslocamento do som na água, aproximadamente 1.500 m/s (OHI, 2016), a profundidade é calculada em função do tempo que a onda sonora leva para ir e retornar.

3. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no alto curso da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, situada na região sudoeste de Presidente Prudente e inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22). A figura 5 mostra a localização do alto curso do rio Santo Anastácio.

O alto curso do rio Santo Anastácio possui uma área de drenagem de 197,70 km² e localiza-se entre as coordenadas 22° 07' 37" S e 22° 16' 52" S e as coordenadas 51° 19' 46" W e 51° 31' 27" W, respectivamente (MATOS, 2014, p. 39).

Figura 5 – Localização do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Cinco municípios possuem parte de seu território inseridos na bacia hidrográfica do alto curso do rio Santo Anastácio, sendo eles: Anhumas, Regente Feijó, Pirapozinho, Álvares Machado e Presidente Prudente. Na tabela 1, apresentamos as suas respectivas áreas; e sua localização está representada na figura 6.

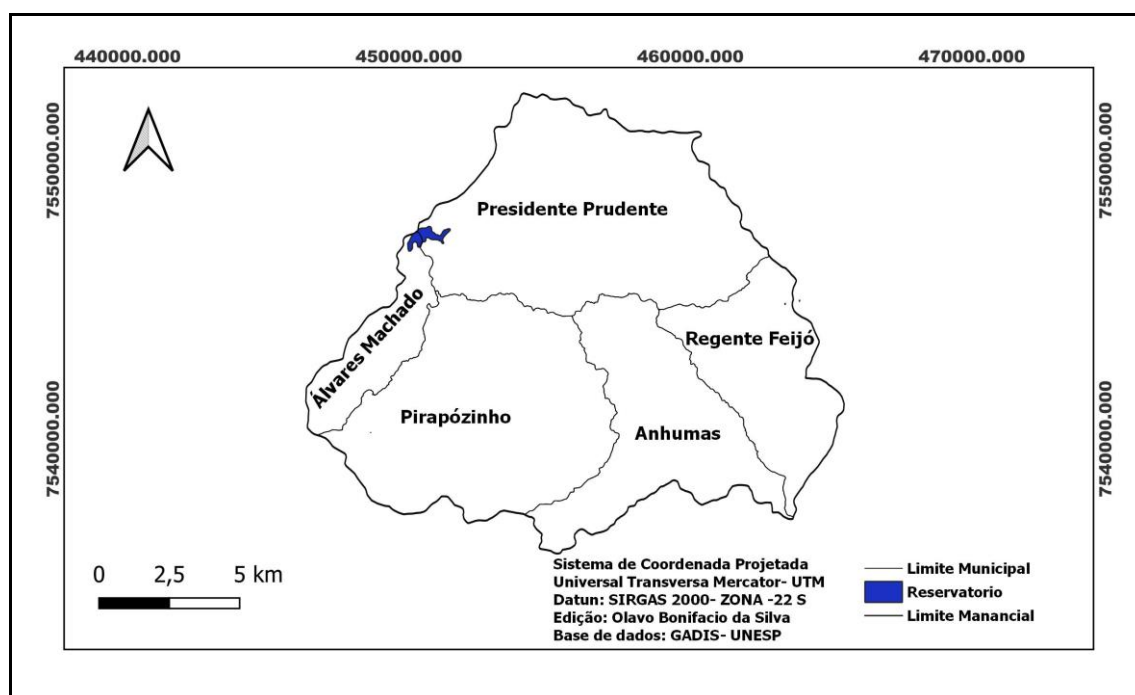
Na tabela 1, é apresentada a área dos municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do alto curso do rio Santo Anastácio.

Tabela 1 – Área dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do alto curso do rio Santo

Anastácio		
MUNICÍPIOS	ÁREA KM ² NA BACIA HIDROGRÁFICA	% DE CONTRIBUIÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA
ÁLVARES MACHADO	12,92	6,54
ANHUMAS	35,39	17,9
PIRAPOZINHO	57,09	28,88
PRESIDENTE PRUDENTE	65,29	33,02
REGENTE FEIJÓ	27,01	13,66
TOTAL	197,7	100

Fonte: Adaptado pelo autor *apud* NUNES (2018)

A figura 6 apresenta a localização dos municípios inseridos no alto curso do rio Santo Anastácio.

Figura 6 – Municípios que estão inseridos no alto curso do rio Santo Anastácio

Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Dos municípios que possuem parte de seu território inserido na área do alto curso da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, somente Presidente Prudente faz uso da captação de suas águas para abastecimento público, através do reservatório construído no rio Santo Anastácio. Os demais municípios fazem uso de águas subterrâneas, dadas as suas localizações e suas respectivas demandas urbanas.

3.1 Geologia

A bacia hidrográfica do alto curso do rio Santo Anastácio se localiza no Planalto Ocidental Paulista, mais precisamente no Planalto Centro Ocidental, que está localizado dentro da bacia sedimentar do Paraná (BOLETIM GEOCIÊNCIAS – RJ, 2007).

A Formação Geológica na área de estudo, além da Formação Serra Geral, abrange especialmente três tipos de formações agrupadas dentro do grupo de rochas denominado Bauru, sendo elas: formação Adamantina, formação Santo Anastácio e duas subdivisões identificadas por Paula; Silva *et al.* (2005), que apresentaram nas divisões litoestratigráficas as formações da subsuperfície de Pirapozinho e Birigui. A formação Birigui tem ocorrência no município de Birigui, não compondo, portanto, formação na área de estudo.

3.1.1 Formação Adamantina

Essa formação ocorre em larga escala na nossa região, recobrando, no Pontal do Paranapanema, cerca de 62% da área. Possui uma granulometria mais fina e mais ordenada do que os encontrados na formação Santo Anastácio; na sua composição contém mica, feldspato, sílica amorfa e minerais opacos. Essa formação pode ser encontrada com várias espessuras ao longo da bacia principalmente nas áreas dos grandes rios, entre o rio Santo Anastácio e o rio Paranapanema podendo atingir até 190 metros (IPT, 1981a).

A Formação Adamantina tem sua gênese associada a ambientes lacustres. É importante salientar que os primeiros fósseis do Período Cretáceo encontrados na região Oeste foram dessa formação. Foram encontrados fósseis de dinossauros (dentes), carapaças de tartarugas, além de crustáceos, ostracodios, conchotráceos, moluscos peixes e répteis. Com relação à flora, foram encontradas algas e coníferas.³

A ocorrência da formação Adamantina é predominante dentro da área do alto curso do rio Santo Anastácio. Almeida (1980) divide essa formação em cinco unidades, sendo elas: Ka_I, Ka_{II}, Ka_{III}, Ka_{IV} e Ka_V, com a predominância da unidade Ka_V, que se caracteriza por possuir arenitos em bancos pouco espessos e apresentar frequentes cimentações carbonáticas, podendo apresentar também ocorrências locais de nódulos carbonáticos (DIBIESO, 2013, p. 114).

³ http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6381/i_2_1geologia.pdf

3.1.2 Formação Santo Anastácio

A formação Santo Anastácio remete ao nome do próprio rio e foi utilizada inicialmente por Landim; Soares (1976b), que referiram-se a sedimentos encontrados no vale do rio Santo Anastácio, denominados “Fácies Sto. Anastácio”. Sua gênese, segundo Perrota *et al.* (2005), é classificada como sendo de um ambiente continental desértico com planícies e bordas de mares de areia.

A litologia dessa formação é composta por arenitos marrons-avermelhados e arroxeados, sua granulação varia de média a fina com uma seleção geralmente de regular a ruim com grãos arredondados e subarredondados. Sua constituição mineralógica é composta por quartzo, feldspatos, calcedônias e opacos. Quando sua presença está diretamente sobre a formação basáltica (Serra Geral), sua constituição litológica se altera um pouco e a granulação é mais fina, ocorrendo a presença de arenitos siltosos e argilosos com seleção ruim.

A espessura máxima dessa formação se dá entre 80 e 100 metros nas regiões dos vales do rio Santo Anastácio e rio Pirapozinho, já próximo ao Pontal do Paranapanema. Na Formação Santo Anastácio não há registros de fósseis encontrados, como ocorre na Formação Adamantina (IPT, 1981A).

3.1.3 Formação Pirapozinho

É uma unidade composta quase que exclusivamente por lamitos silto-argilosos com teor de areia variável, com poucas intercalações de arenitos e possui coloração de cinza esverdeado a marrom avermelhado, mais raros vermelhos ou esverdeados e características cor chocolate no topo. Essa formação se observa mais na perfuração de poços profundos, possui uma espessura que pode atingir até 12 metros e há uma profundidade entre 170 e 242 metros (SILVA *et al.*, 2006).

3.2 Clima

Tão antiga quanto o homem é a preocupação deste em entender a dinâmica atmosférica, denominada, de modo simplista, de tempo e clima e seus efeitos sobre a vida do homem e as interações com o meio em que está inserido. Ela remonta ao tempo dos antigos

gregos, com os filósofos alexandrinos, que produziram as primeiras observações acerca do tempo e do clima, para que, somente no século V, antes da era cristã, surgissem as primeiras obras com estudos mais elaborados, com os trabalhos escritos pelos filósofos Hipócrates, com sua obra “Ares, Águas e lugares”, e de Aristóteles, com sua obra “Meteorologia” (SANT’ANNA, 2001),

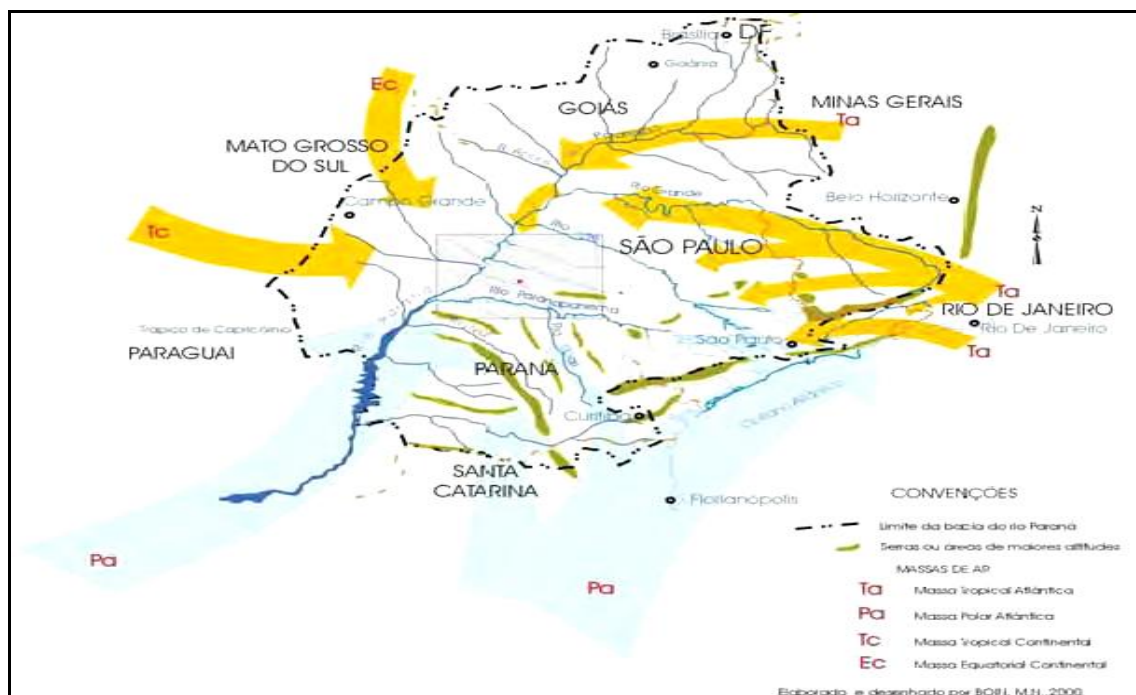
Foram necessários alguns séculos para que pudéssemos chegar a um melhor entendimento do funcionamento da dinâmica atmosférica. Serviram para impulsionar esse avanço, o conjunto de criação e as descobertas das leis gerais propostas por Isaac Newton e Nicolau Copérnico; porém, estes possuíam uma visão mecanicista do funcionamento da atmosfera. Foi de grande importância a criação dos instrumentos no início das grandes navegações e explorações geográficas, como o termômetro, pluviômetro, o barômetro e demais instrumentos que viriam a compor as estações meteorológicas de hoje (SANT’ANNA, 2012).

Com o advento desses equipamentos, tornou-se possível mensurar e quantificar os dados para estudos e análises do clima. É importante salientar que, para entendimento e estudo do clima, faz-se necessário adotar uma escala regional ou zonal, uma vez que diferentes sistemas atmosféricos estão atuantes no Brasil e passam pela região onde se encontra a área de estudos.

A área de estudos se encontra em um espaço de transição, sujeito à atuação de diversos tipos de massas de ar, conferindo à região um clima com elevadas temperaturas de primavera e verão e com entradas de frentes frias extratropicais (massa polar) que provocam baixas temperaturas no outono e inverno, além de uma pluviosidade anual média de 1.300 mm (SANT’ANNA; TOMMASELLI, 2009, p. 11).

A figura 7 apresenta os sistemas atmosféricos predominantes na região do município de Presidente Prudente.

Figura 7 – Principais sistemas atmosféricos atuantes na região de Presidente Prudente- SP



Fonte: (BOIN, 2000, p. 199)

- **Massa tropical Atlântico (mTa):** essa massa se origina no anticiclone do Atlântico Sul, sendo responsável pelos ventos alísios do Sudeste; possui características iniciais fria e seca devido à latitude de origem; mas, ao se deslocar pelo oceano, vai ganhando umidade e calor, provando chuvas em todo litoral brasileiro. É uma massa de atuação constante durante praticamente todo o ano, que provoca chuvas frontais na região Nordeste durante o inverno, e chuvas orográficas quando atinge a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, perdendo umidade e atingindo a nossa região com características quente e seca (INPE, 2019).
- **Massa Polar Atlântico (mPa) e Frente Polar Atlântica (FPa):** a mPa é a única massa polar que atua no território brasileiro. Originadas na área denominada de Anticiclone Móvel Polar, essas áreas formadoras das massas de ar frio possuem dois trajetos: o Pacífico, a oeste da Cordilheira dos Andes, e o trajeto pelo oceano Atlântico, a leste da Cordilheira dos Andes. Essa massa de ar é fria e úmida, atingindo boa parte do país no inverno, principalmente a região Sul. As passagens dessas frentes aqui na região ocorrem num período médio de uma semana, podendo chegar a um intervalo de mais de 30 dias nos meses de junho a agosto, período em que podem ocorrer as estiagens na nossa região. É importante salientar que ela é responsável por aproximadamente 70% das chuvas ocorridas anualmente em função do seu encontro com as massas de ar quente (mTa), sendo que as chuvas são ocasionadas pelo choque dessas duas frentes (MENDONÇA, 2011, p. 53).

– **Massa Equatorial continental (mEc):** essa massa de ar se origina na Amazônia e exerce papel fundamental no transporte da umidade gerada na região amazônica através do processo de evapotranspiração das florestas – os conhecidos rios voadores –; ela possui sua formação principalmente no verão, mas pode estender sua atuação de setembro a março. Praticamente cruza o Brasil de Noroeste a Sudeste, atingindo a região do Oeste paulista, com uma extensão que varia de 2000 a 2.500 km de extensão. Ela forma grandes áreas de instabilidades, causando volumosas precipitações que podem chegar até 100 mm em 24 horas (MENDONÇA, 2011).

– **Massa Tropical Continental (mTc):** a massa tropical continental atua principalmente no período primavera – verão e tem sua origem na árida depressão do Chaco entre Paraguai, Argentina e o Pantanal mato-grossense. Possui característica quente e seca e atua principalmente na região Centro-Oeste do país. Aqui na região é responsável pelos dias quentes e pela baixa umidade relativa do ar (CPTEC, 2019).

– **Zona de Convergência intertropical (ZCIT):** segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), esse é um dos mais importantes sistemas atuando nos trópicos e tem se mostrado decisivo, devido à sua estrutura, na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima nas áreas da região tropical. A ZCIT possui um deslocamento entre o hemisfério Norte e hemisfério Sul. É uma região de baixa pressão e atua como um dissipador de calor, levando o calor e a umidade da zona equatorial para os níveis superiores da troposfera e das médias e altas latitudes, contribuindo para o balanço de energia e temperatura do planeta (INPE, 2020).

Essas massas de ar que atuam sobre a região em questão ao longo do ano conferem os diversos tipos de tempo aos quais ela está sujeita. A ação do clima sobre a geologia é fundamental para definir os padrões de drenagens e suas características hidrográficas, assunto que será abordado na próxima seção.

3.3 Hidrografia

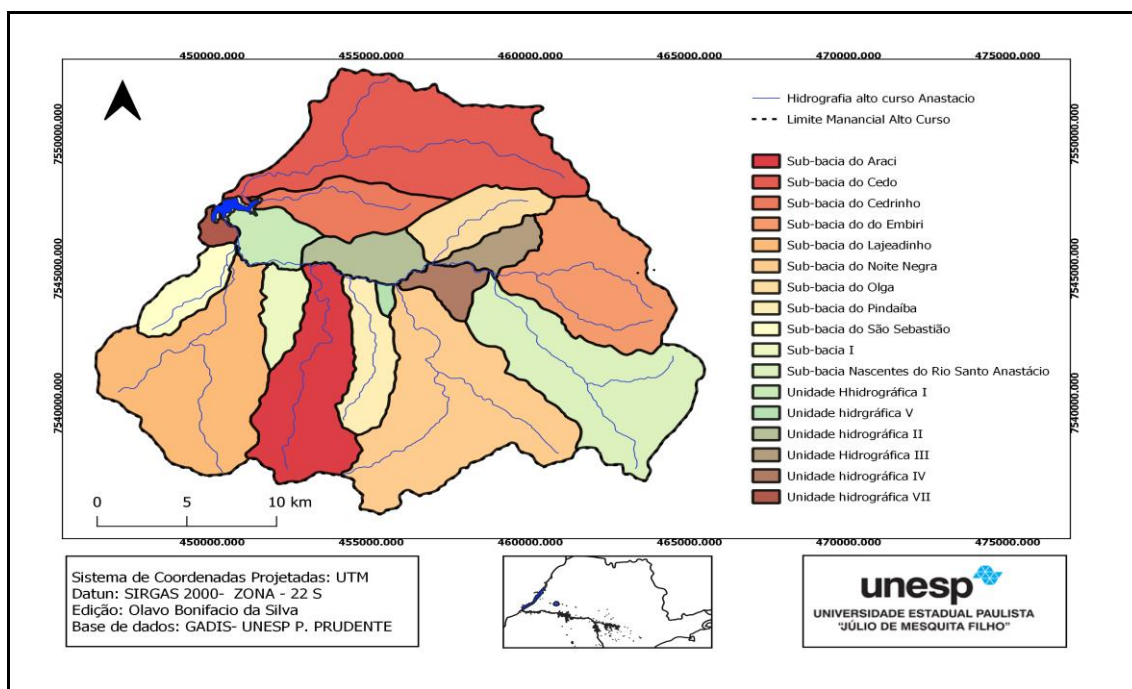
O rio Santo Anastácio é o principal canal fluvial que realiza a drenagem dentro da área de estudo. Ele nasce entre os municípios de Regente Feijó e Anhumas, numa cota próxima a 505 m de altitude. Da sua nascente até o reservatório, que define o limite do alto curso da bacia hidrográfica, o rio Santo Anastácio percorre uma distância de 20,5 km. Após o

reservatório, segue seu curso até a sua foz, desaguando no rio Paraná. (OKADO; LEAL, 2018).

Dentro da área do alto curso, sua rede hidrográfica é composta por várias sub- bacias de drenagem, sendo elas: o córrego do Cedro, Cedrinho, Olga, Embiri, Nascentes do rio Santo Anastácio, Noite Negra, Pindaíba, Araci, Sub-bacia I, Lajeadozinho e Sebastião, além das Unidades Hidrográficas I, II, III, IV, V, VI E VII.

A bacia hidrográfica do córrego do Cedro possui uma das maiores áreas dentro do alto curso do rio Santo Anastácio juntamente com a bacia hidrográfica do córrego da Noite Negra. A nascente do córrego do Cedro ocorre na altitude de 450 m, percorrendo 12 km do canal principal com um desnível de 110 m até o seu exultório, que ocorre no reservatório do rio Santo Anastácio e, por conter parte da sua bacia hidrográfica inserida na área urbana de Presidente Prudente, apresenta uma expressiva urbanização, necessitando de 709,22 m² para manter perene cada metro de canal (DIBIESO, 2006, p. 52). A figura 8 localiza as sub-bacias dentro do alto curso do rio Santo Anastácio.

Figura 8 – Identificação das sub-bacias dentro do alto curso do rio Santo Anastácio



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

O rio Santo Anastácio é um rio de 5ª ordem, de acordo com a classificação de Strahler, com uma densidade hidrográfica de 1,49 rios por km² dentro da área de estudo. No alto curso, ele possui 318,82 km de cursos d'água, sendo que, desse total, 175,6 km são de rios de

primeira ordem e 6,37 km de rio de 5ª ordem, sendo necessário 621,12 m² para manutenção de um metro de canal (DIBIESO, 2006, p. 40).

A formação do relevo está condicionada à ação do clima sobre a geologia, através do processo de intemperismo, na qual as ações do vento e das chuvas contribuem significativamente para determinar o tipo de relevo encontrado em cada região, tema que será abordado na próxima seção.

3.4 Relevo

No que tange ao seu relevo, a bacia hidrográfica do alto rio Santo Anastácio pertence à unidade geomorfológica do Planalto Ocidental Paulista, sendo uma continuidade dos reversos das Cuestas Basálticas, compreendendo parte expressiva da bacia Sedimentar do rio Paraná com área estimada de 100 mil quilômetros quadrados, ocupando parte do Oeste do estado de São Paulo (Sudo 1980, *apud* Nunes *et al.* 2009).

O relevo se caracteriza por colinas amplas e suaves, sua altitude varia de 300 a 600 metros. Os espigões, onde ocorrem as nascentes do rio Santo Anastácio ao Norte, Leste e Sul possuem altitudes em torno de 500 metros com espigões residuais que variam a altitude de 500 a 515 metros. O interior da bacia hidrográfica apresenta-se com colinas onduladas e suavemente onduladas, com os espigões nas áreas formadoras dos córregos suavemente convexos e mais curtos. Possuem vertentes curtas com formatos convexos, retilíneos e côncavos entre 100 e 250 metros com declividades variando de 8 a 20% e grandes planícies aluviais ao longo dos fundos de vale, especialmente no curso do rio Santo Anastácio (CARVALHO, 1997).

As características dos solos, que têm sua gênese derivada da base geológica associada ainda à ação do clima, determinam as condições necessárias para a ocorrência dos tipos de solos que caracterizam determinado território, assunto tratado na próxima seção.

3.5 Solos

A predominância dos solos dentro da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio é de solos de origem das formações Caiuá e Adamantina. São solos que possuem baixa fertilidade, necessitando de correções e tratamentos culturais adequados.

São solos com características de serem extremamente friáveis, principalmente se não dispor de uma adequada cobertura vegetal, o que pode gerar graves erosões, levando ao surgimento de voçorocas que podem se tornar sérios problemas ambientais (PEDRO, 2011).

Segundo o manual técnico de pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o conceito de solo é definido da seguinte maneira:

[...] Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir de sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente limita-se com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações com o clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo [...].

Fonte: IBGE 2007, p. 31).

As classes de solo que compõem a área de estudo estão agrupadas em cinco e são estratificadas de acordo com a sua ocorrência dentro da bacia hidrográfica analisada. Com base nos estudos de Carvalho (1997) *apud* Dibieso (2007), elas se apresentam com características específicas, conforme exposto abaixo.

São classificadas em Gleissolos Háplicos que se encontram principalmente nas áreas planas das planícies aluviais; são solos mal ou muito mal drenados, constituídos por material arenoso de textura fina a média, material orgânico e mineral, e ocupam cerca de 3,08% da área total da bacia hidrográfica.

Há a ocorrência de Neossolos Flúvicos e Neossolos Litólicos. Os Neossolos Flúvicos são solos relativamente recentes constituídos de sedimentos inconsolidados derivados do intemperismo e da ação biológica do meio. Os Neossolos Litólicos são solos oriundos do intemperismo das rochas sedimentares, ocorrendo em locais com declividade de 8% a 20% e, também, de 3% a 8%, correspondem respectivamente a 5,03% e 7,84% da área total da bacia hidrográfica.

Latossolos Vermelho-Amarelo são solos não hidromórficos, bem drenados e porosos de horizonte B Latossólico e precedido de horizonte A moderado de textura média; geralmente são solos ácidos, apresentando baixo teor de silte e baixa relação silte/argila, ocupando uma área de 1,56% dentro da bacia hidrográfica.

Argissolos Vermelho-Amarelo e Argissolos Vermelhos subdivididos em (PV1, PV4, PV7, PV8, PVA1, PVA4, PVA7, PVAe3, PVAe4, PVAe6), nessas denominações, compreendem solos minerais não hidromórficos, com horizonte B textural e horizonte A moderado. Dentre as características importantes dos Argissolos, destacam-se a grande

espessura do horizonte A de alguns perfis e a transição direta entre os horizontes A e B. Ocorrem normalmente em relevo ondulado com declividade de 8 a 20%, podendo ocorrer também em relevo suavemente ondulado com declividade de 3 a 8%; e fortemente ondulado com declividade de 20-45%. São solos muito susceptíveis à erosão, especialmente os que estão em relevos mais acidentados, com o favorecimento do escoamento superficial das águas pluviais, gerando, por consequência, as erosões e são os solos predominantes dentro da bacia hidrográfica, ocupando uma área de 81,74%.

De acordo com os tipos de solos de uma determinada área e de como ocorre sua ocupação, diferentes tipos de uso do solo podem ser realizados. Esse assunto é abordado na próxima seção.

3.5.1 Uso e cobertura da terra no alto curso do rio Santo Anastácio

A população dos municípios que fazem parte da área do alto curso do rio Santo Anastácio contabiliza um total de 308.896 habitantes, liderados pelo município de Presidente Prudente, com 231.953 habitantes; Pirapozinho, com 27.754 habitantes; Álvares Machado, com 24.651 habitantes; Regente Feijó, com 20.394 habitantes; e Anhumas, com 4.144 habitantes (IBGE, 2021).

Presidente Prudente é o município que possui maior área territorial inserida no alto curso da bacia hidrográfica, além de ser o município que se utiliza de suas águas para abastecimento público urbano.

Dentre as atividades econômicas desenvolvidas na região, tem forte destaque e predominância o setor agropecuário, seguido pelos setores de serviços, indústria e comércio. Todos os municípios possuem implantados nas suas sedes sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos. No município de Regente Feijó, somente o distrito de Espigão, que possui uma população de 1.438 habitantes, faz o lançamento dos esgotos tratados na rede hidrográfica do alto curso do rio Santo Anastácio.

É de fundamental importância para a gestão e organização do território obter um conhecimento detalhado acerca do uso do solo e da cobertura da terra, pois, com base nessas informações, é possível orientar ações para os pontos mais suscetíveis e vulneráveis, proporcionando uma sólida base para as tomadas de decisões.

O conceito de uso da terra e cobertura da terra estão intimamente ligados, porém, possuem definições distintas. O conceito de uso da terra (solo), segundo o IBGE, tem a seguinte definição:

O uso da terra, dentre as várias definições existentes, geralmente associadas às atividades conduzidas pelo homem relacionadas com uma extensão de terra ou a um ecossistema, foi considerado com uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios, através do uso dos recursos da terra. (IBGE, 2013, p. 42).

Já o conceito de cobertura da terra, ainda segundo o IBGE, tem a seguinte definição:

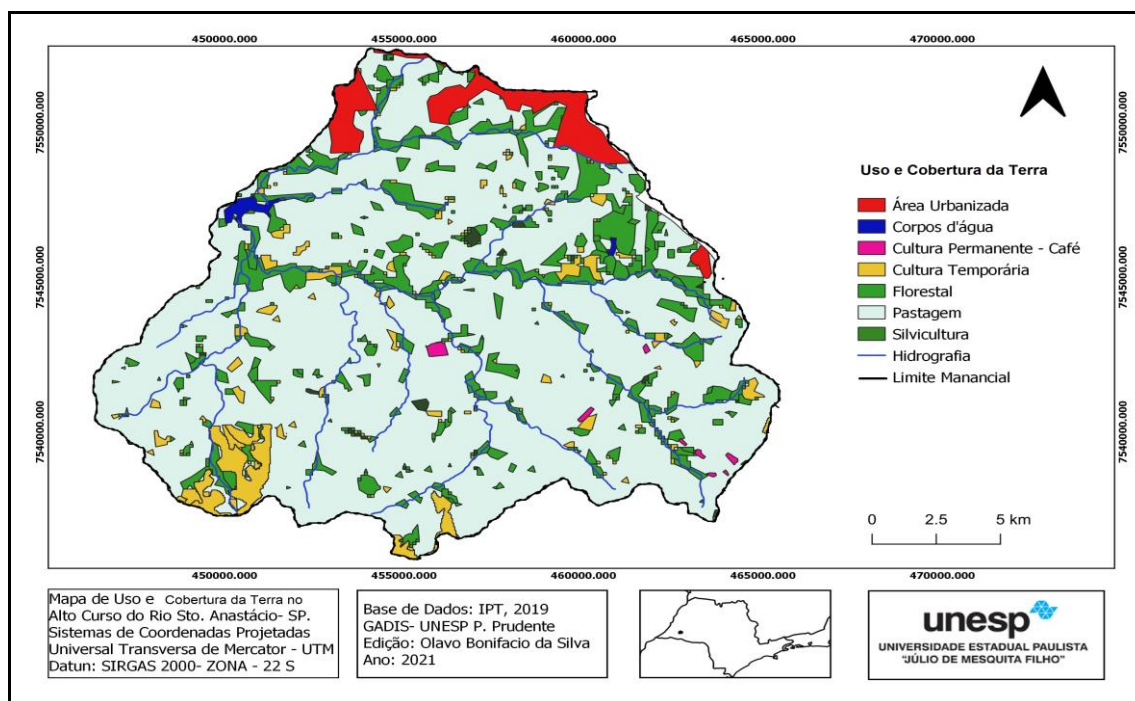
A cobertura da terra foi definida como os elementos da natureza como a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem, que recobrem a superfície da terra. (IBGE, 2013, p. 44).

Conceituadas as diferenças entre uso e cobertura da terra, podemos inferir que, de acordo com as ações antrópicas, ocorrem alterações tanto no uso do solo, como na cobertura da terra e essas alterações podem gerar impactos negativos, que precisam ser conhecidos e avaliados.

Na figura 9, para o ano de 2019, no alto curso do rio Santo Anastácio, o uso predominante de pastagens ocupou uma área de 65,84%. A classe pastagem e as atividades de cultura temporária (1,05%), cultura permanente (0,37%) e silvicultura (2,65%) totalizaram 69,91%, o que caracteriza o intenso uso da terra. Além disso, existe conflito de uso das Áreas de Preservação Permanente.

As áreas florestais correspondem a 16,72% de vegetação natural, sendo encontradas nas margens dos rios e córregos e a maior parte se concentra no parque ecológico municipal da Cidade da Criança. Os corpos hídricos correspondem a 1,23% do total da área do manancial.

Figura 9 – Mapa de uso e cobertura da terra do alto curso do rio Santo Anastácio



Fonte: elaborado pelo autor, 2021

Quanto às áreas urbanizadas, 13,31% do total da área pesquisada se enquadra nessa categoria, o que corresponde às cidades (sede de município), pequenas sedes distritais e áreas urbanas isoladas, que contam ainda com as estruturas do sistema viário, rodovias, pontes, serviços de transporte e energia, comunicações, complexos industriais, áreas ocupadas por indústrias e comércio que podem ser áreas contínuas ou descontínuas.

O uso e a cobertura da terra dentro da sub-bacia do córrego do Cedro ocorrem por meio da urbanização e suas respectivas consequências (impermeabilização do solo, poluição gerada por resíduos sólidos, aumento da velocidade de escoamento superficial através da drenagem urbana), atividades agrícolas, industriais e uso rural de pastagens. Para a compreensão dos problemas gerados pela ocupação dessa sub-bacia, é importante entender como ocorreu o processo de ocupação.

Assim, o início da ocupação da região ocorreu com a implantação do conjunto habitacional Mário Amato, Ana Jacinta e Ana Jacinta II, na gestão do prefeito Paulo Constantino, no período de 1989 a 1992. Somadas, essas unidades habitacionais totalizaram 3.604 unidades e foram construídas com financiamento da Caixa Econômica Federal e executadas pela COHAB CHRIS de Araçatuba e a construtora Campoy. Posteriormente, foram surgindo os demais bairros entre os vazios urbanos (FONSECA *et al.*, 2018).

Já no início da sua construção, o empreendimento foi alvo de denúncia pelo engenheiro da Divisão Regional Agrícola – DIRA, que levantou a possibilidade de poluição iminente dos córregos do Cedro e Botafogo, afluentes da margem direita do rio Santo Anastácio. A denúncia apontava riscos de poluição das águas que alimentam o reservatório de captação para abastecimento público pela geração de resíduos sólidos e esgotos, o que poderia vir a inviabilizar o seu uso, além de desencadear problemas de assoreamento do leito dos rios.

Os problemas previstos na denúncia se concretizaram com a ocupação dos imóveis entregues: “[...] quatro anos após a entrega das unidades habitacionais, o assoreamento dos córregos provocados pelas ruas ainda sem pavimento asfáltico; a presença de lixo nas nascentes e na Área de Preservação Permanente (APP) dos córregos [...]” (FONSECA *et al.*, 2018, p. 55).

Essa ausência de preocupação com as questões ambientais – conforme evidenciado – e a ligação com o planejamento urbano são reforçados quando se analisa detalhadamente as áreas não indicadas para zoneamento urbano, conforme demonstrado e detalhado no estudo realizado por Dibieso (2006), que identificou e classificou cada área de acordo com o meio físico e relacionou com o uso permitido no zoneamento urbano contido no plano diretor do município.

Fica claro que o plano diretor nessa região simplesmente se adequou às condições já existentes das áreas ocupadas, observando que há áreas não recomendadas para ocupação urbana em face da proximidade com as áreas de mananciais, e que 76% da bacia hidrográfica do Córrego do Cedro é considerada área urbana; portanto, a maior parte da área está disponível, por lei, para urbanização, excetuando-se as zonas de preservação e proteção ambiental (DIBIESO, 2006, p. 93).

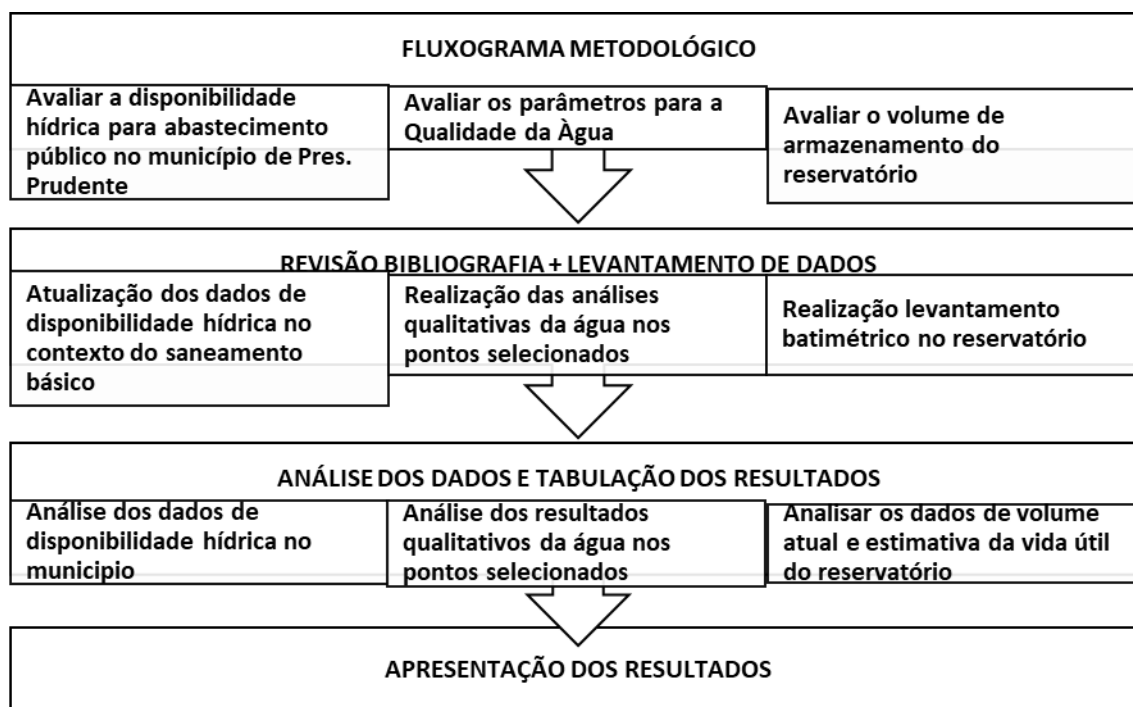
4. METODOLOGIA

Conforme proposto, avaliamos a formação histórica do município de Presidente Prudente, bem como a disponibilidade hídrica para abastecimento público no contexto do saneamento básico municipal, considerando o eixo abastecimento de água e coleta de esgotos.

Foi avaliada a qualidade da água do reservatório através de parâmetros limnológicos estabelecidos e realizado um levantamento topobatimétrico do reservatório, visando identificar e quantificar o seu volume disponível, bem como a determinação da sua vida útil.

O fluxograma metodológico, elaborado no quadro 2, orientou a sequência dos trabalhos desenvolvidos no decorrer da pesquisa.

Quadro 2 – Fluxograma Metodológico



Fonte: elaborado pelo autor, 2021

4.1 O histórico da formação do município de Presidente Prudente e a evolução do abastecimento público urbano e esgotamento sanitário

Foi realizado um levantamento histórico em documentos disponíveis sobre a formação do município de Presidente Prudente, bem como da implantação do sistema de saneamento básico no que tange ao pilar do abastecimento público e esgotamento sanitário. Também foi

realizada extensa pesquisa documental, tanto de base física, através de livros, jornais, artigos e trabalhos acadêmicos que continham informações referentes ao tema, quanto de base virtual, com o uso da plataforma de pesquisa Google Acadêmico.

Realizamos ainda pesquisas em documentos sobre a implantação do sistema de saneamento básico e suas respectivas obras civis estruturais, disponibilizados pela Sabesp através de arquivos físicos, digitais e informações disponíveis no seu site.

Por fim, foi analisada a demanda urbana para abastecimento público e a oferta do reservatório do rio Santo Anastácio para o período de 2020 a 2021, através de análises de dados de volume produzido pela Estação de Tratamento de Água (ETA).

4.2 Parâmetros limnológicos de qualidade da água

Foi feito um levantamento bibliográfico quanto aos estudos realizados no alto curso da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, em especial, acerca das produções realizadas dentro do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional Geografia da FCT/UNESP, bem como de trabalhos realizados por outras instituições sobre qualidade da água com relevância para a compreensão dos resultados encontrados na pesquisa.

As coletas foram realizadas espacial e temporalmente em quatro pontos: nos córregos e rios afluentes ao reservatório e na saída do reservatório, com periodicidade de realização quadrimestral, iniciadas em julho de 2020 e finalizadas em julho de 2021.

As primeiras coletas foram realizadas no dia 13 de julho de 2020, no período da manhã, com início às 09h00 e término às 12h00, salientando que os pontos mais distantes foram os das coletas realizadas no rio Santo Anastácio e no córrego do Cedrinho.

A segunda coleta foi realizada no dia 16 de novembro de 2020, no período da manhã, mediante uma tentativa de se fazer as coletas com a utilização de um barco, porém, em virtude da grande quantidade de vegetação na superfície do reservatório, essa operação não foi possível e foi postergada para o período da tarde, sendo iniciada às 13h30 e finalizada às 16h30.

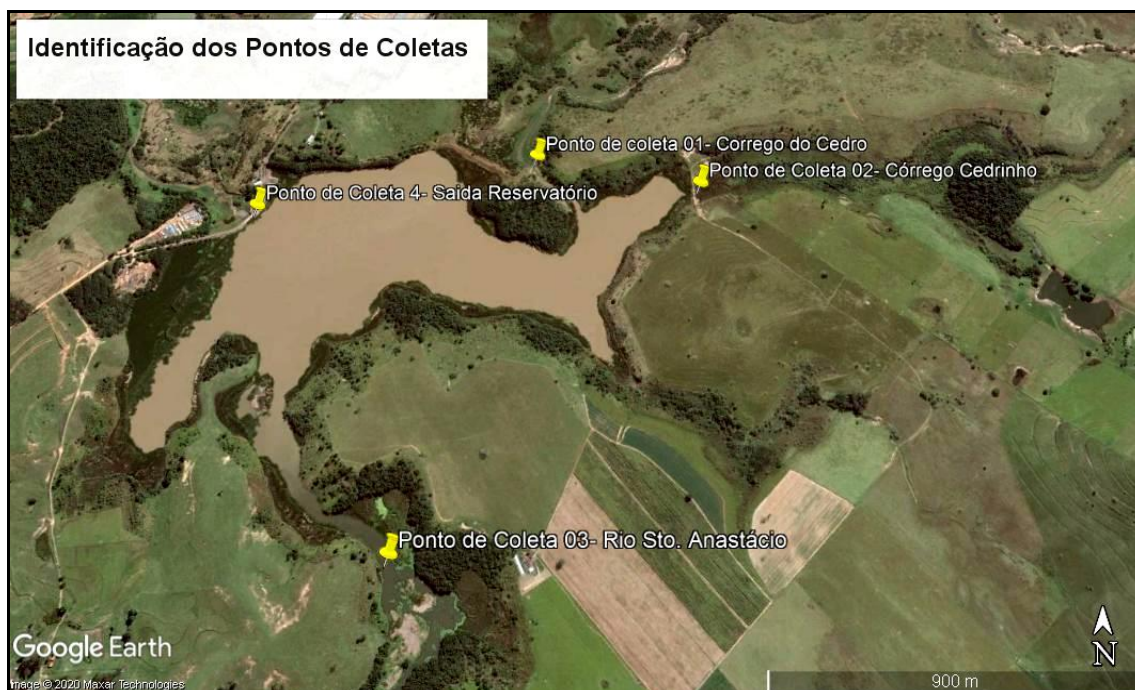
A terceira coleta foi realizada no dia 15 de março de 2021, com início às 8h30 da manhã e término às 11h30. Dessa vez, iniciamos os trabalhos pelo Córrego Cedrinho, ponto de acesso mais difícil, pois não há caminho aberto, tornando-se necessário transpor o córrego do Cedro e abrir picada na vegetação, que se encontrava bem alta em função do período de chuvas.

A quarta e última coleta foi realizada no dia 19 de julho, no período das 08h00 às 10h20, seguindo o roteiro da coleta anterior, com destaque especial para a baixa temperatura registrada no dia, com formação de geadas no vale dos córregos e rios e temperatura no horário das coletas na ordem de 5°C.

A organização e tabulação dos dados foram realizadas mediante a utilização do software Excel, tanto para elaboração das planilhas e gráficos, como para tratamento estatístico de desvio padrão e média.

Na figura 10, são apresentadas as localizações dos pontos de coletas das águas superficiais.

Figura 10 – Identificação dos pontos de coletas de águas superficiais



Fonte: adaptada pelo autor *apud* Google Earth (imagem obtida em 10/09/2020).

No quadro 3, estão disponibilizadas as coordenadas Universal Transversa Mercator (UTM) fuso 22 S, respectivos pontos de coletas das águas superficiais.

Quadro 3 – Localização dos pontos de coletas

Pontos	Identificação	(E)	(N)
Ponto 01	Córrego Cedro	451175.00	7547442.00
Ponto 02	Córrego Cedrinho	451471.85	7547524.25

Ponto 03	Rio Santo Anastácio	459518.20	7546605.50
Ponto 04	Vertedouro reservatório	450328.88	7547490.27

Fonte: elaborado pelo autor (2021)

As análises foram realizadas no laboratório de controle sanitário da Sabesp, sendo referenciados os valores máximos permitidos na legislação CONAMA 357/2005, revisada e atualizada pela resolução CONAMA 410/2019. É importante destacar que as análises dos parâmetros de qualidade da água para o rio Santo Anastácio serão enquadradas como rio de classe 02, de acordo com o decreto estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977 (SÃO PAULO, 1977).

Para a pesquisa, é importante destacar que os valores máximos permissíveis para os parâmetros de qualidade da água foram os considerados para ambientes lântico, uma vez que o tempo de detenção hidráulica no reservatório é de 26 dias. Os valores, de acordo com a CONAMA/2005, podem ser observados na tabela 2:

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água

PARÂMETROS	CONAMA 357/2005
COR VERDADEIRA	75 mg Pt/L
CIANOBACTÉRIAS *	< 10.000 cel./ml
DBO₅₋₂₀	5 mg/l O ₂
DQO	Não há limite estabelecido
FÓSFORO (P)	0,050 mg/l
NITROGÊNIO AMONÍACAL (N-NH₄)	< 2.00 mg/l
NITRATO (N-NO₃)	10 mg/l
NITRITO (N-NO₂)	1 mg/l
OD	>5mg/l
pH	6,0 a 9,0
SÓLIDOS DISSOLVIDOS (SDT)	500 mg/l
TEMPERATURA ÁGUA	-----
TURBIDEZ	100 UNT

Fonte: organizado pelo autor *apud* CONAMA 357/2005*; (Consolidação 05, 2017)

Foram realizadas análises de DBO, DQO, OD, pH, Turbidez, Cor Verdadeira, CE, Nitrito (N-NO₂), Nitrogênio Amoniacal (N- NH₄), Fósforo (P), Temperatura

da Água e do Ar e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT). O parâmetro para Cianobactérias foi realizado somente na saída do reservatório, com uma avaliação temporal de 2015 a 2020.

Todas as coletas foram realizadas na superfície da coluna d'água e as análises foram realizadas conforme às normas técnicas definidas no *Standard Methods* e suas respectivas seções.

Os valores obtidos desses parâmetros podem indicar como está ocorrendo o manejo do uso do solo dentro da bacia hidrográfica e as possíveis alterações, fornecendo subsídios para a gestão da bacia hidrográfica (LOPES, 2019).

Durante a realização das coletas de campo, foram amostrados *in loco* os valores referentes ao parâmetro de OD e à temperatura da água, através de um único equipamento denominado oxímetro, devidamente calibrado, da marca YSI- 550 A. Na figura 11, é apresentado o equipamento oxímetro.

Figura 11 – Equipamento Oxímetro



Fonte: autor (2021)

Figura 12 – Registro fotográfico das atividades de campo



Fonte: autor (2021)

Na figura 12, apresentamos o registro de uma das atividades de campo, com coleta no ponto 01 (córrego do Cedro), medição de OD e temperatura da água no ponto 02 (córrego do Cedrinho), coleta no ponto 03 (rio Santo Anastácio) e coleta no ponto 04 (saída do reservatório).

No tocante à realização dos demais parâmetros, o pH foi realizado no equipamento peagâmetro, modelo Orion Star A221, através do método eletrométrico, de acordo com *Standard Methods For Examination of Water and Wastewater 23rd Edition* (2017), seções 4500 – A e B.

A Ce foi realizada no equipamento condutivímetro Orion Star A212, seções 2510 – A e B do *Standard Methods*.

A turbidez foi realizada no equipamento turbidímetro, modelo Hach 2100 AN – seções 2130 – A e B do *Standard Methods*.

As análises de Nitrato (N-NO_3) e Nitrito (N-NO_2) foram realizadas no equipamento espectrofotômetro, modelo CARY 50, de acordo com as seções 4500 – NO_3 A e B e 4500 – NO_2 A e B do *Standard Methods*.

Análises de DQO foram realizadas no equipamento espectrofotômetro, modelo DR – 2800, de acordo com as seções 5220 – A e D; as análises de DBO foram realizadas de acordo

com as seções 5210 – A e D do *Standard Methods*, através do método respirométrico e as leituras realizadas no equipamento sensor Oxitop.

As análises de Fósforo Total foram realizadas através do método 8190 – USEPA, adaptado pela Hach para uso do DR 6000, utilizando kit de reagentes Hach (ITR-RBOC, 2017).

As análises de Cianobactérias foram realizadas na saída do reservatório, com série temporal de 2015 a 2020, pelo laboratório de controle sanitário da Sabesp (RBOC), sendo esse um importante parâmetro para verificação da qualidade de água bruta captada para tratamento e distribuição à população.

De acordo com os resultados laboratoriais das análises, foi realizada uma avaliação da qualidade da água dos pontos selecionados, segundo os limites estabelecidos na legislação CONAMA 357/2005 para um rio classe 2.

4.3 Determinação de volume e estimativa da vida útil do reservatório

Para os estudos de análises de volume e vida útil do reservatório, foi realizado um levantamento de literatura pertinente sobre assoreamento de reservatórios e levantamento topobatimétricos, o que possibilitou o entendimento conceitual e a aplicação de técnicas para a realização das atividades do levantamento batimétrico do reservatório, bem como da estimativa da sua vida útil.

Para a realização da determinação do volume atual do reservatório, foi utilizado como referência o seu volume inicial, quando foi ampliado, em 1988, sendo um volume de 1.720.000 m³.

Para a realização do estudo batimétrico realizado no mês de junho/2021, foi utilizado um equipamento GPS de estação receptora GNSS, receptor modelo RTK COMNAV T300, e um barco a remo para fazer o levantamento das cotas de profundidade e do entorno da área. Essa atividade foi executada no decorrer de nove dias de levantamento.

O processamento dos dados foi realizado utilizando o Posicionamento de Ponto Preciso (PPP) do marco 03306777 que compõem o sistema brasileiro das bases do IBGE. Os dados foram trabalhados no software Auto CAD, para geração das cotas e o processamento dos dados volumétricos e de área foi feito no software métrica TOPO, como também a elaboração do perfil longitudinal, tendo sido adotada uma equidistância de vinte metros entre

as medições, através de interpolações das cotas realizadas a campo, todas localizadas com suas respectivas coordenadas.

Para delimitação da área visível assoreada no reservatório e a sua evolução ao longo dos anos, bem como da espacialização da área perdida, foi utilizada a ferramenta Google Earth, utilizando-se da ferramenta régua cronológica e da ferramenta polígono para vetorização e obtenção da medidas de área.

Nesse estudo, foi utilizada a batimetria associada às coordenadas obtidas com GPS, adotando-se a cota do vertedouro como Referência de Nível (RN), sendo utilizadas imagens do Google Earth para os períodos de 2014 a 2021, empregadas para a determinação da área do reservatório, perímetro e extração dos dados de morfometria. A partir da utilização da cota RN, foram definidas as cotas de fundo do reservatório obtidas com GPS no levantamento batimétrico.

Com essas informações, foi possível verificar a área comprometida do reservatório, através da relação Cota x Área x Volume.

Para a determinação da vida útil do reservatório, após os dados da batimetria, foi adotado o cálculo de vida útil por meio da equação 01, segundo Buffon (2006):

$$TV = (V * T) / S \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

TV = Tempo de vida útil do reservatório (anos)

V = Volume do reservatório (m³)

T = Tempo de comparação entre uma medida e outra (anos)

S = Material depositado em anos (m³)

Para determinação do tempo de detenção do reservatório, foram adotados os dados de vazão para o Córrego do Cedro, Cedrinho e rio Santo Anastácio, os quais foram obtidos através da regionalização hidrológica, que é um modelo matemático desenvolvido pelo DAEE SP (1988), fornecendo a vazão do Q_{7-10} ⁴ para cada ponto (NUNES, 2018, p.77):

Córrego do Cedro: => Q_{7-10} 84 L/s

Córrego Cedrinho: => Q_{7-10} 22 L/s

Rio Santo Anastácio => Q_{7-10} 557 L/s

⁴ É a vazão mínima de sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos (DAEE, 1988).

Para o cálculo da vazão total afluyente ao reservatório do rio Santo Anastácio, foi considerada a contribuição do córrego do Cedro, uma vez que a sua vazão, atualmente, adentra o reservatório; do mesmo modo não será considerada a vazão do Córrego Cedrinho, tendo em vista que a sua vazão não mais contribui com o reservatório. Dessa forma, a vazão que contribui para o reservatório do rio Santo Anastácio é de 641 L/s, valor que foi adotado para determinar o seu tempo de detenção hidráulico (TDH).

Esse tempo de retenção significa o número de dias necessários para que o reservatório possa atingir sua capacidade plena, mediante as vazões e precipitações. É um valor teórico, pois sua relação pode se alterar conforme o período do ano e conforme as variações de vazões e precipitações ocorridas nas áreas que contribuem para o reservatório (TUNDISI; MATSUMARA, 2008).

Para o cálculo do TDH, também denominado de tempo residência, taxa de retenção ou taxa de lavagem, foi adotada a equação 02 para o cálculo da vazão diária proposta por Sperling (1996) e, em seguida, usamos a equação 03 para determinação do TDH propriamente dito.

O cálculo da vazão diária ocorreu por meio da equação 02:

$$R = \frac{Q \text{ l/s} * 86.400 \text{ s/d}}{1000 \text{ (l/m}^3\text{)}} \quad \text{Equação 02}$$

O cálculo do tempo de retenção foi realizado por meio da equação 03:

$$R = V/Q \quad \text{Equação 03}$$

Onde:

R = Retenção

V = Volume

Q = Vazão

Para a determinação do volume sedimentável no reservatório, foram utilizados os resultados obtidos nas análises de SDT e adotada a equação 04, proposta por Sperling (1996).

O cálculo de carga de sedimentos foi realizado por meio da equação 04:

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{Concentração (g/m}^3\text{)} * Q \text{ (m}^3\text{/d)}}{1000 \text{ (g/kg)}} \quad \text{Equação 04}$$

(g/m³= mg/l)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico, abordaremos os resultados alcançados pelo estudo de acordo com os objetivos propostos, a formação histórica do município, a disponibilidade hídrica para o abastecimento público e a coleta e o tratamento dos esgotos da cidade de Presidente Prudente, que é o maior polo regional e a sede da 10ª Região Administrativa do estado de São Paulo, com o levantamento de dados históricos e atuais de como ocorreu essa evolução, desde sua fundação até o ano de 2021.

Também serão detalhados os dados obtidos com as análises qualitativas da água, bem como apresentados os dados obtidos com o levantamento topobatimétrico e sua aplicação na determinação da vida útil do reservatório do rio Santo Anastácio.

Vários trabalhos foram desenvolvidos na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio. Esses estudos demonstraram o grau de comprometimento das áreas de preservação permanente (APP), em razão da perda de vegetação face aos conflitos do uso do solo, conforme demonstram Arana *et al.* (2018), Dibieso (2006; 2013) e Okado; Leal (2018).

No tocante aos parâmetros de qualidade da água, alguns estudos limnológicos têm analisado diferentes perspectivas sobre o assunto. Nos estudos limnológicos realizados por Silva (2014), foram analisados os aspectos de qualidade da água do córrego Limoeiro, no município de Presidente Prudente, através de parâmetros de qualidade água. Constatou-se, através de uma análise temporal (2008 – 2013), melhoria na qualidade da água do córrego, cujos resultados apresentaram valores em conformidade com a legislação, principalmente nos parâmetros de DBO₅₋₂₀, DQO e OD. Essa melhora está relacionada com a coleta e o tratamento de esgotos, que foram implementados no município, deixando de serem lançados *in natura* nos corpos d'água.

Gonçalves *et al.* (2011) realizaram estudos correlacionando o uso e a ocupação da terra às interferências nos parâmetros químico e físico da água, analisando toda a bacia do rio Santo Anastácio. Nesses estudos, identificou-se que a área mais urbanizada se concentra no alto curso da bacia hidrográfica, o que a torna mais vulnerável, por ser a área onde se localizam suas nascentes, demandando mais atenção.

Sampaio (2018) realizou uma análise do uso da terra e seus efeitos sobre a qualidade da água no ribeirão Vai-e-Vem no município de Santo Anastácio. Os estudos tiveram como foco a sub-bacia hidrográfica do córrego Sete de Setembro, que possui parte de sua bacia hidrográfica inserida em área urbana. Os resultados de uso e cobertura da terra demonstraram presença de fábrica de rações para animais, confinamento de gado e o lançamento de esgotos

tratados junto à Estação de Tratamento de Efluentes no corpo hídrico. O estudo observou, ainda, assoreamento do leito do rio pela falta de vegetação ciliar e a alta suscetibilidade do solo à erosão, bem como elevados valores para o parâmetro Fósforo, Amônia e Condutividade elétrica nas águas do córrego Sete de Setembro. Apesar dos valores elevados de algumas variáveis das águas, os resultados apresentaram-se dentro dos limites exigidos para um córrego classe 4. Porém, sem possibilidade de uso de suas águas para fins mais nobres, como abastecimento público, dessedentação ou irrigação.

Nunes (2018) trabalhou com a correlação do uso da terra e a qualidade de água no alto curso do rio Santo Anastácio, utilizando-se dos dados de monitoramento da CETESB, no ponto STAN43, localizado na rodovia Assis Chateaubriand. Como sua análise se utilizou de modelagem matemática para determinar os volumes de cargas totais que adentram o reservatório, não foi possível fazer a validação dos dados, uma vez que, no ponto de monitoramento da CETESB, os valores estimados e os valores reais atestados pelas análises foram divergentes.

5.1 Formação do município e a disponibilidade hídrica para o abastecimento público

O município de Presidente Prudente, assim com os demais municípios que surgiram no mesmo período, teve origem em razão do movimento de colonização do “sertão bravio”, com o avanço da nova franja pioneira na conquista do Oeste de São Paulo. Homens que desafiaram uma natureza selvagem e inexplorada, sujeitos a toda a sorte de infortúnios, ataques de índios e das doenças associadas à floresta tropical brasileira, como por exemplo a febre amarela silvestre, a leishmaniose e a malária, sendo, esta última, uma das doenças que mais assolaram os que se aventuravam nessas florestas (MONBEIG, 1984).

[...] O estado geral de deficiência dos maleitosos e consequente má qualidade do efeito humano, são certamente, os tributos mais pesados que a franja pioneira paga à malária...A maioria do que tem maleita convive com a moléstia sem o saber e a importância dos danos que esta ocasiona é inestimável [...] (MONBEIG, 1984, p. 325).

Ao se aventurarem pelas matas do planalto paulista, esses desbravadores encontraram ocupantes nativos de várias etnias (Tupi-guarani, Jê, Xavante, Kaingang), que, comprimidos pela frente pioneira a Leste e com o rio Paraná a Oeste, viram-se encurralados em seu território, reagindo a essa pressão com ataques que ocorriam principalmente ao pôr do sol e ao amanhecer. Atacavam de surpresa sem chances de defesa dos colonos, que se fixavam em

pequenos grupos no ermo sertão do Paranapanema. Nesses ataques, os índios matavam mulheres, homens e os animais (mulas, bois e qualquer outra criação que houvesse), além de atear fogo às suas palhoças (LEITE, 1998, p. 43).

A forte reação dos colonos a esses ataques foi inevitável, com a criação das dadas (expedições que tinham por objetivo exterminar o “bugre ateu”), compostas por bandos de jagunços armados, cujo único objetivo seria limpar o território de forma a permitir a ocupação que já havia se iniciado, resultando em grande mortalidade dos indígenas (MONBEIG, 1984).

Com a expulsão dos habitantes nativos provocada pelas ações das expedições armadas, a ocupação do território se intensificou e, nesse cenário, destacou-se o mineiro José Teodoro de Souza, natural de Pouso Alegre, que conseguiu o primeiro título de posse, em 1856, obtido do vigário Modesto Marques Teixeira, na vila de Botucatu, com uma extensão de 60 km de frente por 150 km de fundo (MONBEIG, 1984, p. 134). Mediante a posse, ele trouxe seus parentes para iniciar a colonização e tomada de posse de sua vasta propriedade, com milhares de hectares e fronteiras bastante imprecisas, dado o pouco conhecimento que se tinha da região no período. O início dessa propriedade dava nas barrancas do rio Turvo, que possui suas nascentes nos municípios de Agudos e Bauru (LEITE, 1998).

É importante salientar que, após o ano de 1850, com a criação da lei de terras nº 601, instituída por D. Pedro II, pôs-se fim à aquisição de terras por posse ou doação, passando-se a regulamentar a propriedade privada da terra no Brasil, que a partir de então poderia ser adquirida somente mediante transação monetária, ou seja, aquisição por compra (FAUSTO, 2006).

Nesse contexto, com os avanços da colonização e com forte incentivo do governo federal, que tinha suas razões políticas e militares, ocorre o assentamento dos trilhos, que visava atingir o rio Paraná para garantir a expansão e o escoamento da produção de café, algodão e outras culturas das novas áreas, além de permitir melhor integração e controle estratégico do estado.

Até 1889, os trilhos da estrada de ferro Sorocabana estavam parados na vila de Botucatu e, com o avanço da frente pioneira, os trilhos começaram a avançar, atingindo Manduri, em 1906; Salto Grande, em 1910; e chegando a Presidente Prudente, em 1917 (LEITE, 1998).

Acompanhando a evolução da estrada de ferro, em 19 de janeiro de 1919, foi inaugurado o tráfego público na recém-construída estrada de ferro Sorocabana, que passou a integrar a região do extremo Oeste do estado às regiões mais avançadas que, até aquele momento, restringiam-se aos arredores de Bauru (CAMARGO, 2007).

Na figura 13 é apresentada a expansão da estrada de ferro em direção ao interior do estado de São Paulo.

Figura 13 – Expansão da estrada ferro



Fonte: CAMARGO (2007)

É importante destacar que, antes da chegada da estrada de ferro, em 1905, já havia aberta uma estrada boiadeira, que ligava Campos Novos do Paranapanema ao porto Tibiriçá (Presidente Epitácio), para facilitar o transporte do gado da região.

O município de Presidente Prudente foi fundado em 1917, como distrito de paz de Nossa Senhora da Conceição do Monte Alegre, e possui como fundadores o coronel Francisco de Paula Goulart e o coronel José Soares Marcondes. Foi elevado à condição de município de acordo com a lei estadual nº 1798, de 28 de novembro de 1921. O novo município possuía uma área de 15.600 km², limitando-se, ao Norte, com o divisor de águas do Aguapeí e Peixe; ao Sul, com o rio Paranapanema; a Leste, com os municípios de Campos Novos e Conceição do Monte Alegre; e, a Oeste, com o rio Paraná (LEITE, 1998, p. 36).

Em razão das características físicas de relevos acidentados e vertentes íngremes da vila fundada pelo Cel. Marcondes, denominada Vila Marcondes, a expansão da cidade naquele divisor ficou limitada. O contrário ocorreu com a vila criada pelo Cel. Francisco de Paula Goulart, que possuía melhores características físicas, com relevos suaves, o que proporcionou condições para que a cidade se desenvolvesse na direção Oeste.

Com a criação dessas duas vilas, já em 1920, Presidente Prudente possuía 1.097 habitantes, com sua economia baseada na plantação do café, o que, por sua vez, atraía colonos para a região em busca de oportunidades (ABREU, 1972).

As primeiras fazendas implantadas se tornaram produtoras de café. Como se tratava de uma terra virgem, a região possuía inicialmente uma boa fertilidade do solo e esse panorama perdurou até a década de 30. Após a crise de 1929, que trouxe fortes reflexos para o Brasil com a queda do preço do café no cenário mundial, os produtores viram-se também atingidos (CAMARGO, 2007).

Nesse panorama, desponta uma nova lavoura, no caso, o algodão, que foi substituindo as antigas plantações de café e trazendo um novo perfil ao cenário industrial, uma vez que começaram a se estabelecer na cidade e na região empresas de beneficiamento de algodão, como o grupo Matarazzo, e empresas estrangeiras, como a Anderson Clayton exportadora do produto (ABREU, 1972, p. 142).

Paralelamente ao algodão, ocorriam as produções de milho, feijão, arroz, batata e criação de gado. Todas essas culturas criaram novas demandas e novas indústrias para seu beneficiamento.

Para fazer frente às demandas e à infraestrutura básica, em 1924, foi implantada a geração de energia elétrica pela Cia Marcondes de Colonização, através de uma pequena usina termelétrica instalada na serraria Bom Jesus, que fornecia energia através de um dínamo do anoitecer até às 22h00.

Em 1928, foi criada a empresa elétrica Presidente Prudente LTDA, passando a se chamar Cia Elétrica Cayua, em 1930. Seus fundadores foram Joao Gonçalves Foz e Francisco Machado de Campos⁵ (CAMARGO 2007, p. 50).

Após um incêndio, ocorrido em 1930, foi construída, no distrito de José Teodoro, atual município de Martinópolis, a usina hidrelétrica Laranja Doce. Essas novas condições permitiram um maior desenvolvimento das atividades econômicas do comércio, das indústrias e do cinema. Na década de 60, começaram a se instalar os primeiros frigoríficos, curtumes e fábricas de calçados, levando a cidade a despontar no cenário regional, tornando-se um grande centro comercial (ABREU, 1972).

Atualmente, embora possua diversos tipos de culturas, duas atividades se destacam fortemente no cenário regional, sendo a criação de gado e a monocultura da cana-de-açúcar,

⁵ www.presidenteprudente.gov.br- história de Presidente Prudente (acesso em: 20/06/2020).

que dominam as paisagens do município prudentino e provocaram alterações nas propriedades rurais.

[...] com a chegada da pecuária extensiva, grandes propriedades foram formadas, praticamente eliminando as pequenas propriedades. Este quadro fez com que o pequeno produtor saísse do campo em busca de oportunidades melhores no núcleo urbano de Presidente Prudente, ou ainda em outras cidades (CAMARGO, 2007, p. 60).

O rebanho bovino, assim como os demais animais, era criado nas propriedades rurais, tanto para o manejo do rebanho como para consumo e vendas diretas, realizadas principalmente nas pequenas propriedades. A tabela 3 apresenta como estão distribuídos esses rebanhos nas propriedades.

Tabela 3 – Estabelecimentos rurais e quantidade de animais.

TIPO	NÚMERO ESTABELECIMENTOS	DE QUANTIDADE CABEÇAS
PECUÁRIA	427	57.550
EQUINOS	45	3.000
MUARES	4	8
GALINÁCEOS	79	13.000

Fonte: organizado pelo autor *apud* IBGE (2018)

Presidente Prudente, por seu forte destaque no cenário regional e sua polarização de bens de serviços e demais atividades industriais, tornou-se sede da décima Região Administrativa do Estado de São Paulo, classificada como uma mesorregião geográfica que possui características e similaridades econômicas e sociais em comum, sendo subdividida em três microrregiões:

- Região de Adamantina
- Região de Dracena
- Região de Presidente Prudente (sede da 10ª região administrativa)

A décima região administrativa é composta por 53 municípios distribuídos dentro das três regiões de governo citadas, com uma população total de 902.328 habitantes ocupando uma área total de 23.779.11 km² (IBGE, 2020). A figura 14 ilustra a distribuição das regiões administrativas do estado de São Paulo.

Figura 14 – Regiões Administrativas do Estado de São Paulo



Fonte: IBGE (2020)

5.2 O abastecimento público e o esgotamento sanitário no município de Presidente Prudente

Desde a sua fundação, Presidente Prudente enfrentou sérios problemas de ordem sanitária, pela ausência de recursos financeiros para investimentos no sistema de abastecimento de água e no de coleta e tratamento de esgotos. O sítio onde se instalou a cidade não possuía boas características hidrogeológicas para que pudesse garantir o fornecimento de água potável subterrânea em quantidade suficiente ao atendimento das necessidades da população.

O município de Presidente Prudente tem seu território inserido em duas unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI), as quais são denominadas de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Aguapeí e Peixe (UGRHI-21) e Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22).

Por sua posição geográfica, 70% do abastecimento público da cidade de Presidente Prudente ocorre através da transposição das águas do rio do Peixe, que possui sua captação localizada dentro do município de Nova Guataporanga, pertencente à unidade de gerenciamento UGRHI 21, que está inserida dentro do comitê de bacias hidrográficas Aguapeí e Peixe (CBH-AP).

5.2.1 Primeiras fontes para abastecimento público

A localização de dados referentes ao período inicial da cidade de Presidente Prudente no que tange à implantação do sistema de abastecimento é extremamente difícil, em razão da falta de material e da dificuldade de acesso àqueles existentes.

Quando da sua fundação, por não contarem com um sistema de abastecimento de água canalizada, os moradores eram obrigados a escavar seus poços caipiras para atender às necessidades diárias de água para os devidos fins domésticos e outros. As condições sanitárias do município eram críticas, sendo comum a presença de doenças veiculadas pela falta de saneamento básico e a baixa qualidade da água, como a febre amarela, verminoses e tifo. Estas doenças acometiam a população, sobretudo as crianças, o que diminuía a qualidade de vida, refletindo sobre a capacidade da força de trabalho das pessoas em geral (ANANIAS, 2012).

Muitos problemas surgiram junto com o município, dentre eles, o sério problema de abastecimento público. Conforme demonstra a manchete do jornal local (A voz do povo), que publicou alguns trechos de um artigo do Dr. Marcelo Soares Guimarães, médico da Inspetoria Sanitária que denunciava a calamidade gerada pela falta de abastecimento de água tratada para a saúde da população:

[...] Cinquenta por cento dos doentes desta cidade sofrem de afecções de aparelho digestivo.

Os casos de diarreias amebiana e bacilar são frequentes. O tifo é um fantasma de todos os dias. O médico que reside em Presidente Prudente, em pouco tempo torna-se um mestre em tifo tal prática que adquire; não é raro, nos verões, atender um quadro clínico de quatro ou cinco tifosos num só dia. Nos primeiros cinco meses de 1931, houve 40 casos de tifo, com oito óbitos.

Relativamente às crianças, a mortalidade é assombrosa. A ignorância nestes assuntos aliada a impossibilidade de uma higiene relativa, são os fatores da mortalidade infantil. E porque tudo isso? A grande porosidade dos dejetos lançados nas fossas; absorvida vão ao lençol d'água superficial e cada poço que se abrir será uma filial da fossa. Não é pois, uma água potável a que bebemos em Presidente Prudente. Prudente é francamente uma cidade higienicamente inabitável [...]. (GUIMARÃES, s/p, 1931).

O aumento populacional obrigou o município a adotar políticas para implementar um sistema de captação e distribuição de água, bem como a coleta dos esgotos.

5.2.2 Implantação do sistema de abastecimento de água e coleta de esgotos em Presidente Prudente

Na década de 1930, Presidente Prudente contava com 6.000 habitantes, com o aumento populacional, a utilização de fossas negras não mais resolvia o problema de esgotamento sanitário e o município não possuía condições técnicas e nem financeiras de implementar um sistema de abastecimento público adequado na cidade. A solução foi possível somente em 1934, quando o governador do estado, através do decreto nº 6.377, de 04 de abril de 1934, complementado pelo decreto nº 7.175, de 31 de maio de 1935, concede financiamento a obras necessárias para a implantação de serviços de água e esgotos em todas as cidades paulistas. O prefeito da época, o Sr. Felício Tarabai, solicitou a elaboração de um estudo de viabilidade para a implantação dos serviços de água e esgoto no município, a fim de utilizar os recursos que seriam liberados pelo governo do estado. O Dr. Alvino Gomes Teixeira, então diretor de obras públicas do município, encaminhou ao departamento da Administração Municipal os estudos realizados na cidade para pleitear os recursos necessários para a implantação do sistema de abastecimento de água. As obras para implementação do sistema de abastecimento iniciaram-se em 27 de dezembro de 1934 e a inauguração do sistema de água se deu no dia 18 de fevereiro de 1938, com a abertura do registro do primeiro reservatório da cidade, localizado na Vila Marcondes, ao lado da igreja Nossa Senhora Aparecida (ABREU, 1972).

A captação de água era realizada através de quatro poços artesianos com profundidade entre 180 e 200 metros, que se situavam a um quilômetro do centro da cidade, com uma vazão total de 950 m³ a cada 24 horas e sua produção era armazenada em quatro reservatórios que totalizavam uma capacidade de 1.200 m³.

Em 1944, de acordo com levantamentos estatísticos do município, a cidade possuía uma extensão de 1.650 metros de rede adutora e 23 mil metros de rede de distribuição de água, aproximadamente 800 imóveis estavam conectados à rede de água e 580 conectados à rede coletora de esgotos, que contavam com 17 mil metros de coletores (ANANIAS, 2012).

Nas décadas seguintes, com a criação do Departamento de Águas e Esgotos municipal (DAE), ocorrida através do decreto municipal nº 834, de 27 de dezembro de 1967, buscou-se sanar os problemas do município referentes à implementação das redes de água e esgotos, que foram avançando até a assunção dos serviços pela Sabesp, em 1978 (ANANIAS, 2012, p. 53).

Ressalta-se que, ao longo desse período, foi realizada somente a coleta de esgotos, que eram lançados diretamente nos fundos de vales e rios urbanos, pois não se realizava o tratamento desses efluentes, o que só veio a ocorrer em setembro de 2004 com a inauguração da Estação de Tratamento de esgotos – ETE Limoeiro (SABESP, 2017).

A tabela 4 apresenta como ocorreu a evolução das redes de água e esgotos, bem como a evolução das respectivas ligações e o crescimento populacional no município de Presidente Prudente.

Tabela 4 – Evolução do sistema de saneamento básico de Presidente Prudente

ANO	REDE ESGOTO	REDE ÁGUA	LIGAÇÕES ÁGUA	LIGAÇÕES ESGOTO	POPULAÇÃO
1944	17.000	23.000	800	580	12.637
1977	212.121	254.892	20.897	14.365	105.696
1996	539.847	643.725	55.352	50.764	221.500
2000	606.000	694.000	62.780	60.825	206.340
2010	709.717	809.728	70.328	69.697	207.610
2015	753.321	868.852	81.112	80.642	222.192
2020	850.119	1.083.067	84.441	84.233	228.743
2021	858.167	1.093.940	89.987	89.376	231.953

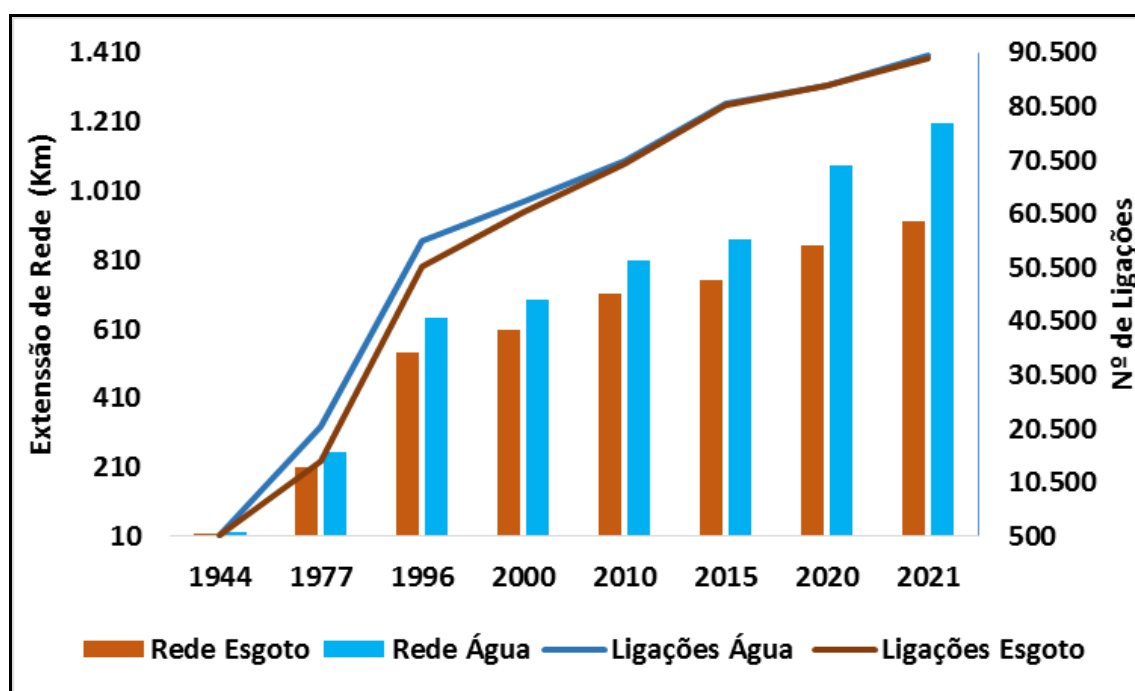
Fonte: elaborado pelo autor *apud* Sabesp (2021); Plano Sanitário (1972).

A implantação e a expansão das redes de água e esgotos apresentadas na tabela 4 demonstram o contínuo crescimento da malha de distribuição de rede de água e coleta de esgotos, bem como o acesso da população a esses serviços disponibilizados através das conexões das ligações de água e esgotos às redes existentes.

É importante destacar que essa melhoria na infraestrutura reflete diretamente nos indicadores de saúde do município, reduzindo a taxa de mortalidade infantil e a incidência de doenças veiculadas pela ausência de água tratada e coleta de esgotos.

A figura 15 ilustra a expansão das redes de água e esgotos e o crescimento da população do município no período de 1944 a 2021.

Figura 15 – Expansão do Sistema de Água e Esgotos de Presidente Prudente



Fonte: elaborado pelo autor *apud* Sabesp (2021).

Na figura 15 é possível visualizar que, na década de 1940, o município apresentava baixíssimos níveis de cobertura tanto de abastecimento de água quanto de coleta de esgoto sanitário. Posteriormente, esse cenário apresenta saltos quantitativos relevantes, como o crescimento do número de ligações de água e esgotos, de forma gradual e harmônica, com algumas alterações seguindo-se a um ligeiro aumento nas ligações de água nos anos de 2020 e 2021.

5.2.3 Rio Mandaguari – primeiro manancial superficial

Com a expansão e o aumento populacional de Presidente Prudente, o sistema de captação através de poço artesiano não atendia mais à demanda da cidade. Por este motivo, na década de 1940, foi implantado o primeiro manancial superficial para abastecimento público, sendo este o rio Mandaguari. A sua linha de adução foi executada no mandato do prefeito Pedro Furquim (1948-1951). O rio Mandaguari é afluente direto do rio do Peixe, a sua captação tinha uma vazão de 250 m³/h e a água era aduzida por 10 km até chegar ao ponto de tratamento, onde se localiza a Associação Desportiva da Polícia Militar (ADPM), no Jardim

Itapura II, zona leste da cidade e encaminhada até ao reservatório da Vila Marcondes para distribuição à população (ABREU, 1972).

O rio Mandaguari foi o principal manancial da cidade até a década de 1960. Nesse período, Presidente Prudente contava com uma população de 72.782 habitantes, e a capacidade de abastecimento público não atendia às demandas requeridas, levando o município a procurar nova alternativa de manancial. Nesse contexto, o rio Santo Anastácio possuía as condições necessárias para o atendimento das novas demandas (ANANIAS, 2012).

5.2.4 Construção do reservatório no rio Santo Anastácio

Frente à necessidade de expansão do sistema de abastecimento público, fazia-se necessária a realização de novos investimentos pelo município. Nos meados da década de 1960, cerca de 4.600 pequenas residências continuavam a se servir de poços escavados (caipiras), que, de acordo com análises realizadas pelo Instituto Adolfo Lutz, apresentavam poluição por elevados índices de coliformes fecais. Somente as residências localizadas na região central da cidade tinham acesso à água canalizada, mesmo assim, com deficiência. Dessa forma, esperava-se que, com a construção da nova captação no rio Santo Anastácio, esse problema fosse solucionado.

O prefeito Watal Ishibashi, em 1968, deu início à construção do novo reservatório, aproveitando também seus afluentes, o córrego do Cedro e o córrego do Cedrinho. A nova obra proporcionaria uma vazão de 80 l/s e o projeto contemplava também a construção de uma nova ETA (ANANIAS, 2012).

A distância do novo manancial até a cidade era de 11 quilômetros e foi necessária a construção de uma adutora em ferro fundido de 600 mm e de uma estação elevatória de água bruta (EEAB) composta por três conjuntos de moto bombas, utilizadas para recalcar a água até a ETA, vencendo um desnível geométrico de 100 metros (SABESP, 1986).

5.2.5 Transição da operação dos serviços de água e esgoto do município

A década de 70 foi um marco na história do abastecimento público na cidade de Presidente Prudente. Em 1978, o município assina um contrato de concessão de 30 anos com a Sabesp, que passa a operar o sistema. O quadro que se apresenta é crítico, pois a cidade

novamente enfrenta graves problemas de abastecimento. A obra idealizada pelo prefeito Watal Ishibashi – que deveria manter a cidade por um século – não suportou duas décadas e o problema do desabastecimento retornou novamente.

Antes de assumir os serviços, a Sabesp inicia a construção de um reservatório pulmão na ETA, com o objetivo de amenizar a grave falta d'água na cidade. O reservatório tinha capacidade de reserva de 4.000 m³, o que, segundo os dirigentes do DAE representava o primeiro passo para a solução do problema de falta de água na cidade (ANANIAS, 2012).

Concomitante a esta obra, a empresa elabora um novo projeto para a construção de um reservatório de distribuição na Vila Formosa. A obra serviria como reforço de abastecimento, já que a distribuição era feita pelos reservatórios elevados da Praça dos Pioneiros, do Jardim Aviação e da Vila Marcondes.

Presidente Prudente, nesse período, segundo dados do censo IBGE de 1980, possuía 136.849 habitantes, que não dispunham ainda de um abastecimento contínuo. Algumas vilas mais afastadas ainda não tinham acesso à água tratada, como a Vila Nova Prudente, situação que é exemplificada por matéria jornalística da época transcrita abaixo:

[...] O prefeito solucionou o problema utilizando uma canalização do recinto de exposições, até a proximidade do local onde foi construído o aterro sanitário. Inicialmente será instalada uma bica com várias torneiras, o poço que usavam estava contaminado [...] (O IMPARCIAL, 1978, p. 01).

Essa manchete evidencia a precariedade do sistema. Em razão da configuração urbana do município, a distância se torna um complicador, tendo em vista o elevado custo de implantação de redes de água e esgotos.

5.2.6 A crise hídrica de 1985 e seus reflexos no abastecimento público

No ano de 1985, o município de Presidente Prudente e região passaram por uma estiagem que durou cerca de seis meses, ocasionando enormes problemas para o abastecimento público da cidade. Historicamente, esse foi um ano extremamente seco com um total anual acumulado de 841,9 mm, o menor volume registrado na série histórica desde 1969 (AMORIM, 2005).

A situação foi tão grave que a Sabesp iniciou, no começo do mês de novembro de 1985, um sistema de intermitência de água na cidade, procedendo com cortes no fornecimento de 12 horas consecutivas, que atingiram todos os bairros alternadamente (dia sim/dia não).

Essa medida foi tomada em caráter de emergência para se evitar um colapso no sistema de abastecimento duramente castigado pela longa estiagem (SABESP, 2017).

A medida mais importante e de maior destaque durante o período de crise foi o estado de calamidade pública decretado pelo prefeito Virgílio Tiezzi Júnior, dias após a Sabesp ter decretado estado de emergência. O decreto previa o confisco dos poços existentes no município, o confisco de todos os caminhões pipas particulares, além do uso de lacres em registros de residência e postos de serviços que estivessem desperdiçando água com lavagem de carros, calçadas, ruas, quintais, bem como a proibição de banhistas no balneário da Amizade (ANANIAS, 2012).

O reservatório do rio Santo Anastácio, principal manancial de Presidente Prudente, baixou seu nível em aproximadamente de 2,20 metros. Foi nesse cenário que se realizaram as obras para instalação de uma nova captação de água bruta no balneário municipal da Amizade, localizado na divisa do município de Presidente Prudente com Álvares Machado, na bacia hidrográfica do Alto Limoeiro, até então utilizado para recreação (SABESP, 2017).

O problema da escassez hídrica foi solucionado com o início das chuvas em janeiro de 1986; mas, deixou clara a necessidade de se buscar um novo sistema produtor. Ficou evidente que o reservatório do rio Santo Anastácio seria incapaz de suprir a demanda da cidade, principalmente em períodos de eventos extremos de estiagens, como ficara comprovado.

Dessa forma, a Sabesp iniciou estudos para a ampliação do reservatório do rio Santo Anastácio, cujo projeto técnico foi elaborado em 1986, bem como desenvolveu estudos para a criação de uma nova captação de água bruta.

Em 1988, o reservatório foi ampliado, passando a contar com um volume de reservação de 1.720.000 m³. Também foi realizada a substituição dos conjuntos de motobombas existentes, visando aumentar a vazão do envio de água para a ETA (SABESP, 1986).

A figura 16 ilustra a captação do rio Santo Anastácio após a ampliação do reservatório.

Figura 16 – Captação do rio Santo Anastácio



Fonte: Sabesp (2017)

5.2.7 A implantação do sistema de captação de água do rio do Peixe

As propostas para a construção de uma nova captação de água bruta giravam em torno de se captar água no rio Paranapanema, Laranja Doce ou no rio do Peixe. Os estudos realizados na bacia hidrográfica do rio do Peixe demonstraram que o manancial deveria garantir o abastecimento da cidade até o ano de 2016, somado aos mananciais do rio Santo Anastácio e do Balneário da Amizade. Com base nesses estudos, o rio do Peixe foi o local escolhido para a construção da nova captação (SABESP, 1986).

A captação do rio do Peixe foi inaugurada no dia 19 de setembro de 1998, sendo composta por uma estação de captação superficial e duas EEAB, uma localizada próximo ao rio do Peixe e a outra no distrito de Eneida. A sua linha de adução possuía diâmetro de 800 mm em ferro fundido e extensão de 41.426 metros. A captação passou a responder por 70% do abastecimento da cidade. Para tratar esse aumento no volume produzido, a ETA passou por uma reestruturação em 1997 e dobrou sua capacidade de tratamento de 350 l/s para 780 l/s; posteriormente, foi instalado nos decantadores um sistema de alta taxa para elevar a capacidade de tratamento, o que permitiu com que se chegasse à capacidade de tratamento de

934 l/s. O total investido na obra da captação e ampliação da ETA foi de R\$ 36,5 milhões de reais (SABESP, 2017).

A captação do rio do Peixe, apresentada na figura 17, foi a responsável para que a cidade de Presidente Prudente não tenha sentido a crise hídrica que assolou o país nos anos de 2014, 2019 e 2021. De acordo com o relatório de conjuntura elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 48 milhões de pessoas foram afetadas por eventos de seca e estiagens no país entre 2013 e 2016 (ANA, 2017).

Figura 17 – Captação do rio do Peixe



Fonte: Sabesp (2017)

A vazão de $Q_{95\%}$ do rio do Peixe no ponto de captação – de acordo com o atlas da água da ANA – é de 21.457,73 L/s; e a vazão retirada pela Sabesp é de 555 L/s, demonstrando uma boa quantidade disponível no manancial (ANA, 2019).

Com o início da operação do sistema rio do Peixe, foram desativados 26 poços artesianos que ainda reforçavam o sistema de produção de Presidente Prudente, conforme demonstrado no quadro 4.

Permaneceram em operação até o ano de 2010: o poço número 14, que operava próximo ao balneário da Amizade e enviava a produção para o reservatório da COHAB, e os poços número 20 e 21, que operavam no bairro Shiraiwa e foram desativados em 2014 (SABESP, 2017).

Quadro 4 – Poços artesianos desativados em Presidente Prudente

Poços	Aquífero	Situação		Coordenadas UTM KM	
		Desativado	Tamponado	N	E
P1	Grupo Bauru	X		22°4'33,48"S	51°21'45,43"O
P2	Grupo Bauru		X	7.553,60	457,4
P3	Grupo Bauru	X			
P4	Grupo Bauru		X	7.553,20	457,61
P5	Grupo Bauru		X	7.552,12	457,85
P6	Grupo Bauru		X	7.551,65	458,2
P7	Grupo Bauru		X	7.552,35	461,2
P8	Aquífero Guarani	X			
P9	Formação Adamantina		X	7.552,45	461,75
P10	Formação Adamantina		X	7.553,00	461,75
P11	Formação Santo Anastácio		X	7.553,15	461,25
P12	Formação Santo Anastácio		X	7.552,49	461,81
P13	Grupo Bauru		X	7.555,79	454,56
P14	Grupo Bauru		X	7.556,20	454,5
P15	Grupo Bauru		X	7.555,75	454,35
P16	Formação Santo Anastácio		X	7.555,40	454,15
P17	Adamantina/ Santo Anastácio		X	7.556,87	454,63
P18	Adamantina/ Santo Anastácio		X	7.556,95	455,91
P19	Adamantina/ Santo Anastácio		X	7.553,10	454,1
P20	Adamantina/ Santo Anastácio		X	7.552,64	455,11
P21	Adamantina/ Santo Anastácio		X	7.555,95	461,3
P22	Adamantina/ Santo Anastácio		X	7.555,95	460,9
P23	Adamantina/ Santo Anastácio		X	7.551,50	455,35
P24	Formação Adamantina		X	7.556,80	459,9
P25	Formação Adamantina		X	7.557,51	459,55
P26	Formação Adamantina	X			

Fonte: Sabesp (2017)

O município de Presidente Prudente possui uma completa infraestrutura de abastecimento de água e coleta de esgotos, tanto na sede como nos seus respectivos distritos de Ameliópolis, Eneida, Floresta do Sul e Montalvão. Os distritos de Ameliópolis e Floresta do Sul tiveram seus sistemas de coleta e tratamento de esgotos inaugurados no ano de 2019.

Todas as localidades possuem um sistema 300%, ou seja, possuem 100% de água tratada, 100% de coleta e 100% de tratamento de esgotos.

Na sede, a região da zona leste foi integrada ao sistema de tratamento de esgotos em 2010, com a construção de duas estações elevatórias de esgotos (EEE), responsáveis por fazer a reversão dos esgotos coletados naquela região até a estação de tratamento de esgotos Limoeiro, que, além de Presidente Prudente, também recebe os efluentes da cidade de Álvares Machado (SABESP, 2017).

O quadro 5 sintetiza os dados de saneamento referentes ao abastecimento de água e tratamento de esgotos da cidade de Presidente Prudente e seus respectivos distritos.

Quadro 5 – Sistema de distribuição de rede de água/esgoto de Presidente Prudente

DADOS DO SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO DE PRESIDENTE PRUDENTE E DISTRITOS						
	Ano	P. Prudente	Montalvão	Floresta Sul	Eneida	Ameliópolis
L- Água	2010	809.728	9.001	6.378	2.983	2.174
L- Esgoto		709.717	13.688	0	5.303	0
Ligações Água		70.328	697	509	254	169
Ligações Esgoto		69.697	670	0	246	0
Q nominal l/s		934	5,09	5,79	1,85	3,47
L- Água	2015	868.852	9.269	6501	2.983	2.300
L- Esgoto		753.321	13.688	0	5.303	0
Ligações Água		81.112	832	558	272	184
Ligações Esgoto		80.642	798	0	260	0
Q nominal l/s		934	5,09	5,79	1,85	3,47
L- Água	2020	1.083.067	9.269	6.904	2.993	2.403
L- Esgoto		850.119	13.688	14.163	6.097	5.430
Ligações Água		84.441	866	567	269	185
Ligações Esgoto		84.233	840	520	257	163
Q nominal l/s		934	5,09	5,79	4,72	3,47
L- Água	2021	1.207.862	9.506	6.904	2.993	2.403
L- Esgoto		920.057	13.688	14.163	6.097	5.430
Ligações Água		87.255	882	570	271	187
Ligações Esgoto		86.853	857	525	259	165
Q nominal l/s		934	5,09	5,79	4,72	3,47
* L= Extensão Rede		*Q= Vazão				

Fonte: Sabesp – Dados Operacionais (2019), Informações gerenciais (2021), organização do autor (2021).

Conforme demonstrado, a sede do município ultrapassa o número de mil quilômetros em tubulações de redes de água instalada, evidenciando a expansão do sistema implantado e a cobertura dos serviços.

Nos distritos, o abastecimento da população ocorre através de sistemas de poço profundo. Em face da pequena população residente, isso permite e viabiliza essa solução de abastecimento.

A única alteração diz respeito ao distrito de Eneida, que apresenta um acréscimo na produção nominal do sistema, pois foi perfurado um novo poço profundo com maior vazão, visando garantir maior segurança no abastecimento de água, uma vez que o antigo poço não estava suprindo a demanda da população.

5.2.8 Contribuição do reservatório do rio Santo Anastácio para a demanda urbana de Presidente Prudente

As constantes e cíclicas crises no abastecimento público, observadas desde a fundação do município de Presidente Prudente, nos permitem identificar a recorrência de indisponibilidade hídrica num espaço temporal cíclico de vinte anos, em função do aumento populacional e do esgotamento dos mananciais disponíveis. A última crise vivenciada pela população prudentina foi em 1985, com o rebaixamento do reservatório do rio Santo Anastácio.

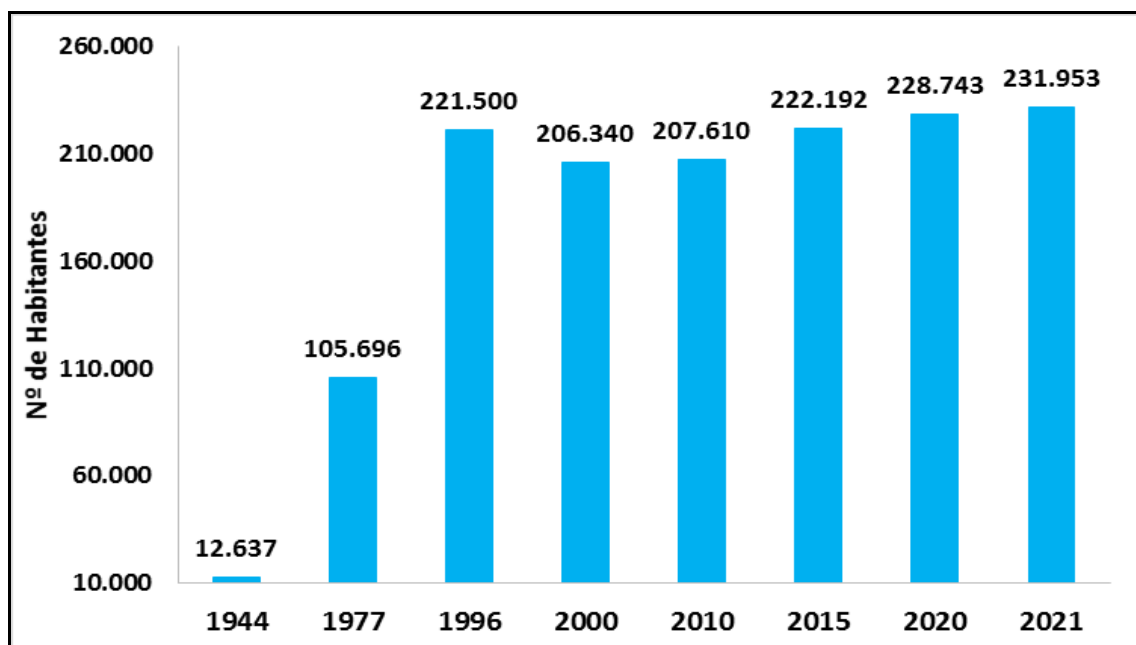
É importante entender nesse cenário o papel da segurança hídrica, fundamental para que qualquer cidade possa se desenvolver. Neste tópico será abordado o volume mensal produzido para o atendimento das demandas urbanas, como também será analisada a disponibilidade do reservatório em atender essa necessidade, observando-se o seu percentual correspondente.

Após sua ampliação em 1988 e o início da operação do sistema de transposição do rio do Peixe, não houve mais problemas de desabastecimento urbano, embora o país tenha vivenciado severas crises hídricas, como as registradas em 2014, 2019 e 2021. Nesta última, os mananciais apresentaram uma redução de vazão acentuada, acendendo um sinal de alerta.

Por ser o município mais populoso dentro da UGRHI 22, Presidente Prudente representa 44,45% da população total da unidade, o que significa uma forte pressão sobre o manancial do rio Santo Anastácio. Ao analisarmos a disponibilidade hídrica per capita da UGRHI 22, segundo o relatório de situação do ano base de 2020, ela representa uma

disponibilidade de 5.795 m³/hab./ano, porém, com a concentração da população na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio (CBH-PP, 2020).

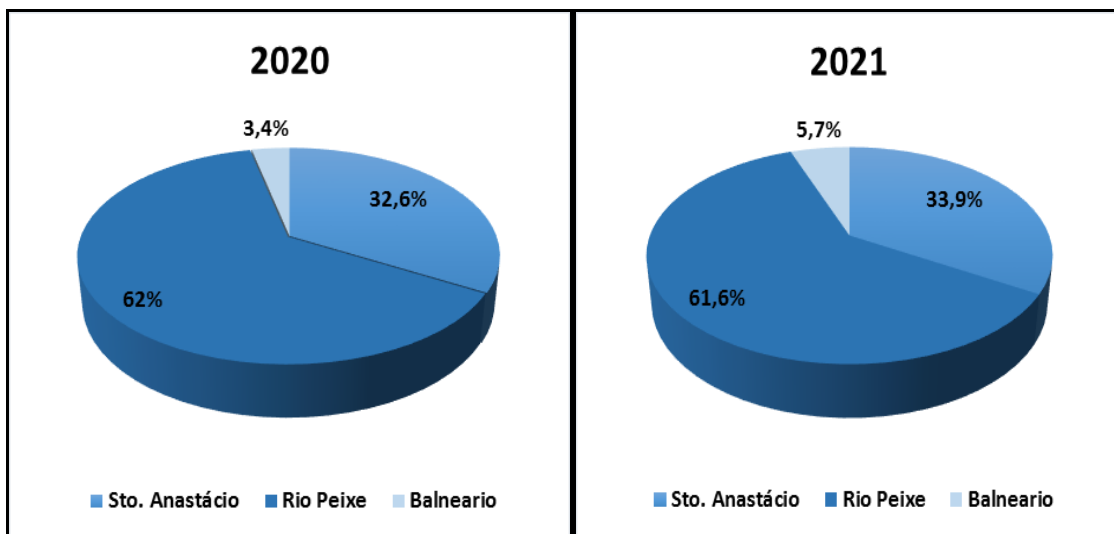
Figura 18 – Crescimento populacional de Presidente Prudente



Fonte: organização do autor *apud* Base dados IBGE

A concentração populacional de Presidente Prudente reforça ainda mais a necessidade de preservação dos mananciais utilizados para o abastecimento público.

Na figura 19, observamos que o reservatório do rio Santo Anastácio respondeu, no ano de 2020, por 32,6% do volume produzido na ETA e, em 2021, por 33,9% do volume total produzido para o abastecimento público de Presidente Prudente.

Figura 19 – Volume captado para abastecimento público por manancial

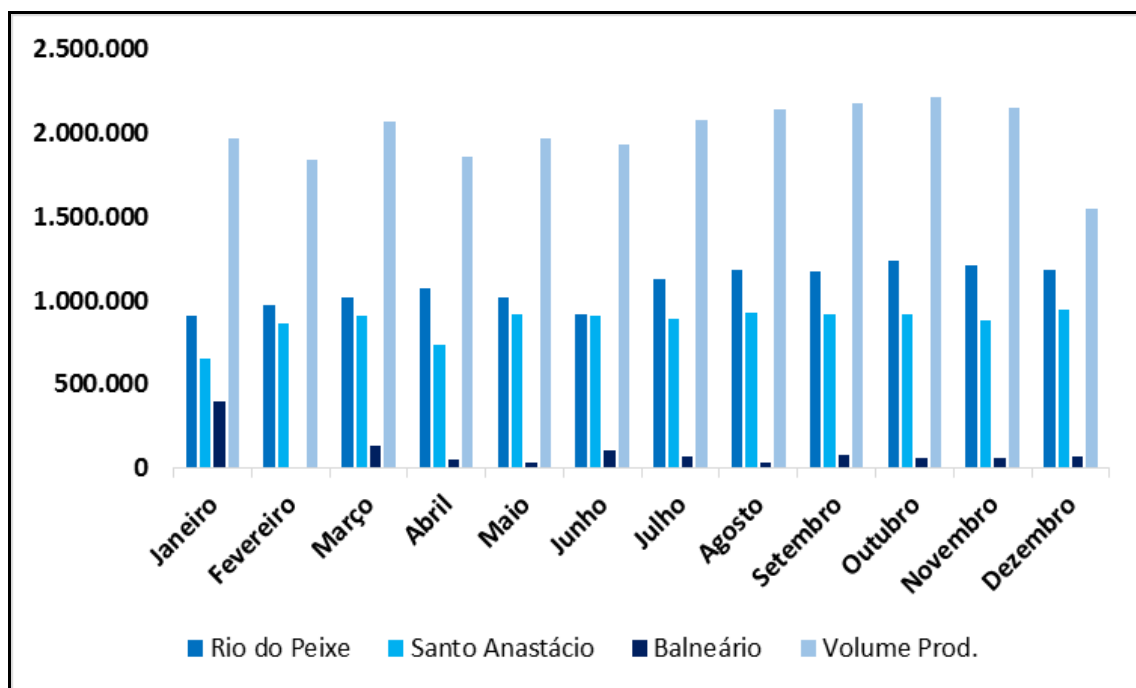
Fonte: elaborado pelo autor *apud* Sabesp (2020; 2021).

Do volume consumido diariamente pela população prudentina, o volume fornecido pelo reservatório do rio Santo Anastácio corresponde ao atendimento de uma população de 76.544 habitantes. Se fosse uma cidade, essa seria a segunda maior população dentro da UGRHI do Pontal do Paranapanema.

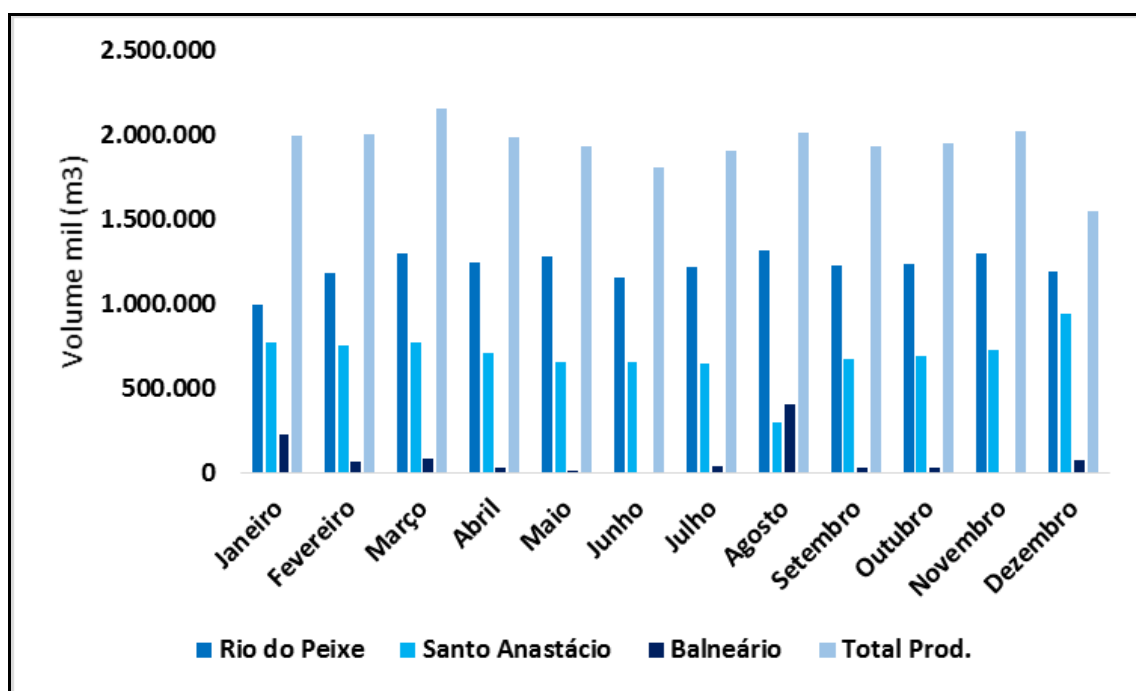
Esse dado, por si só, dá a dimensão da importância e envergadura da capacidade de atendimento em relação ao abastecimento público desse manancial, bem como da extrema necessidade da sua conservação, de forma que ele possa continuar exercendo a função para a qual foi destinado: fornecer água em qualidade e quantidade para a população prudentina.

O consumo médio diário da população apresenta algumas oscilações que se associam às questões de clima e temperatura, e com as oscilações sazonais, nos períodos mais quentes do ano, o volume produzido apresenta maiores valores. O mesmo ocorre quando há ocorrências de chuvas e quedas de temperatura, com os menores consumos registrados no período de inverno.

As figuras 20 e 21 apresentam o volume mensal produzido na ETA de Presidente Prudente para os anos de 2020 e 2021 e a respectiva contribuição por manancial.

Figura 20 – Volume produzido mensal m3 (2020)

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Sabesp (2020)

Figura 21 – Volume produzido mensal m3 (2021)

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Sabesp (2021)

O volume médio produzido transita na ordem de 1.996.000 m³/mês e, na média, possui um consumo diário na ordem de 66.561 m³.

No ano de 2021, com mais uma severa estiagem e uma crise hídrica que se destacou no cenário nacional, o reservatório apresentou baixa no nível de reservação jamais observada desde sua ampliação ocorrida em 1988.

Para o mês de jun./2021, conforme acompanhamento e controle de nível realizado pela Sabesp no manancial, no dia 02 de junho, registrou a marca de 78 cm negativo e no dia 31 de dezembro, 93 cm negativo. Essa queda acentuada levou a operadora a diminuir a exploração do manancial para que houvesse condições para a recuperação de nível.

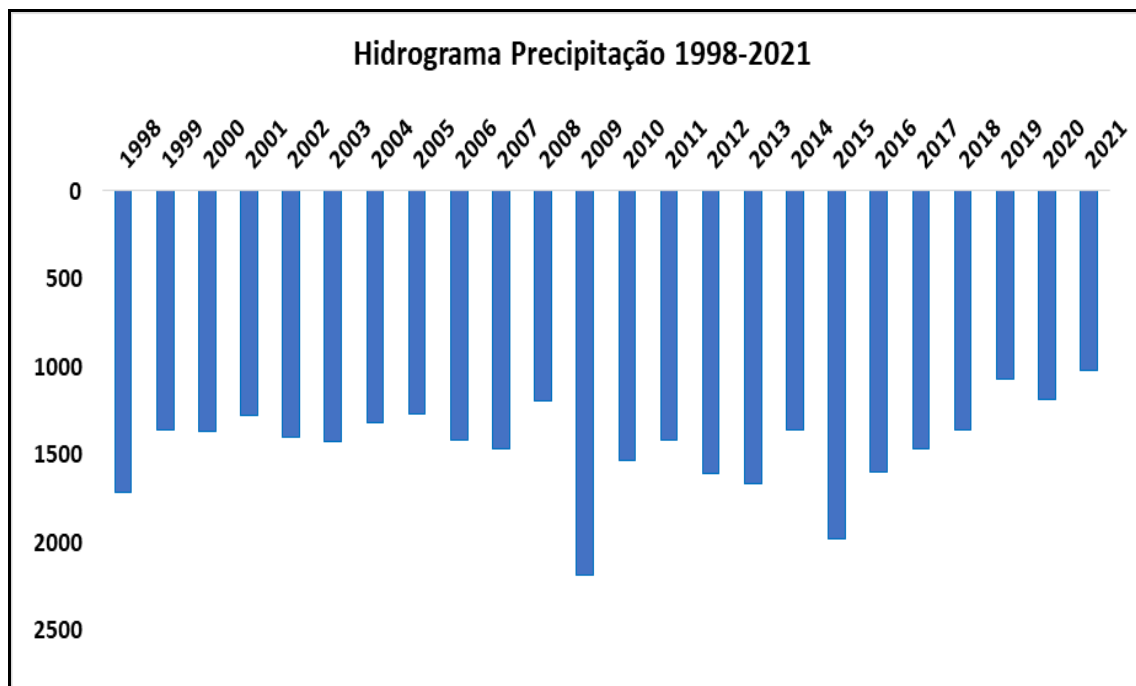
Esse dado, indica que houve uma acentuada diminuição de vazão do rio Santo Anastácio, comprometendo assim a vazão de exploração para o abastecimento público, cenário que só poderia ser alterado, com a retomada de ações visando a recuperação das áreas de preservação, bem como ações de conscientização da população que habita a área do entorno do reservatório.

5.2.9 Dados de Precipitação e Temperatura no alto curso do rio Santo Anastácio

O volume precipitado na bacia hidrográfica, reflete de maneira positiva ou negativa no manancial, a depender dos volumes registrados e, também, das condições da cobertura da terra encontrada na área.

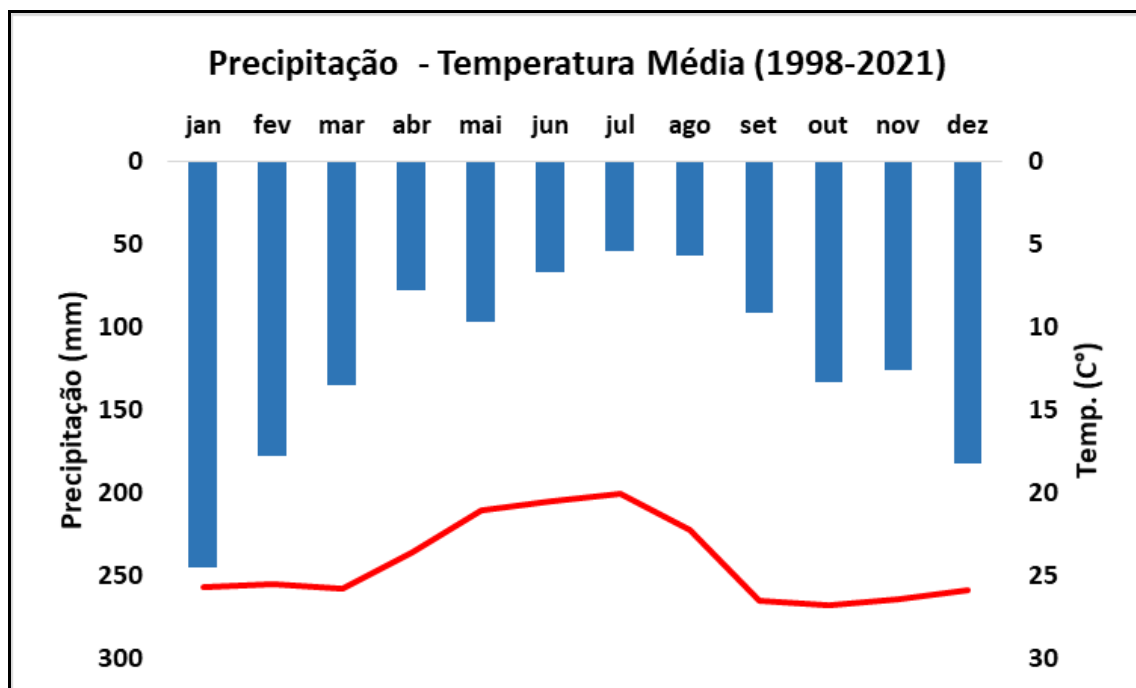
Foi realizado um levantamento histórico da precipitação ocorrida dentro da bacia hidrográfica do alto curso do rio Santo Anastácio no período de 1998 a 2021 – observado na figura 22 –, bem como uma análise de dados de temperatura – observados na figura 23.

Figura 22 – Precipitação no alto curso do rio Santo Anastácio (1998-2021)



Fonte: *Precipitation*, NASA Giovanni (1998-2020), Sabesp (2021) – organização do autor

Figura 23 – Precipitação sazonal x Temp. média no alto curso do rio Santo Anastácio

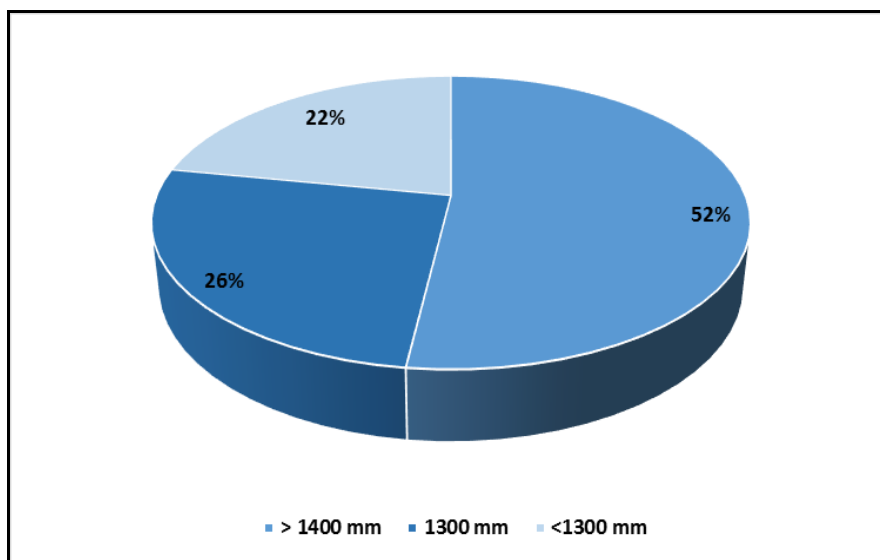


Fonte: organizado pelo autor *apud Temperature at Surface*, NASA Giovanni (1998-2021)

As análises da série temporal demonstraram que as maiores ocorrências de chuvas são registradas sazonalmente entre os meses de outubro a março, com os maiores volumes anotados; e menores volumes no período de abril a setembro, apresentando estações bem

definidas de precipitação. Na figura 24, observamos que, proporcionalmente, 52% do período apresenta volumes com precipitações acima da média, 26% com volumes dentro da média (1.300 - 1.400 mm) e somente 22% dos anos apresentaram volumes abaixo de 1.300 mm.

Figura 24 – Distribuição da Precipitação no período de 1998-2021



Fonte: organizado pelo autor *apud* Precipitation, NASA Giovanni (1998-2020), Sabesp (2021)

Embora a área analisada apresente boas condições hídricas, as anomalias de baixo volume de precipitação repercutem de maneira extremamente negativa para o reservatório, na sua capacidade em manter uma disponibilidade hídrica adequada, conforme ficou demonstrado nos meses de junho e dezembro do ano de 2021, período em que apresentou um rebaixamento de seu volume útil, afetando, mesmo que por um curto período, a capacidade de exploração para o sistema de abastecimento público municipal.

5.3 Resultados das análises de qualidade de água

Os resultados para o P1, nos meses de julho e novembro do ano de 2020, e de março a julho do ano de 2021, para os parâmetros de Cor verdadeira, Condutividade elétrica, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Biológica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido, potencial Hidrogeniônico, Sólidos Dissolvidos Totais, Turbidez, Temperatura da Água e temperatura do Ar estão apresentados na tabela 5, na qual os resultados não conforme estão destacados em negrito.

Tabela 5 – Resultados de análises das amostras do ponto 01

PARÂMETROS	JUL./20	NOV./20	MAR./21	JUL./21
LOCAL: Córrego do Cedro				
COR VERDADEIRA	40	204	24	23
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S.CM}^{-1}$)	414	275	260	304
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	45	< 20	< 20	21
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (DBO)	19	9	5	< 4
FÓSFORO TOTAL ($\mu\text{G.L}^{-1}$)	0,75	0,04	0,1	0,1
NITRATO ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NO₃	< 1	< 1	< 1	1,14
NITRITO ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NO₂	< 0,05	< 0,01	< 0,05	0,11
NITROGÊNIO AMONÍACAL ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NH₄	< 0,1	< 0,1	< 0,2	< 0,2
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG.L⁻¹)	4,8	3,5	5,4	6,9
PH	7,4	7,9	7,7	7,9
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT MG.L⁻¹)	203	135	128	149
TURBIDEZ	8	31	5,08	3,43
TEMPERATURA DA ÁGUA (° C)	20,8	27,3	24,6	12
TEMPERATURA DO AR (° C)	27,3	32	27,7	5

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2021)

Os resultados para o P2, referentes aos meses de julho a novembro do ano de 2020 e de março a julho do ano de 2021, para todos os parâmetros selecionados, de Cor verdadeira, Condutividade elétrica, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Biológica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido, potencial Hidrogeniônico, Sólidos Dissolvidos Totais, Turbidez, Temperatura da Água e Temperatura do Ar seguem apresentados na tabela 6, os resultados não conforme estão destacados em negrito.

Tabela 6 – Resultados de análises das amostras do ponto 02

PARÂMETROS	JUL./20	NOV./20	MAR./21	JUL./21
LOCAL: Córrego Cedrinho				
COR VERDADEIRA	135	146	142	99
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S.CM}^{-1}$)	125	245	110	163
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	< 20	< 20	67	89
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (DBO)	4	11	16	10
FÓSFORO TOTAL ($\mu\text{G.L}^{-1}$)	0,39	0,15	0,3	0,7
NITRATO ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NO₃	< 1	< 1	< 1	< 1
NITRITO ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NO₂	< 0,05	< 0,10	< 0,05	< 0,05
NITROGÊNIO AMONÍACAL ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NH₄	< 0,1	0	< 0,2	0,3

OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG.L ⁻¹)	4,8	3,5	2,1	0,85
PH	6,6	7,9	6,4	6,5
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT MG.L ⁻¹)	62	120	54	80
TURBIDEZ	53	22	74,9	200
TEMPERATURA DA ÁGUA (° C)	20,8	27,3	26,7	12,9
TEMPERATURA DO AR (° C)	25	32	27,7	5

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2021)

Os resultados para o P3, nos meses de julho a novembro do ano de 2020 e de março a julho do ano de 2021, para todos os parâmetros selecionados, de Cor verdadeira, Condutividade elétrica, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Biológica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido, potencial Hidrogeniônico, Sólidos Dissolvidos Totais, Turbidez, Temperatura da Água e Temperatura do Ar seguem apresentados na tabela 7, os resultados não conforme estão destacados em negrito.

Tabela 7 – Resultados de análises das amostras do ponto 03

PARÂMETROS	JUL./20	NOV./20	MAR./21	JUL./21
LOCAL: RIO SANTO ANASTÁCIO				
COR VERDADEIRA	29	40	48	25
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS.CM ⁻¹)	225	216	112	235
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	< 20	< 20	< 20	20
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (DBO)	< 4	8	4	< 4
FÓSFORO TOTAL (µG.L ⁻¹)	0,26	0,02	0,1	0,1
NITRATO (µG.L ⁻¹) N-NO ₃	< 1	< 1	< 1	1,38
NITRITO (µG.L ⁻¹) N-NO ₂	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
NITROGÊNIO AMONIACAL (µG.L ⁻¹) N-NH ₄	0,1	0	< 0,2	< 0,2
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG.L ⁻¹)	4,8	3,7	5	3,01
PH	7,5	7,2	5,9	7,4
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT MG.L ⁻¹)	110,6	106	55	116
TURBIDEZ	12	2	11,6	4,58
TEMPERATURA DA ÁGUA (° C)	20,8	27,3	24,5	15,4
TEMPERATURA DO AR (° C)	25	35	30,1	8

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2021)

Os resultados para o P4, nos meses de julho a novembro do ano de 2020 e de março a julho do ano de 2021, para todos os parâmetros selecionados, de Cor verdadeira, Condutividade elétrica, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Biológica de Oxigênio,

Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido, potencial Hidrogeniônico, Sólidos Dissolvidos Totais, Turbidez, Temperatura da Água e Temperatura do Ar seguem apresentados na tabela 8, os resultados não conforme estão destacados em negrito.

Tabela 8 – Resultados de análises das amostras do ponto 04

PARÂMETROS	JUL./20	NOV./20	MAR./21	JUL./21
LOCAL: SAÍDA DO RESERVATÓRIO SANTO ANASTÁCIO				
COR VERDADEIRA	92	80	54	29
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S.CM}^{-1}$)	154	209	148	203
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	< 20	< 20	22	< 20
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (DBO)	< 4	7	5	< 4
FÓSFORO TOTAL ($\mu\text{G.L}^{-1}$)	0,7	0	0,1	0,1
NITRATO ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NO₃	< 1	< 1	1	1
NITRITO ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NO₂	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
NITROGÊNIO AMONIAICAL ($\mu\text{G.L}^{-1}$) N-NH₄	0,1	0	0,2	0,2
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG.L⁻¹)	4,7	3,6	2	3,55
PH	7,3	7,1	7	7,3
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT MG.L⁻¹)	76	102	73	100
TURBIDEZ	36	11	3,21	2,84
TEMPERATURA DA ÁGUA (° C)	20,8	27,3	26,2	17,2
TEMPERATURA DO AR (° C)	25	35	27,1	8

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2021)

Com base nos resultados obtidos nas coletas amostradas nos quatro pontos selecionados, é possível iniciar uma análise da qualidade da água nos respectivos pontos, relacionando-os aos valores de referência preconizados na resolução CONAMA 357/05.

Para o ponto 01 (Córrego do Cedro), o parâmetro de DBO, Fósforo Total e Ce tiveram resultados em não conformidade com a legislação no mês de julho de 2020 e no mês de março e julho de 2021. Na coleta realizada no mês de novembro de 2020, também apresentou resultados em discordância com a legislação para DBO, OD e Cor Verdadeira, respectivamente 9 mg/l; 3,5 mg/l e 204 UC. Para a DBO, o valor máximo permitido para um rio classe 2 é de 5 mg/l, Fósforo Total 0,05 mg/l, OD 5 mg/l e Cor valor máximo de 75 UC. Para os demais parâmetros analisados e nas demais coletas, todos os resultados analíticos estavam em conformidade com a legislação e indicados para um rio classe 2.

Os resultados em não conformidade com a legislação foram encontrados nos meses de julho e novembro de 2020 e podem estar associados ao tipo de uso de solo dentro bacia hidrográfica, que possui intensa ocupação urbana, além do desenvolvimento de atividades rurais dos estabelecimentos contidos na área de drenagem da bacia hidrográfica do Córrego do Cedro.

A elevação da DBO pode estar relacionada ao despejo de matéria orgânica associada à poluição difusa e à elevação da Cor verdadeira no mês de novembro, podendo ser provocada pelo arraste de solo gerado pela instalação de novos empreendimentos (loteamentos), já que observamos presença de máquinas pesadas fazendo a instalação de galerias de águas pluviais bem próximas ao leito do córrego, ao largo do conjunto habitacional Ana Jacinta.

Para o ponto 02 (Córrego do Cedrinho), destacamos que os usos predominantes da bacia hidrográfica são rurais. Na sua foz foi construída uma passagem que barrou o córrego, assim, ele apresenta pouco volume e acaba servindo como bebedouro para animais de grande porte. Conforme observamos nas visitas de campo, poderia ser desprezado como contribuinte fluvial ao reservatório.

De acordo com o demonstrado na tabela 06, em todas as coletas realizadas houve resultados não conformes com a legislação para os parâmetros de Cor Verdadeira, DBO, Fósforo Total e OD.

Esses resultados podem ser associados ao uso do local como fonte para a dessedentação animal, resultando em pisoteio da lâmina d'água, responsável por alterar seu padrão de cor, condição que, aliada à pouca profundidade e presença de dejetos de animais, contribui para os baixos níveis de OD encontrados nas amostras.

De acordo com as análises dos dados batimétricos realizados no reservatório, não há mais a comunicação superficial das águas desse afluente com o reservatório, em razão do assoreamento ter criado uma barreira de areia que isolou essa ligação.

Para o ponto 03 (rio Santo Anastácio), principal rio dentro da dinâmica do reservatório, identificamos uma amostra em julho de 2020 com valor de Fósforo Total de 0,26 mg/l, ou seja, cinco vezes acima do limite legal permitido, e uma amostra do mês de novembro de 2020 com DBO de 8 mg/L. Para o OD, das quatro amostras realizadas, somente a coleta de março de 2021 apresentou valor igual ou superior a 5 mg/l.

As demais análises apresentaram resultados abaixo do valor de referência (5 mg/l), com 4,8 mg/l, 3,7 mg/l e 3 mg/l, respectivamente. É importante observar que, no ponto de coleta, que está próximo ao reservatório, a baixa velocidade do rio o caracteriza como um ambiente lântico, isso pode influenciar na mistura do oxigênio atmosférico. Outros elementos

também podem criar condições para o baixo nível de oxigênio, como a presença de materiais em suspensão, matéria orgânica e outros elementos que adentram o corpo hídrico através do escoamento superficial.

No ponto 04 (saída do reservatório), entendemos que os parâmetros aqui analisados são decorrentes dos resultados das cargas afluentes dos seus tributários, da dinâmica existente dentro do reservatório e das influências externas e internas do meio, além de toda uma complexa interação dos seus sistemas bióticos, abióticos e do ciclo biogeoquímico.

Das amostras analisadas, identificamos anomalias nas coletas de jul./2020 e nov./2020 no parâmetro de Cor Verdadeira, com valores de 92 UC e 80 UC, respectivamente, ambas acima do limite legal de 75 UC. Também as coletas de nov./2020 apresentaram amostras com DBO de 7 mg/l, acima do limite máximo de 5 mg/l.

Quanto ao OD, nenhuma das amostras apresentou valor igual ou superior a 5 mg/l. Os resultados foram de 4,7 mg/l, 3,6 mg/l, 2 mg/l e 3,5 mg/l, respectivamente. Mesmo se tratando de coletas pontuais, como foi o caso das realizadas no estudo, diversos fatores podem influenciar nos resultados dos níveis de oxigênio disponíveis na água. Segundo Esteves (1998), essa variação ocorre porque:

[...] Dentre as variáveis limnológicas que apresentam maiores variações diárias, destaca-se o oxigênio dissolvido. As grandes variações diárias das concentrações de oxigênio ocorrem por estar esse gás diretamente envolvido no processo de fotossíntese e respiração e/ou decomposição que, por sua vez, estão diretamente relacionados com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura [...] (ESTEVES, 1998, p. 45).

Dessa forma, ocorre dentro do reservatório uma complexa interação, na qual ocorre o consumo de oxigênio pela comunidade aquática, através da respiração das plantas e animais, além das atividades bacterianas que consomem oxigênio no processo de decomposição e de oxidação químicas, principalmente na interface sedimento-água. (TUNDISI; MATSUMARA, 2008, p. 111). O aporte de sedimentos também pode explicar o baixo nível de oxigênio observado.

Quanto ao parâmetro microbiológico para as cianobactérias, conforme podemos observar na tabela 9, ao longo do período de 2015 a 2020, nenhuma das análises realizadas apresentou valores acima do permitido para mananciais de abastecimento público.

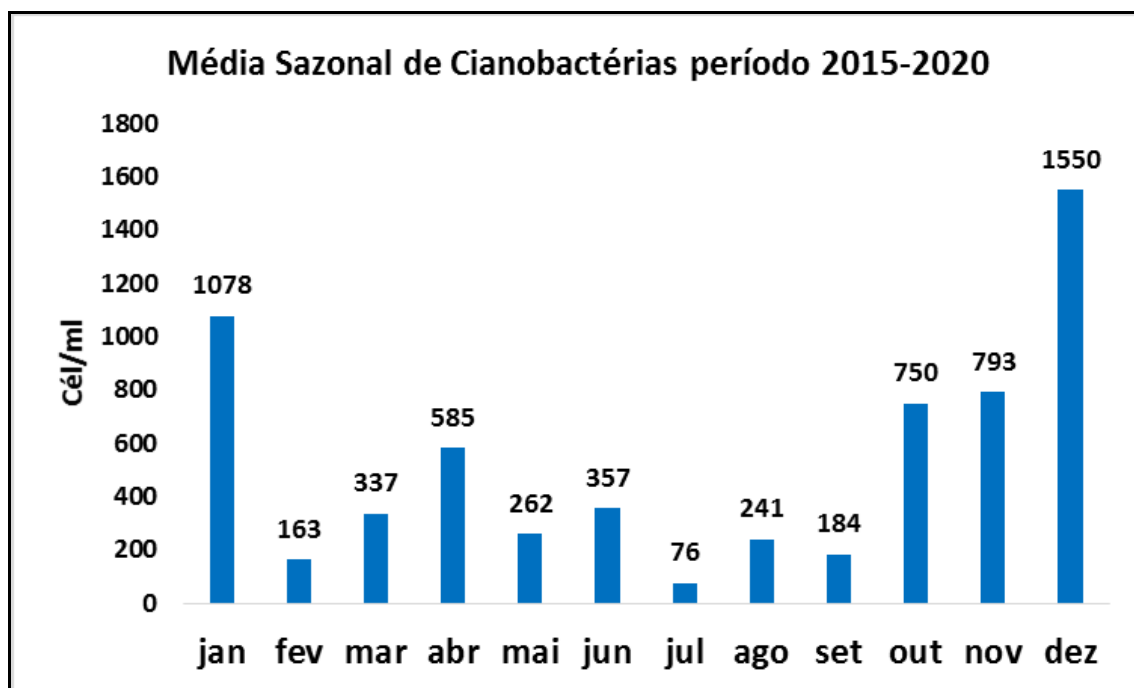
Tabela 9 – Análise de cianobactérias na saída do reservatório**CIANOBACTÉRIAS NA SAÍDA DO RESERVATÓRIO PERÍODO DE 2015-2020**

ANO	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Média
JAN.	1031	500	4755	88	76	19	1078
FEV.	1	77	841	1	16	39	163
MAR.	73		1175	318	56	63	337
ABR.	323	1	2706	38	438	1	585
MAI.	81	1	1266	77	51	96	262
JUN.	963	234	859	65	21	1	357
JUL.	281	113	50	1	1	9	76
AGO.	560	625	151	33	1	75	241
SET.	1	752	227	107	1	13	184
OUT.	76	4244	6	122	53	1	750
NOV.	1	4698	20	28	7	1	793
DEZ.	1	7762	494	1036	8	1	1550

REFERÊNCIA DE ACORDO CONSOLIDAÇÃO N. 05 < 10.000 CÉL/MLFonte: elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2020)

O maior valor pontual foi de 7.762 cél/ml encontrado nas análises do mês de dezembro de 2016. Mesmo esse sendo o máximo valor encontrado, ainda se encontra abaixo do limite estabelecido na legislação.

Sazonalmente, o comportamento das análises realizadas pode ser identificado na figura 25, com elevação dos valores no período de outubro a janeiro, coincidindo com os períodos de maior ocorrência de precipitação.

Figura 25 – Média sazonal de cianobactérias na saída do reservatório

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2020)

Foi realizada uma análise estatística dos resultados analíticos, procedendo ao cálculo da média dos resultados, bem como ao cálculo do Desvio Padrão (DPA) das amostras com intuito de observar as variações e os erros inerentes, que estão apontados na tabela 10.

Tabela 10 – Média e Desvio Padrão das análises dos pontos coletados

PARÂMETROS	P01		P02		P03		P04	
PERÍODO: JUL./20 – JUL./21	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
COR VERDADEIRA	73	88	131	21	36	10	112	85
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	313	70	161	60	197	57	179	32
DQO	27	12	78	16	20	0	21	1
DBO	11	3	10	5	6	4	5	2
FÓSFORO TOTAL	0,25	0,34	0,39	0,23	0,12	0,10	0,23	0,32
NITRATO	1,04	0,07	1,00	0,00	1,10	0,19	1,00	0,00
NITRITO	0,06	0,04	0,06	0,03	0,05	0,00	0,05	0,00
NITROGÊNIO AMONÍACAL	0,15	0,06	0,15	0,13	0,13	0,10	0,13	0,10
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	6	1,08	3	1,71	4	0,94	3	1
PH	8	0,24	7	0,70	7	0,74	7	0,15

SDT	154	34	79	29	97	28	90	19
TURBIDEZ	12	13	87	78	8	5	13	16
TEMPERATURA DA ÁGUA	19	6	22	7	22	5	23	5
TEMPERATURA DO AR	23	12	19	12	25	12	23	14

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2021)

Para os parâmetros de Cor Verdadeira, P01 e P04 apresentaram elevados valores para o desvio padrão, bem como elevados desvios para a Ce no P01, P02 e P03. Também foram apresentados desvios significativos para o Fósforo total para o P01, P02 e P04. Para o parâmetro de turbidez, os maiores desvios ocorreram no P02. Os demais pontos com desvios que não geram significativos impactos nos limites legais permitidos.

Para os dados de temperatura do ar, os desvios apresentaram valores na ordem de 12 a 14 graus, para todos os pontos, o que constitui um valor estável, uma vez que essa variável possui elevadas oscilações em função das sazonalidades. Para os demais parâmetros, não ocorreram grandes alterações nos desvios.

Na tabela 11, apresentamos todas as análises cujos resultados não atenderam aos parâmetros legais, estando, portanto, em desacordo com a legislação.

Tabela 11 – Parâmetros acima do limite de acordo com CONAMA 357/05

	P01				P02				P03				P04			
PARÂMETROS	jul./20	nov./20	mar./21	jul./21	jul./20	nov./20	mar./21	jul./21	jul./20	Nov./20	Jul./21	jul./20	nov./20	mar./21	jul./21	
COR VERDADEIRA		204			135	146	142	99				92	80			
CE	414	275	260	304	125	245	110	163	225	216	235	154	209	148	203	
DBO	19	9				11	16	10		8			7			
FÓSFORO TOTAL	0.7		0,1	0,1	0.4	0.1	0.3	0.7	0.2		0,1	0.7		0,1	0,1	
OD	5					5			6							
OD		3.5			4.8	3.5	2.1	0.8	4.8	3.7	3	4.7	3.6	2	3.5	
TURBIDEZ								200								

Fonte: Elaborado pelo autor *apud* Laudo laboratório RBOC – Sabesp (2020; 2021)

De todos os parâmetros avaliados na pesquisa, num total de quatorze para cada ponto, apenas seis deles apresentaram resultados em desacordo com a legislação vigente, conforme demonstrado na tabela 11. A Ce foi a que apresentou resultados anômalos em todos as análises realizadas nos 04 pontos. A análise de Cor Verdadeira apresentou resultados não conformes em todas as análises do P02, uma no P01 e duas no P04.

Para análise de DBO, foram registradas duas anomalias no P01, três no P02 e apenas uma para o P03 e o P04. Para o parâmetro de Fósforo total, uma anomalia no P01, quatro no P02, duas para o P03 e três para o P04. Quanto ao OD, uma anomalia no P01, sendo que para o P02, o P03 e o P04 todas as análises estavam abaixo do valor mínimo de referência. Já para o parâmetro de turbidez, houve somente uma anomalia, ocorrida na coleta de jul./2021 para o P02.

5.4 Levantamento topobatimétrico e vida útil do reservatório

Antes da análise dos dados batimétricos, realizamos uma análise da evolução do assoreamento visível no reservatório, através da observação temporal das imagens de satélites obtidas da plataforma Google Earth. Nessa análise temporal foi possível identificar o início da formação de banco de areia que ocorre no exultório do córrego do Cedro. Nas observações é possível identificar o ano em que se iniciou esse processo de assoreamento. É a partir do ano de 2016, conforme observamos na figura 26, que o reservatório não apresenta alterações visuais.

Figura 26 – Condição do Reservatório no ano de 2015



Fonte: elaborado pelo autor *apud* Google Earth (03/2015)

Contudo, na figura 27, o processo de formação do banco de sedimentos dentro do reservatório é visível e evoluiu ano a ano, pela medição de área e perímetro extraída pelo Google Earth, houve um aumento de 42 % da área assoreada no período de 2016 a 2021.

Figura 27 – Evolução do assoreamento no reservatório (2016-2021)



Fonte: elaborado pelo autor *apud* Google Earth, 2021.

Conforme demonstrado na tabela 12, desde o início da formação do banco de areia no reservatório, houve incremento no volume de material depositado no período de maio de 2016 a abril 2021 na ordem de 61,6%. É importante destacar que os cálculos de área e perímetro foram realizados via Google Earth, após a vetorização do polígono. Isso pode implicar em erros tanto de vetorização, na qual podem ocorrer problemas quanto à presença de plantas aquáticas que possam interferir na delimitação correta do perímetro, quanto do programa.

Entretanto, apesar dos erros inerentes nas medições realizadas, é perceptível a evolução do problema dentro do reservatório.

Tabela 12 – Dados da evolução do assoreamento no reservatório (2016-2021)

ANO	LEG.	PERÍMETRO	ÁREA (M ²)	% EVOLUÇÃO
2016		829,55	23.683,24	
2017		818,29	27.275,26	13,16
2018		888,73	32.374,39	15,75
2019		1055,93	36.578,92	11,49
2020		1033,47	35.622,51	- 2,68
2021		968,05	33.603,87	- 5,66

Fonte: elaborado pelo autor *apud* Google Earth (2021)

Com o tratamento dos dados, é possível mensurar as áreas comprometidas do reservatório e suas implicações. O grave problema de assoreamento observado na foz do córrego do Cedro gerou um segundo problema: criou um barramento no canal do córrego Cedrinho, formando uma área de lagoa que não se comunica com o reservatório principal. Dessa forma, ocorre uma perda de área de acumulação de água e um ambiente aquático distinto, que, apesar de não estar assoreado, não pode contribuir com seu volume para o abastecimento público, que é a função principal do reservatório do rio Santo Anastácio.

Esse barramento possui uma largura de 38 metros, com uma elevação altimétrica de 0,50 a 0,60 m do espelho d'água. Na figura 28 é ilustrada a configuração atual do reservatório, apresentando-se suas relevantes alterações, que vão gerar reflexos no volume armazenado.

Figura 28 – Área comprometida do reservatório



Fonte: Google Earth (2021), adaptado pelo autor.

A área onde houve o barramento (área colorida na cor azul na figura 28) possui 682 metros de perímetro e 24.447 m^2 e uma profundidade média de 1,20 m, o que representa um volume de $29.336,4 \text{ m}^3$.

Assim, ao considerarmos o volume perdido pelo assoreamento provocado pela bacia hidrográfica do córrego do Cedro, este representaria uma área de $33.603,87 \text{ m}^2$ (área colorida na cor areia na figura 28).

De acordo com o levantamento topográfico, o assoreamento apresenta um desnível geométrico entre a calha do leito do córrego e o depósito de areia de 1,20 m. Esses dados permitem calcular o volume perdido nesse processo de assoreamento estimado em $40.324,64 \text{ m}^3$; associado ao volume de água que foi barrado pelo assoreamento, estima-se o total de $69.661,04 \text{ m}^3$, o que representa 4,05% do volume total do reservatório.

O levantamento topobatimétrico do reservatório foi realizado no mês de junho de 2021, com a extração dos dados de profundidade utilizando para tanto um sistema GPS com estação receptora e um barco a remo. Os dados de perímetro foram extraídos com utilização do barco e a pé, onde foi possível. O levantamento de dados foi realizado no decorrer de uma semana, no período de 01 a 09 de junho. Os dados foram processados em 11 de junho, conforme observamos na figura 29.

Figura 29 – Processamento do marco de posição do levantamento topobatimétrico

Sumário do Processamento do marco: 03306777	
Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/06/11 18:50:31,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/06/11 18:50:33,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CNTT300 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	0,000
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,37 GPS 0,21 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,14 GPS 0,11 GLONASS

Fonte: Sabesp (2021)

Figura 30 – Precisão dos pontos levantados

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)				
Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

Fonte: Sabesp (2021)

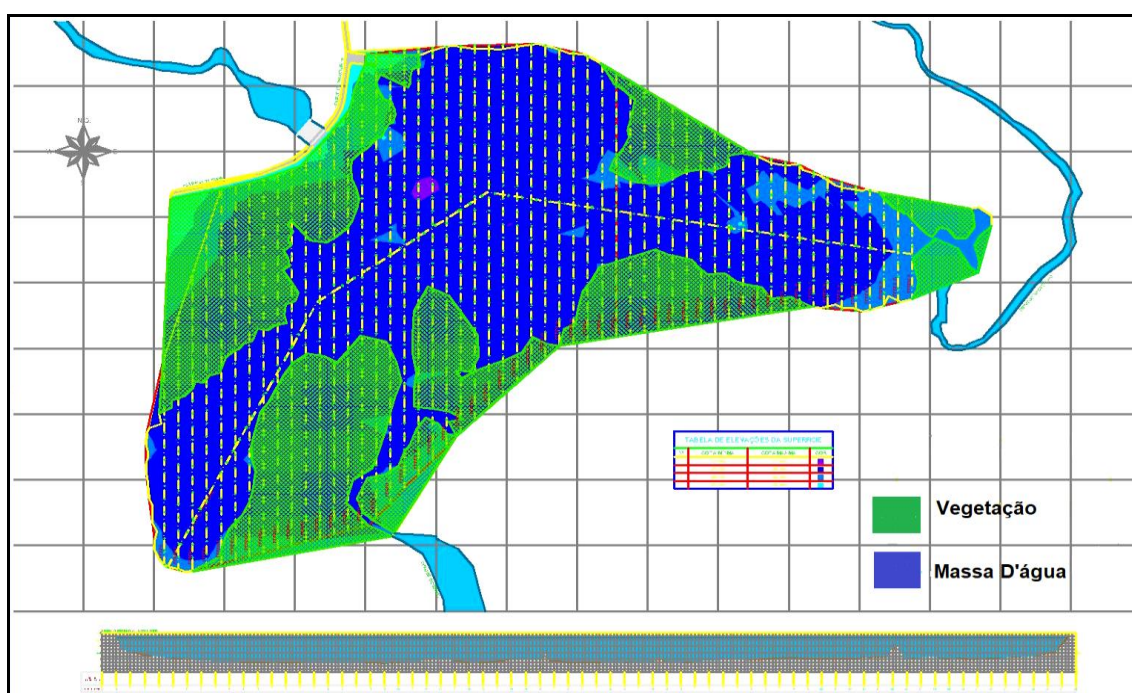
O reservatório representado na figura 31, no qual a área colorida em verde identifica a área ocupada por macrófitas (Aguapés – *Eichhornia crassipes*), ocupa grande parte do espelho d'água. **Esse fenômeno no reservatório é verificado principalmente em períodos de estiagens** (grifo nosso).

No período de chuvas, com a elevação da vazão que chega ao reservatório, naturalmente ocorre a eliminação de grande parte dessas macrófitas que são lançadas a montante do reservatório pelo aumento de vazão no vertedouro.

Esse excesso de plantas aquáticas pode indicar um grau de eutrofização do corpo hídrico, um processo que ocorre naturalmente no sistema ecológico; porém, também pode possuir caráter antrópico ou cultural, quando provenientes de descargas de esgotos domésticos, industriais e da aplicação de fertilizantes na agricultura (TUNDISI, 2003).

Na figura 31 é possível visualizar a área ocupada pelas macrófitas, no espelho d'água do reservatório do rio Santo Anastácio.

Figura 31 – Levantamento batimétrico no reservatório do rio Santo Anastácio



Fonte: Sabesp (2021)

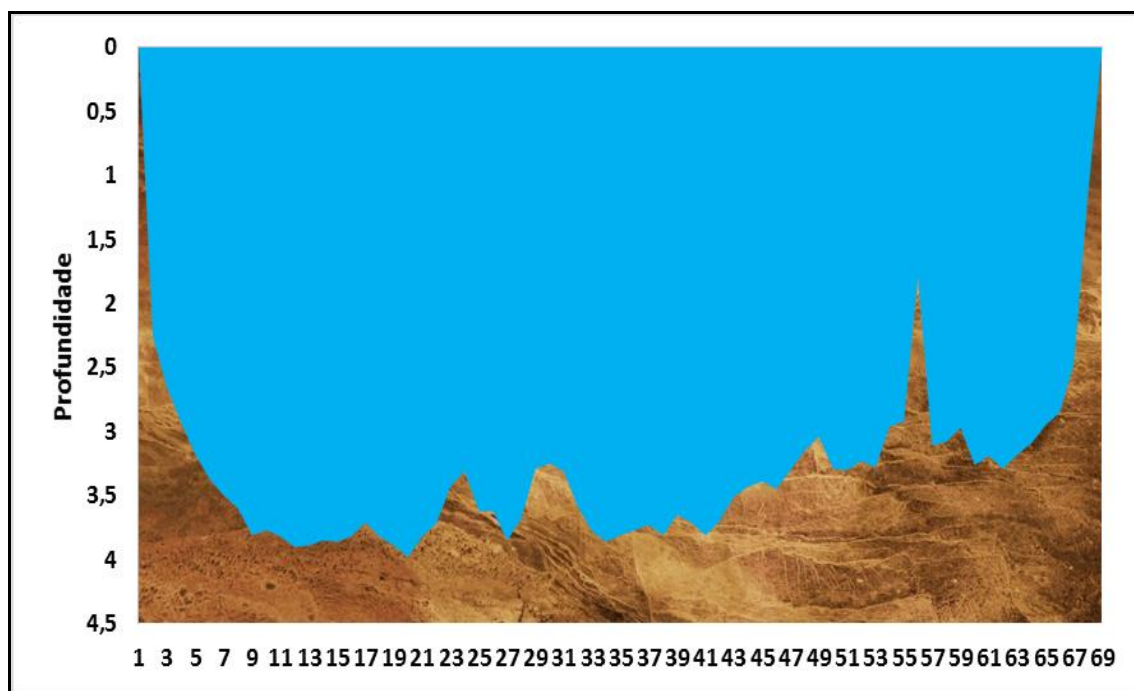
Um aspecto morfométrico importante no escopo do levantamento é a geração do perfil longitudinal do reservatório, pois ele nos permite visualizar, de maneira estática, o relevo submerso do reservatório.

Essa informação pode ser trabalhada para identificar pontos em que ocorreram maior sedimentação de material ao longo dos anos. Infelizmente, não havia informações anteriores disponíveis para que fizéssemos essa correlação; porém, ela poderá ser trabalhada em estudos futuros.

Para a geração do perfil longitudinal foram levantados 68 pontos de medição, com equidistância de vinte metros numa extensão de 1.359,27 metros. O perfil longitudinal

apresentado na figura 32 apresenta seu traçado em destaque dentro do levantamento batimétrico, permitindo que possamos obter uma visualização do relevo submerso da área analisada.

Figura 32 – Perfil longitudinal do reservatório



Fonte: elaborado pelo autor *apud* Sabesp (2021)

Com a elaboração dos dados de profundidade do reservatório, foi possível extrair os dados morfométricos para determinação de informações relevantes que foram utilizadas para a determinação de sua vida útil e do TDH.

Tabela 13 – Dados morfométricos do reservatório levantados na batimetria

PROFUNDIDADE MÍNIMA MÉDIA E MÁXIMA	1,14 M 3,12 M 3,98 M
TEMPO DE RETENÇÃO DE ÁGUA (TDH)	26,7 dias
VOLUME ATUAL	1.482.543,50 m ³
ÁREA ATUAL DA REPRESA	496.262,04 m ²
COMPRIMENTO MÁXIMO	475 m
LARGURA MÁXIMA	1.040,43 m

Fonte: elaborado pelo autor, *apud* Sabesp (2021).

Para o cálculo do TDH foi aplicada a equação 03 proposta na metodologia; porém, antes, foi calculado o volume de vazão diária do reservatório, aplicando-se a equação 02, adotados os dados de vazão do córrego do Cedro e do rio Santo Anastácio, conforme dados de regionalização hidrológica do DAEE 1988.

$$R = \frac{Q \text{ (L/s)} * 86.400}{1.000 \text{ (l/m}^3\text{)}}$$

$$R = \frac{641 \text{ l/s} * 86.400}{1000 \text{ (l/m}^3\text{)}}$$

$$R = 55.382,40 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$R = V/Q$$

Onde:

R= Retenção

V= Volume do reservatório

Q= Vazão

$$R = \frac{\text{Volume reservatório}}{Q \text{ diária}} = \frac{1.482.543,50 \text{ (m}^3\text{)}}{55.382,40 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

$$R = 26,7 \text{ dias}$$

Com essas informações, foi possível calcularmos a vida útil do reservatório conforme proposto, considerando o espaço temporal da ampliação do reservatório de 1988 a 2021, totalizando trinta e três anos, sendo esse espaço temporal adotado na equação 01:

$$TV: (V*T)/S$$

Adotando os valores encontrados na batimetria (1.482.543,50 m³) com o volume inicial (1.720.000 m³), determinamos a diferença e chegamos ao denominador de 237.456.50 m³. Esse valor corresponde a 13,8% da área comprometida do reservatório e será adotado na equação para o material depositado em anos (S).

Para o valor (S), na ausência de dados batimétricos anteriores confiáveis, será adotado o ano de ampliação do reservatório (1988) até o ano de 2021, o que resulta num espaço temporal de 33 anos.

Onde:

$$TV: (1.720.000 * 33) / 237.456,50$$

$$TV = 239 \text{ anos}$$

Conforme calculado, o reservatório apresenta um elevado tempo de vida útil até o seu completo assoreamento que levaria 239 anos. Porém, para manter seu uso conforme a concepção para a qual foi projetado, o volume útil do reservatório só permite sua utilização até o limite da perda de 80% de seu volume, segundo consideram Linsley & Franzini (1978) e Cabral (2005).

$$100\% \text{ _____ } 239 \text{ anos}$$

$$80\% \text{ _____ } X \text{ anos}$$

$$100 X = 239 * 80$$

$$100 X = 19.120$$

$$X = 19.120/100 = 191,2 \text{ anos}$$

Dessa forma, se estabelecermos o limite de comprometimento de seu volume útil até o limite de 80%, o reservatório poderá ser utilizado por um período de 191,2 anos.

Segundo Vanoni (1977), Lopes (1993) e Carvalho (2000) existem diversas classificações para os tipos de assoreamentos que ocorrem nos reservatórios, seguindo essa classificação, os assoreamentos observados no reservatório do rio Santo Anastácio podem ser classificados de dois tipos:

Deltas: A variação do nível d'água é quem condiciona a formação do delta, que possui partículas do tamanho de areia ou maiores que geralmente se depositam logo que o escoamento penetra o reservatório. Este tipo de depósito reduz gradualmente a capacidade útil do reservatório.

Depósito de fundo ou leito (bottom-set deposit): reduzem o volume morto do lago através das partículas de silte e argila que são geralmente transportadas para jusante dos deltas e se depositam no trecho mais baixo do reservatório. A forma desses depósitos depende principalmente das características minerais das argilas e das características químicas da água. (CABRAL, 2005, p. 66).

A formação Delta é facilmente identificada, pois ocorre na foz do córrego do Cedro quando adentra o reservatório, local onde houve grande perda de área pela formação de depósitos de areia, também observado no curso do rio Santo Anastácio, com grandes formações de depósitos de areia.

O segundo tipo de formação pode ser entendido quando analisamos os dados batimétricos com a perda da área de acumulação do reservatório, pois, excluindo-se o volume perdido identificado na formação Delta, aproximadamente 70% da perda de área identificada no trabalho ocorreu por sedimentação de material no fundo do reservatório, alterando sua profundidade em alguns pontos.

Com os dados analíticos dos SDTs, realizamos o cálculo visando estimar a quantidade de material em suspensão depositado diariamente no reservatório. Para esse cálculo foi aplicada a equação 04 expressa na metodologia.

Os resultados dos SDTs obtidos nas análises do córrego do Cedro, rio Santo Anastácio e saída do reservatório, excluindo-se aqui os dados referentes ao Córrego do Cedrinho, dadas as observações realizadas a campo e o barramento do seu canal ao reservatório.

Das médias dos resultados analíticos de SDT para o córrego do Cedro 154 mg/l, rio Santo Anastácio 97 mg/l e saída do reservatório 90 mg/l, conforme dados da tabela 9, foi extraída a diferença dos resultados médios que adentram o reservatório, com os resultados que saem do reservatório.

$$\text{SDT: } (154 \text{ mg/l} + 97 \text{ mg/l}) - 90 \text{ mg/l}$$

$$\text{SDT: } 161 \text{ mg/l}$$

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{Concentração (g/m}^3\text{)} * Q \text{ (m}^3\text{/d)}}{1000 \text{ (g/kg)}}$$

$$\text{Carga} = 161 * 55.382,40 / 1000$$

$$\text{Carga} = 8.916,56 \text{ kg/d ou } 8,9 \text{ ton. /dia}$$

De posse desses dados, foi possível calcular o volume sedimentado anualmente no reservatório:

$$\text{Carga} = 8,9 * 365 \text{ (dias)}$$

$$\text{Carga} = 3.254,5 \text{ ton./ano}$$

Seguindo esse mesmo raciocínio, foi estimado que o volume depositado no reservatório ao longo do período analisado de 33 anos é:

$$\text{Carga} = 3.254.5 * 33 \text{ (anos)}$$

$$\text{Carga} = 107.321 \text{ ton.}$$

Embora seja um valor teórico, ele nos fornece uma ideia da dinâmica de sedimentação e deposição de materiais que ocorre no reservatório. Se extrapolado no período de 33 anos, esse valor nos indica um volume de 107.321 toneladas depositadas. Evidentemente, esses componentes sofrem variações ao longo do tempo, de acordo com as alterações de vazão e da capacidade de transportes de sedimentos nos canais fluviais.

Uma vez determinados os volumes de material que se encontram sedimentados dentro do reservatório, fornecemos informações que podem subsidiar tomadas de decisão pelos gestores do sistema, se houver necessidade de retirada desse material, existem diversas técnicas e equipamentos capazes de resolver o problema.

Estudos elaborados por CHAVES *et al.* (1998) analisaram os custos operacionais, bem como o destino do material retirado através do processo de desassoreamento do rio Tietê em São Paulo, que, após processamento para retirada de material inadequado – como material orgânico, madeiras, entre outros –, foi destinado ao setor da construção civil, que possui alta demanda pela areia extraída.

Nessa análise, no período entre 1988 e 1994, o custo por metro cúbico retirado ficou na ordem de US\$8,8, valor que pode ser adotado como parâmetro, caso haja interesse futuro no processo de retirada do material sedimentado no reservatório (CHAVES, 1998).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados pelos dados obtidos nesta pesquisa nos possibilitam apontar sugestões, sobretudo no que tange a questão de manter a disponibilidade hídrica do reservatório do rio Santo Anastácio em garantir o acesso da população aos serviços essenciais do saneamento básico, no pilar abastecimento público.

O acesso ao saneamento básico é um direito universal, embora não seja a realidade vivenciada, principalmente nos grandes centros urbanos, o que atinge de maneira mais aguda os cidadãos que habitam comunidades cuja carência nessa área é alarmante. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada U\$\$ 1 gasto em saneamento básico, são economizados U\$\$ 4 com saúde pública (MADEIRA, 2010, p. 125).

Assim, a questão do abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto é também uma questão de saúde pública. Nesse cenário desafiador é notável o patamar atingido pelo município de Presidente Prudente, com a superação dos problemas que se apresentaram desde sua fundação, mantendo-o continuamente na busca de soluções para os problemas, que foram superados ao longo do tempo. Os dados do município se destacam quando à luz do novo marco regulatório do saneamento básico, cuja implementação está a cargo da ANA, que prevê a sua universalização para o Brasil até o ano de 2033, com metas ousadas de cobertura e atendimento de 99% da população com acesso à água potável e 90% com atendimento de coleta e tratamento de esgotos (BRASIL, 2021).

No cenário atual das recorrentes crises hídricas, a segurança hídrica é tema obrigatório aos diversos setores, pois demanda esforços conjuntos de todos os atores sociais. O problema afeta a todos, basta observarmos os níveis críticos de rebaixamento do reservatório do rio Santo Anastácio em função do baixo volume de precipitação registrado no ano de 2021

É primordial uma governança participativa que envolva os prefeitos de todos os municípios que compõem a área do alto curso do rio Santo Anastácio, bem como a operadora do sistema de saneamento de Presidente Prudente (Sabesp), o comitê de bacias hidrográficas e demais setores interessados envolvidos na área de abrangência do manancial, para discutir novos modelos de usos agrícolas da água para irrigação (posto que ocorrem grandes desperdícios nesse setor) e dessedentação animal, não permitindo que os animais tenham acesso direto ao curso d'água, de maneira a evitar o pisoteio e a destruição das nascentes. E o mais importante, a recomposição das áreas já degradadas de APP, além de cuidar da preservação das áreas que resistiram às ações antrópicas.

Diversos estudos já foram desenvolvidos na área do manancial visando subsidiar ações de planejamento socioambiental e recuperação de áreas de APP. Dentre eles, destacam-se Dibieso (2007; 2013), Gonçalves (2013), Leal *et al.* (2015), Hatsumara (2018), Okado; Leal (2018) e Nunes (2018).

É imprescindível que ocorra uma retomada das ações que visam a recuperação das áreas degradadas, de mobilização e engajamento da sociedade civil através de ações de educação ambiental, campanhas de uso racional da água, e forte atuação com a população residente na área urbana e rural do manancial. Essas ações devem ser capitaneadas pelo CBHPP, levando em consideração as características intermunicipais da área de abrangência do manancial.

O poder executivo, através da prefeitura municipal de Presidente Prudente, elaborou projeto visando implantar na área do alto curso o programa produtor de água, inovando com a ideia do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) (2019). Caso esse projeto dê frutos, pode ser um grande impulsionador dos projetos de recuperação, tendo em vista que os pequenos proprietários passariam a receber incentivo financeiro para manter suas áreas de preservação, além de recuperar outras áreas que já se encontram degradadas.

É notório e evidente que se não tratarmos da questão da produção de água no manancial – através de técnicas de restauração, conservação e Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) não obteremos êxito. É preciso recuperar a capacidade de produção de água dos rios tributários e, por conseguinte, a vazão do rio principal, possibilitando, assim, uma capacidade de se perenizar um volume de vazão constante, principalmente em períodos hidrológicos com baixo índice pluviométricos.

O interessante é que ao tratarmos de uma questão como a da produção de água no manancial, também estamos trabalhando as questões de qualidade e de comprometimento do reservatório, através do processo de deposição de sedimentos e, por conseguinte, da perda de área de armazenamento.

Embora o reservatório tenha apresentado uma elevada vida útil, não significa que podemos nos tranquilizar, pelo contrário, ele é apenas uma estrutura física que visa possibilitar a regularização de vazão para captação, porém, se não houver um volume afluente suficiente para exploração, com água em quantidade e qualidade, o mesmo não cumprirá seu papel e a cidade de Presidente Prudente pode correr riscos de desabastecimento público.

No tocante à qualidade de água do reservatório, de acordo com os dados distribuídos temporal e espacialmente nos pontos determinados, aponta-se para uma boa qualidade de água bruta dos valores médios, dentro dos limites legais estabelecidos pela resolução CONAMA

357/05 e Consolidação nº 05, de 2017. Pontualmente, alguns parâmetros como Cor Verdadeira e Turbidez apontaram resultados acima dos limites, principalmente, após eventos de precipitação. Do ponto de vista técnico, o manancial apresenta boas condições para abastecimento público, garantindo, assim, o uso das suas águas para continuar contribuindo como sistema produtor para o município.

Por fim, dentro de toda essa dinâmica complexa e incessante, ficou demonstrado que o reservatório continua com seu potencial e cumprindo a missão para a qual foi projetado desde sua criação, em 1968, pois apresenta uma vida útil elevada, seguindo rumo a um futuro que, esperamos, seja repleto de boas ações, no que tange à recuperação das áreas degradadas de sua bacia hidrográfica, possibilitando-lhe acréscimo de vazão, de modo a perpetuar para as futuras gerações suas águas em abundância e qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. S. **Formação Histórica de uma cidade Pioneira Paulista**. Presidente Prudente, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, 1972.

AMORIM, M.C.C.T. “Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno”. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 20, n. 39 um. 2005.

ARANA, A.R.A; BEZERRA, J.P.P; GONÇALVES, D.L; LEAL, A.C; OSCO, L.P, A.P.M. “Gestão das águas e planejamento ambiental: Área de preservação permanente no manancial do alto curso do rio Santo Anastácio – SP”. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V.11, nº 02 (2018), 674-686.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Relatório de Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acesso em: 13 set. 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas de água e esgotos** – Aplicativo mobile para sistema Android. Governo do Brasil. Google Play Store 2019. Acesso em: 20 nov. 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Panorama do Saneamento no Brasil: ANA, 2021**. Disponível em <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**, Brasília, DF, 116 p. 2019. Disponível em <<https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ANANIAS, N. T: Educação Ambiental e Água: **Concepções e práticas educativas em escolas municipais**. Dissertação de mestrado, UNESP- Presidente Prudente, 2012. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92242/anancias_nt_me_prud.pdf?sequence=1&isAllowed=y> acessado em 18/09/2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do sistema único de saúde**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-de-consolidacao-no-5-de-3-de-outubro-de-2017.pdf/view>> Acesso em: 12 de mar. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. 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, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 24 jul. 2020.

BRASIL. **NOVO CÓDIGO FLORESTAL LEI Nº 12.651**, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 20 out. 2020.

BRASIL. “Marco Legal do Saneamento completa um ano, 2021”. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2021/07/marco-legal-do-saneamento-completa-um-ano>>. Acesso em: 17 set. 2021.

BORGES, L. A. C. *et al.* “Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira”. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1202-1210, Jul/2011. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000700016>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

BRANDÃO, E. T. Prudente. **Cianobactérias e Saúde Pública no Brasil**. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências – Departamento de Biologia Animal da Universidade de Lisboa, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ul.pt/handle/10451/1380>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

BOIN, M.N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. (Tese doutorado em Geociências e Meio Ambiente) IGCE de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000, 264p. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102872>>. Acesso em: 20 out. 2020.

BUFFON, A. G.M. **Estudo de Assoreamento e sua relação com a vida útil do reservatório Vila Velha, Pirassununga, SP**. Tese de Doutorado em Geociências. UNESP, Rio Claro, 313 p., 2006.

CABRAL, J. B. P. “Estudo do Processo de Assoreamento em Reservatórios: Programa de Pós-Graduação em Geografia”. **Caminhos da Geografia** 6(14) 62-69, Fev./2005.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M.C.C.T. “Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto”. **Revista Departamento de Geografia** – USP, 2014.

CARVALHO, W.A. (Coord.). **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Santo Anastácio – SP**. Presidente Prudente, SP: FCT-UNESP, (Boletim científico, n. 2), 1997.

CARVALHO, N.O. **Assoreamento de reservatórios – consequências e mitigação dos efeitos**. In: IV Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos. Santa Maria – RS.1-22p. 2000.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática: CPRM e Eletrobrás**. Rio de Janeiro, RJ. 384 p., 1994.

CARVALHO, N.O: **Curso de Transporte de Sedimentos e cálculo de vida útil de reservatórios**. Curitiba, PR. 1991.

CAMARGO, C.E.S. **Qualidade Ambiental Urbana em Presidente Prudente – SP**. Dissertação mestrado Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente: 2007. 152 p. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96778>>. Acesso em: 10 nov. 2021.

COELHO, M.P. **Análise do processo de assoreamento do reservatório de Americana – SP**. Dissertação de Mestrado em Geociências. Universidade Estadual Paulista. UNESP – Rio Claro. 69 p. 1993.

COOK, C; BAKKER, K: “Water security: Debating an emerging paradigm”. **Global Environmental Change**, 22, Edição 1, p. 94-102, feb./2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

CBH-PP – Comitê de Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema. **Relatório de situação dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema ano base 2020**. Presidente Prudente, nov. de 2021. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/relatoriosituacaodosrecursoshidricos>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

CETESB. COMPANHIA TECNOLÓGICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Escola superior da CETESB. **Gestão do conhecimento Ambiental, Fundamentos do controle de poluição das águas**. 2018. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/11/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas-T3.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2020.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO N. 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2020.

DIBIESO, E. P. **Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro – Presidente Prudente – SP**. Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Dissertação de Mestrado, 157 f. 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96746>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos: Estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio – São Paulo – Brasil**: Tese doutorado, UNESP – Presidente Prudente, 283f. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105072>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ESTEVES, F.A: **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FAUSTO, B.: **História do Brasil**. Editora Universidade de São Paulo: São Paulo, 2006

FALTA D’ ÁGUA NA VILA NOVA PRUDENTE: Jornal **O Imparcial**, Presidente Prudente, 26 de mar. de 1978.

FAGUNDES, B. “Um breve panorama dos cursos d’água na paisagem urbana de Presidente Prudente – SP”. In: **Revista Geografia em Atos (Geoatos online)**, v. 02, n.09, pp. 05-21, 2019.

GAGG, G. **Levantamentos Hidrográficos – Noções Gerais**. UFRGS – IGEO, Departamento de Geodesia, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/157210/001020445.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 dez. 2020

GEOLOGIA E AS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS. SIGRH. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6381/i_2_1geologia.pdf>. Acesso em: 20 jul.2020.

GONÇALVES, T.N; LEAL, A.C. “Políticas Públicas Ambientais nos municípios da bacia hidrográfica do manancial do rio Santo Anastácio – UGRHI-22 – São Paulo – Brasil”. **Anais SNCMA**, 2017.

GONÇALVES, F., ROCHA, P.C; FERREIRA, C.C. **Uso e ocupação da terra e suas influências em parâmetros químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba, PR, Brasil, p. 1248-1255, 2011.

GUIMARÃES, M. S. **Jornal A Voz do Povo**; Presidente Prudente. Edição nº 255, 2 de agosto de 1931.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE-CPTEC. Princípios de Meteorologia e Meio Ambiente Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição, n. 4. Rio de Janeiro: 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativa de população Presidente Prudente**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidenteprudente/panorama>>. Acesso em: 05 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse Estatística de Presidente Prudente**. Rio de Janeiro, 1945.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, 1:500.000. São Paulo, IPT. 2v. (IPT, Monografia 6, Pub. 1184), 1981a.

LEITE, J. F. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. Editora Hucitec: São Paulo, 1998.

LOPES, M.C. **Qualidade das águas de represas artificiais do córrego da Olaria Pindorama – SP: Perspectivas para o controle e manejo do solo e da água para usos múltiplos**. Tese Doutorado, UNESP – Jaboticabal, 76p, 2019. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191373>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

MAIA, A.G. **As consequências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens**. Tese Doutorado, USP – São Carlos, 2006. Disponível em: DOI: <[10.11606/T.18.2006.tde-18022007-204402](https://doi.org/10.11606/T.18.2006.tde-18022007-204402)>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MADEIRA, R. F. **O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para a universalização de acesso**. BNDES, Biblioteca digital, Junho/2010 Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4782/1/RB%2033%20O%20setor%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

MELO, Marília Carvalho; JOHNSON, Rosa Maria Formiga. “O Conceito Emergente de Segurança Hídrica”. **Sustentare**, v.1, n. 1, pp. 72-92, Três Corações, Dez/2017. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5892/st.v1i1.4325>>. Acesso em: 7 jan. 2022.

MILANI, E. J. *et al.* **Bacia do Paraná: Boletim de Geociências Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2 pp. 265-287, 2007.

MOMBEIG, P. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. Editora Hucitec; São Paulo, 1984.

NASA U.S.A GIOVANNI. “Time-serie: area averaged of Precipitation rate daily 0.25 deg”. New York, 2021. Disponível em: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=ArAvTs&starttime=&endtime=&data=TRMM_3B42_Daily_7_precipitation&dataKeyword=Precipitation>. Acesso em: 15 fev. 2021.

NASA U.S.A GIOVANNI. “Time-serie: area averaged of Temperature at Surface Day Time/ Ascending, Airs Only”. New York, 2021. Disponível em: <[https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=ArAvTs&starttime=2002-08-31T00:00:00Z&endtime=2021-04-19T23:59:59Z&bbox=-51.4,-22.4,-51.2,-22.3&data=AIRS3STD_7_0_SurfAirTemp_A\(units%3DC\)&dataKeyword=temperature%20surface%20air](https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=ArAvTs&starttime=2002-08-31T00:00:00Z&endtime=2021-04-19T23:59:59Z&bbox=-51.4,-22.4,-51.2,-22.3&data=AIRS3STD_7_0_SurfAirTemp_A(units%3DC)&dataKeyword=temperature%20surface%20air)>. Acesso em: 18 mai. 2021.

NUNES, H. M. **Aplicação de modelo de correlação entre uso e cobertura da terra e qualidade da água no manancial do alto curso do rio Santo Anastácio – UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema – São Paulo, Brasil**. Dissertação mestrado, UNESP, Ilha Solteira: 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157183>>. Acesso em: 15 out. 2020.

OKADO, M, N. A; LEAL, A, C. “Conflitos do uso da terra nas áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio – Pontal do Paranapanema – São Paulo – Brasil”. **IX Simpósio Nacional de Ciências e Meio Ambiente- SNCMA- III CIPGEX**. (1335-1346) 2018. <<http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPGEX/article/view/3127/1447>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

PIVELI, R. P. **Curso de Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-químicos, Aula 5; Características físicas das águas: Cor, Turbidez, Sólidos, Temperatura, Sabor e Odor**. 27 de julho de 2004 Disponível em <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>>. Acesso em: 2 de jun. 2021.

PORTO, M.F.A; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias Hidrográficas**. Estudos Avançados 22 (p. 43-60) 2008.

Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

SAMPAIO, B. D. S. **Uso e cobertura da terra e qualidade da água na bacia hidrográfica do ribeirão Vai-e-Vem. Município de Santo Anastácio – São Paulo – Brasil**. Dissertação de mestrado. UNESP – Presidente Prudente, 2018.

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191107/sampaio_bds_me_prud.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Acesso 23 jul. 2020.

SÃO PAULO (ESTADO). **Lei nº 16.337**. 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH e dá providências correlatas. Disponível em: <http://www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/dg280202.nsf/ae9f9e0701e533aa032572e6006cf5fd/2c1572fdb9c11b678325808a0046526a?OpenDocument>. Acesso em: 24 jul. 2020.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto nº 10.755** de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento de corpos d'água receptores na classificação prevista no Decreto n. 8.468 (1). De 8 de setembro de 1976, e dá outras providências correlatas.

Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/DECRETO-N%C2%BA-10.755-DE-22-DE-NOVEMBRO-DE-1977.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

SABESP – Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Sistema de Abastecimento de água de Presidente Prudente; Ampliações e melhorias do Sistema de Produção Volume VII**, COPLASA S.A, fevereiro de 1986.

SABESP – Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo. “Notícias institucionais”. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias>> de 29/06/2017. Acesso em: 18 set. de 2020.

SABESP – Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Levantamento Topográfico Batimétrico da estação de captação de Águas do reservatório do rio Santo Anastácio**, Presidente Prudente, 20 de julho de 2021.

SANTOS, B. B. M. “Segurança Hídrica da região metropolitana do Rio de Janeiro: Contribuições para o debate”. **Ambiente & Sociedade**, V XIX n. 41, p. 103-120, São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC150132R1V1912016>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SILVA, M.A. **Monitoramento limnológico em canais das bacias hidrográficas do rio Pirapozinho e do córrego do Limoeiro – SP**: Dissertação de mestrado – UNESP – Presidente Prudente, 2014. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/149239>>. Acesso em: 08 out. 2020.

SILVA, S.L. **Reconstrução Paleoclimática da eutrofização na represa Guarapiranga com base em multitraçadores biogeoquímicos**, SP: Tese doutorado, UNESP, Rio Claro, 225f, 2013. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/100656>>. Acesso em: 06 set. 2020.

SILVA, F. P. **Geologia e Hidroestratigrafia do grupo Bauru no estado de São Paulo**. Tese doutorado, 166 p. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103040>>. Acesso em: 10 set. 2020.

SILVA, F.P, CHANG. H.K., CHANG, M.R.C, STRADIOTO, M. R. “Sucessão Sedimentar do Grupo Bauru na região de Pirapozinho – SP”. **Revista Brasileira de Geociências**, Unesp: São Paulo, n. 1 pp. 17-26: 2006.

SANT’ANNA NETO, J. L. “Por uma Geografia do Clima, Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento”. **Revista Terra livre**, n. 17, São Paulo: 2001.

SANT’ANNA NETO, J. L. “Clima e organização do espaço”. **Boletim de Geografia**, v. 16, n. 1, p. 119-132, 2 fev. 2011. Disponível em <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12158>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

SOARES P.C; Ladin. PMB; Fúlfaro, V.J Sobreiro Neto, A.F. “Ensaio de Caracterização Estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru”. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 10 n. 3, p. 177-185, 1980.

SOUZA, M, C.C; AMORIM, M.C.C. **Risco e Vulnerabilidade Socioespacial: O exemplo da Bacia Córrego do Veado em Presidente Prudente (SP)**. UNESP: Presidente Prudente, 2016.

SPERLING, V. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2ª edição, 1996.

STANDART METHODS. **Examination of Water and Wasterwater, American Public Health Association, American Water Uorhs Association, Water Enviroment Federation**. 2018. acessad provided by Companhia Saneamento Básico.

TOMMASELLI, José Tadeu Garcia. “Aula de Introdução à Hidrologia”. Mestrado Profissional em Geografia, UNESP: Presidente Prudente, 30 out. de 2020.

TOME, M. A.E.P. **Levantamento batimétrico do rio Curuçá-PA**. Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Ciberespacial – Engenharia Cartográfica e Agrimensura. TCC, 2019. Disponível em: <<http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1320>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**; RiMa, IIE: São Carlos, 2003.

TUNDISI, J.G; MATSUMARA, T.T: **Limnologia**. Oficina de textos: São Paulo, 2008.

ROCHA, J.S.M; KURTZ, S.M.J. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria, 4ª edição, UFSM: Santa Maria – RS, 2001.