

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

SIMONE SANTOS DA SILVA

**ESTIMATIVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO MANANCIAL MANOEL
VICENTE DE MARIA PARA ATENDIMENTO AO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO/PB.**

Cajazeiras-PB
2021

SIMONE SANTOS DA SILVA

**ESTIMATIVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO MANANCIAL MANOEL
VICENTE DE MARIA PARA ATENDIMENTO AO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO/PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Me Iarly Vanderlei da Silveira.

IFPB
Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

S586e

Silva, Simone Santos da

Estimativa de disponibilidade hídrica do Manancial Manoel Vicente de Maria para atendimento ao sistema de abastecimento de água do município de São Francisco/PB / Simone Santos da Silva; orientador Iarly Vanderlei da Silveira. - 2021.

55 f.: il.

Orientador: Iarly Vanderlei da Silveira.

TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

1. Disponibilidade hídrica 2. Sistema de Abastecimento de água 3. Manancial Manoel Vicente de Maria I. Título

CDU 556.12/16(0.067)

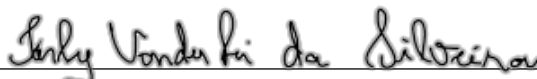
SIMONE SANTOS DA SILVA

**ESTIMATIVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO MANANCIAL MANOEL
VICENTE DE MARIA PARA ATENDIMENTO DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO/PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 24 de Setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Me. Iarly Vanderlei da Silveira – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador



Heloisa Nascimento de Andrade – Engenharia Civil
Coorientador



Cinthya Santos da Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinadora

*Ao meu avô Justino, por todos os ensinamentos
e amor durante essa jornada!!*

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha família, em especial ao meu avô Justino Felix, minha mãe Maria do Socorro e meu pai Nilson Paulo, por estarem sempre presentes na minha vida, por todo incentivo e cumplicidade durante toda jornada, essa vitória dedico totalmente a vocês.

Aos meus irmãos, Sabrina, Raynara e Denilson por serem os meus amigos, companheiros e por toda colaboração nos momentos mais difíceis.

Ao meu namorado José Neto por toda paciência, companheirismo, confiança durante todos esses anos, obrigada por ser meu ponto equilíbrio e fé. Sou grata a Deus por ter você, te amo.

Aos meus amigos Janderson Brendo, Fernanda Nair, Andressa Pedrosa, Helyda Ruama, Harla Thaiany, Mikaias Andrade, Andressa Gomes e Evilly Raquel por terem compartilhado os melhores risos e os maiores choros de desespero, sou grata por ter vocês em minha vida.

Ao meu orientador Iarly Vanderlei, pela orientação, amizade e confiança depositados em mim na realização do estudo.

A minha Coorientadora, Heloisa Nascimento, por toda orientação, preocupação e palavras de apoio, obrigada por se fazer sempre presente nessa jornada.

Aos professores da graduação pelos ensinamentos, conhecimentos transmitidos, os quais foram essenciais na minha formação de Engenheira Civil.

Ao Instituto Federal da Paraíba, IFPB, funcionários e direção por todo apoio durante essa jornada, obrigada por tornarem esse sonho possível.

RESUMO

Dentre os muitos aspectos que qualificam o direito a saúde está o direito ao abastecimento de água com nível de potabilidade dentro dos padrões exigidos pelos órgãos reguladores, a exemplo do Ministério da Saúde, bem como o acesso ao saneamento básico e esgotamento sanitário conforme prevê a Lei 11.445 de 2007. Neste sentido, este trabalho tem como intuito realizar uma estimativa de disponibilidade hídrica do manancial Manoel Vicente de Maria para o atendimento ao sistema de abastecimento de água do Município de São Francisco/PB para um horizonte de projeto de 20 anos. Para isto foi necessário determinar a projeção populacional do Município, verificando qual o tipo de método de estimativa populacional é mais adequado para o presente estudo, outro ponto avaliado neste trabalho refere-se ao dimensionamento da bomba e o comparativo realizado entre o sistema atual de abastecimento de água e o sistema necessário para o ano de 2040. Verificou-se a necessidade de substituição da bomba existente, bem como mudanças nas tubulações de sucção, uma vez que a vazão demandada passará de 17 m³/h para 27,37 m³/h. Foi estabelecido, ainda, um cenário de otimização para o atendimento da demanda de água da Cidade, verificando qual a população máxima que este reservatório, em condições normais, consegue atender. Tais verificações foram fundamentais para avaliar a eficiência do sistema de abastecimento de água do Município. Bem como a realização de projeções populacionais para que se entenda o perfil de crescimento da Cidade possibilitando que o poder público adote medidas de forma planejada e coordenada evitando, desse modo, problemas de descontinuidade de abastecimento, ou mesmo, em situações excepcionais o colapso parcial ou total do sistema. Assim, através do estudo realizado foi possível concluir a importância do monitoramento constante dos corpos hídricos, identificando no mais curto espaço de tempo captações irregulares ou mesmo problemas na estrutura física do manancial.

Palavras-Chave: Disponibilidade hídrica. Sistema de Abastecimento de água. Manancial Manoel Vicente de Maria.

ABSTRACT

Among the many aspects that qualify the right to health is the right to water supply with a level of potability within the standards required by regulatory bodies, such as the Ministry of Health, as well as access to basic sanitation and sanitary sewage as provided for in the Law 11,445 of 2007. In this sense, this work aims to estimate the water availability of the Manoel Vicente de Maria spring to serve the water supply system in the Municipality of São Francisco / PB for a 20-year project horizon. For this, it was necessary to determine the population projection of the Municipality, verifying which type of population estimation method is most suitable for this study. of water and the necessary system for the year 2040. It was verified the need to replace the existing pump, as well as changes in the suction pipes, since the flow demanded will increase from 17 m³ / h to 27.37 m³ / h. An optimization scenario was also established to meet the city's water demand, verifying the maximum population that this reservoir, under normal conditions, can meet. Such checks were essential to assess the efficiency of the city's water supply system. As well as carrying out population projections to understand the city's growth profile, enabling the government to adopt measures in a planned and coordinated manner, thus avoiding problems of discontinuity of supply, or even, in exceptional situations, partial or total system. Thus, through the study carried out, it was possible to fulfill the importance of constant monitoring of water bodies, identifying in the shortest possible time irregular abstractions or even problems in the physical structure of the source.

Keywords: Water availability. Water supply system. Manoel Vicente de Maria fountainhead.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Sistema de abastecimento de água com captação em curso de água.....	21
FIGURA 2: Fluxograma metodológico.....	27
FIGURA 3: Localização geográfica de São Francisco/PB.....	28
FIGURA 4: Bacia Rio do Peixe e as respectivas cidades.....	29
Figura 5: Posicionamento do manancial do Paraíso em relação ao Município.	30
Figura 6: Posicionamento do manancial Manoel Vicente de Maria em relação ao Município.	31
FIGURA 7: Principais vias de acesso do Município de São Francisco/PB.....	31
FIGURA 8: Mapa de localização do Município de São Francisco/PB	32
FIGURA 9: Curva logística	34
FIGURA 10: Diagrama de características	40
FIGURA 11: Curva características das bombas	40
FIGURA 12: Crescimento aritmético da população.....	42
FIGURA 13: Crescimento geométrico da população.....	43
FIGURA 14: Curva logística da população.....	44
FIGURA 15: Regressão da população.....	45
FIGURA 16: Perfil de elevação do traçado da adutora	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: População para o método logístico	44
TABELA 2: Regressão populacional	45
TABELA 3: Erros da regressão populacional	46
TABELA 4: Perda de carga localizada.....	48
TABELA 5: Acréscimo recomendados para motores elétricos.....	49

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Consumo médio per capita.....	36
QUADRO 2: Comparativo entre os parâmetros do SAA para o ano de 2021 e 2040.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAGEPA	Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETA	Estação de Tratamento de água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PB	Paraíba
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SDR	Secretaria de Desenvolvimento Regional
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a infância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E SEUS MULTIPLOS USOS.....	17
3.2	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SUAS CONCEPÇÕES.....	19
3.2.1	Manancial.....	21
3.2.2	Captação	22
3.2.3	Adutoras	24
3.2.4	Estação elevatória.....	24
3.2.5	Estação de tratamento de água	25
3.2.6	Reservatórios.....	25
3.2.7	Redes de distribuição	26
4	METODOLOGIA	27
4.1	Caracterização da área de estudo	28
4.1.1	Localização da área de estudo.....	28
4.1.1.1	Fontes de abastecimento.....	29
4.1.1.1.1	Manancial Luiz Oliveira (Paraiso)	30
4.1.1.1.2	Manancial Manoel Vicente de Maria (Sede).....	30
4.1.2	ÁREA DE ESTUDO E PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO.....	31
4.2	PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO	32
4.2.1	CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA	32
4.2.1.1	Estudo Populacional.....	33

	13
4.2.1.1.1	Projeção aritmética..... 33
4.2.1.1.2	Projeção geométrica 33
4.2.1.1.3	Curva Logística 34
4.2.1.1.4	Método de Regressão 35
4.2.1.2	VAZÃO DE ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA (Q_1)..... 36
4.2.1.2.1	Consumo per capita (q) 36
4.2.1.2.2	Coefficiente do dia de maior consumo (k_1) 37
4.2.1.2.3	Consumo da ETA 37
4.2.1.2.4	Consumo Q_{esp} 37
4.2.1.3	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA MOTOR-BOMBA..... 37
4.2.1.4	CENÁRIO DE COLAPSO..... 40
5	RESULTADOS E ANÁLISES 42
5.1	ESTUDO POPULACIONAL 42
5.2	VAZÃO DE ADUÇÃO (Q_1) 46
5.3	DIMENSIONAMENTO DE BOMBAS 47
5.4	CENÁRIO DE COLAPSO 49
6	CONCLUSÃO 52
	REFERÊNCIAS 53

1 INTRODUÇÃO

A Constituição Federal do Brasil em seu Artigo 6º trata que “(...) são direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o transporte, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição” (BRASIL, 1988).

Dentre os muitos aspectos que qualificam o direito a saúde está o direito ao abastecimento de água com nível de potabilidade dentro dos padrões exigidos pelos órgãos reguladores, a exemplo do Ministério da Saúde, bem como o acesso ao saneamento básico e esgotamento sanitário conforme prevê a Lei 11.445 de 2007 (BRASIL, 2007).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) quase 94% das pessoas afetadas por secas em 2019 vivem na região Nordeste, que contabiliza 80% dos registros do país. Outro dado importante foi apresentado pelo Relatório Mundial Sobre Água elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) no qual foi registrado que mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que experimentam estresse hídrico, que é a proporção anual entre o total de água potável retirada pelos principais setores e a quantidade total de recursos hídricos renováveis. Mesmo no Brasil, que é um país hidricamente favorecido, cerca de 20% da população não tem acesso à água tratada (SNIS, 2018).

Diante desse contexto foi promulgada em 8 de janeiro de 1997 a Lei 9.433 a qual estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, ficando conhecida como a “Lei das Águas”. Este dispositivo legal trouxe como objetivos assegurar à sociedade água em qualidade e quantidade adequadas, bem como a utilização de forma racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável e a realização da prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos (BRASIL, 1997).

De acordo com o Ministério da Integração Nacional (SDR/MI, 2005), a cidade de São Francisco/PB está inserida na delimitação do semiárido brasileiro, sendo caracterizada pela ausência e irregularidade de chuvas. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) o Município faz parte da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu que é a maior da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com área total de 43.683 km². Seu território divide-se entre os Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%).

Portanto, considerando a localização geográfica do Município e seu perfil pluviométrico faz-se necessária a realização de avaliações da capacidade de armazenamento da água captada pelos mananciais e sua correta distribuição através do sistema de abastecimento existente na

cidade, garantindo assim, o cumprimento do princípio constitucional de acesso à água tratada como garantia de saúde e bem-estar para a população.

Conforme as informações apresentadas, trabalhos que abordem tal temática são de grande importância, pois evidenciam novas perspectivas do funcionamento dos sistemas de abastecimento de água, além de introduzirem metodologias de operação mais eficientes. Pensando nisso, este trabalho tem como intuito realizar uma estimativa de disponibilidade hídrica do manancial Manoel Vicente de Maria para o atendimento ao sistema de abastecimento de água do Município de São Francisco/PB.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a disponibilidade hídrica do manancial Manoel Vicente de Maria para o atendimento da demanda de abastecimento de água do Município de São Francisco/PB em um horizonte de projeto de 20 anos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar qual a população máxima que este reservatório, em condições normais, conseguirá atender;
- Dimensionar o sistema de bombeamento que atenderá a nova população estimada;
- Estabelecer um cenário de colapso para o atendimento da demanda de água do Município de São Francisco/PB através do manancial Manoel Vicente de Maria.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E SEUS MULTIPLOS USOS

Ao longo dos anos, as civilizações evoluíram os seus hábitos e se transformaram, com isso, as ferramentas e os sistemas vem sendo aprimorados para atender as necessidades de higiene e saúde uma vez que a ausência desses serviços ocasionou diversos surtos de enfermidades. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), aproximadamente 85% das doenças conhecidas são de veiculação hídrica, por exemplo: cólera, gastroenterite, febre tifoide, hepatite infecciosa, giardíase, entre outras (GITANA, 2019).

Atualmente, o planeta apresenta cerca de 2,2 bilhões de pessoas em todo o mundo que não possuem acesso aos serviços de água tratada, 4,2 bilhões de pessoas não têm serviços de saneamento adequado e 3 bilhões não possuem instalações básicas para a higienização das mãos (UNICEF, 2019).

O Ministério da Saúde, conforme Portaria nº 888/2017, define sistema de abastecimento de água para consumo humano como sendo uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, através de redes de distribuição. (BRASIL, 2021).

O perfil de consumo de água difere de comunidade para comunidade e está relacionada diretamente a forma de viver desta. Alguns aspectos que interferem no consumo podem ser o clima, hábitos da população, nível socioeconômico da população, custo da tarifa, qualidade da água, pressão, dentre outros (AZEVEDO NETO, M. F. FERNANDEZ, R. ARAUJO, 1998).

É importante, inicialmente, entender qual a situação hídrica do Brasil e como estas reservas estão distribuídas:

Através do panorama dos recursos hídricos, apresentado no relatório da “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil” – estudo realizado em 2010 pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2013). Nota-se que em termos globais o Brasil apresenta situação confortável quanto a disponibilidade de recursos, porém há uma desigualdade na distribuição espacial deste recurso no território brasileiro. A região nordeste é menos favorecida pelos recursos hídricos, pois a mesma apresenta baixos índices pluviométricos (inferiores a 900 mm) e regime irregular, tornando necessário a construção de açudes para garantir a oferta de água, já que os mesmos desempenham papel relevante na gestão dos recursos hídricos pela capacidade de estocar e atender a diversos usos de água (RODRIGUES, 2014).

Nesse contexto o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) possui como objetivo administrar a gestão das águas, resolver as divergências sobre os recursos hídricos, regulamentar, controlar, preservar, recuperar os usos e recursos hídricos, juntamente com proporcionar a arrecadação pelo uso dos recursos. É composto por “representantes do Conselho Nacional de Recursos Hídricos; Agência Nacional de Águas (ANA); Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; Comitês de Bacia Hidrográfica; órgãos dos poderes públicos” (IBRAHIN, 2015).

Já a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, diz que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes”, ela institui os padrões de qualidade, as características físicas, químicas e biológicas que devem ser monitoradas e a classificação dos tratamentos (BRASIL, 2005).

Outro dispositivo legal muito importante a ser considerado quando se trata da gestão dos recursos hídricos é a Lei 11445/2007 que trata das principais diretrizes relacionadas ao Saneamento Básico no Brasil, conforme trecho abaixo:

A Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais do saneamento básico, especificando as necessidades de garantia de atendimentos das populações urbanas e rurais dos municípios, por meio de projetos compatíveis às suas particularidades econômicas e sociais. Determina os conceitos essenciais para prestação dos serviços, as obrigações dos titulares e dos municípios para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Os requisitos para a delegação e retomada dos serviços, as orientações sobre a relação entre os titulares e os prestadores de serviços. Envolve ainda as esferas federais, estaduais e municipais, onde para o governo federal obriga a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), já para o estadual a responsabilidade sobre as companhias que prestam os serviços de abastecimento de água, tratamento de esgoto e assegurar que os serviços sejam cumpridos de forma correta e favorável a população. E por fim, para a esfera municipal, a determinação se as prestações de serviços serão de forma direta ou indireta, disposição dos processos para prestações de serviços, escolha dos princípios para garantia da qualidade de água em quantidades suficientes, estabelecimento dos direitos e deveres dos consumidores e órgãos responsáveis pelas fiscalizações e regulamentações, criação de sistemas de informações sobre os serviços e estabelecimento de sistemas de cobranças de taxas e tarifas (BRASIL, 2007).

No Brasil, a Lei da Água promulgada em 1997 determina as principais ações relacionadas a gestão dos Recursos Hídricos, conforme pode ser verificado no trecho abaixo:

A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, intitulada como Lei das Águas, estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e dispõe que a água é um bem de domínio público, limitado e com valor econômico. Determina que em casos de escassez a prioridade é o consumo humano seguido do consumo dos animais. Assegura os múltiplos usos da água, a administração dos recursos hídricos com atuação das comunidades, usuários e poder público, que a “bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação” da PNRH e do Singreh, e que para o uso da água necessita-se de outorga de uso concedida pelo poder público federal ou estadual, dependendo de com quem está o domínio dessa água. Nesse uso, estão inclusos os sistemas de abastecimento de água, extração de manancial por aquífero subterrâneo e lançamentos de esgotos nos corpos hídricos (BRASIL, 1997).

Na elaboração do plano municipal, é preciso realizar levantamentos para caracterizar o sistema de abastecimento de água, bem como avaliar a disponibilidade hídrica do manancial, uma vez que estes são os principais elementos para o planejamento e escolha da tecnologia a ser adotada, juntamente com debates sobre os riscos abrangidos, custos e outorgas, além de realizar-se os levantamentos de todo o sistema de abastecimento, verificando também suas capacidades e características, que devem ser bem analisadas, pois influenciam no seu funcionamento atual, futuro e nas suas perdas (BRASIL, 2011).

3.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SUAS CONCEPÇÕES

De acordo com a NBR 12211/92 o sistema de abastecimento de água (SAA) é um conjunto de obras e instalações que englobam a captação, adução, tratamento e distribuição de água potável para atender uma determinada população, beneficiando os indivíduos que a compõem.

Durante a concepção do SAA é necessário identificar e quantificar os fatores que podem gerar interferências no sistema de abastecimento de água, bem como diagnosticar o sistema já existente e considerar as projeções atuais e futuras para estabelecer parâmetros básicos do projeto a fim de investigar as melhores alternativas a partir dos estudos técnicos feitos anteriormente (TSUTIYA, 2006).

Dados importantes sobre a distribuição e abastecimento de água no Brasil são fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019)

De acordo com SNIS (2019) a situação do abastecimento de água no Brasil quando comparado os números de níveis globais de população atendida, pode ser compreendido como razoavelmente bom, onde 170.804.516 habitantes são atendidos com abastecimento de água o que representa 81,3% da população total do país, levando em consideração o ano de 2019 em que foi publicado o diagnóstico dos serviços de água e esgoto do país, a população da época era de 210.147.125 pessoas. Um dos maiores problemas encontrados no abastecimento de água no Brasil são os altos índices de perdas. Existe uma grande variação nas perdas de distribuição, sendo encontrados valores de 27,2 % no Distrito Federal, até 76,5% no estado do Amapá. Além disso, são índices que não obtiveram melhora considerável na última década (SNIS, 2013).

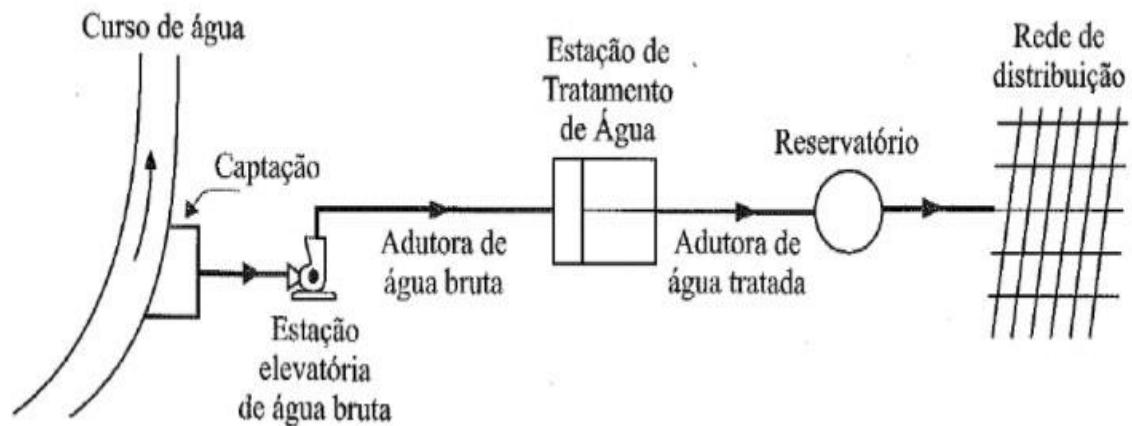
Quando se trata de sistemas de abastecimento de água, existem dois tipos de perdas que podem ocorrer, classificadas em reais e aparentes. As perdas reais consistem em vazamentos nas redes de distribuição e adutoras, esses podem ser aflorantes quando é possível visualizar o problema, e não aflorantes quando só é possível, para casos específicos, a verificação do vazamento por métodos acústicos. Já as perdas aparentes, por sua vez, são resultantes de ligações clandestinas, que desviam toda ou parcialmente a água que é utilizada pelo fraudador. Além disso, podem ocorrer erros na medição devido ao uso errôneo dos medidores ou a falta de manutenção dos mesmos (DE CARVALHO, 2004).

A água doce não se aplica apenas para consumo humano, dela também dependem atividades como irrigação agrícola e produção industrial, dentre outras. A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece que o abastecimento público e o consumo por animais (dessedentação) são prioridades em situações de escassez hídrica. (DIEHL, 2019)

Segundo TSUTIYA, 2006, fatores como o porte da cidade, sua topografia e sua posição em relação à mananciais podem influenciar diretamente na viabilidade da concepção dos sistemas de abastecimento de água, e estes aspectos condicionantes devem ser previstos já no dimensionamento prévio de um SAA para que sejam definidos os parâmetros de execução do projeto adaptados ao que exige o local. Outro fator que deve ter uma análise necessária são as questões de ampliação de rede e da demanda que ela pode atingir futuramente, sendo que na maioria dos casos as redes são planejadas para períodos aproximados de 10 a 30 anos (AZEVEDO NETO, M. F. FERNANDEZ, R. ARAUJO, 1998)

A FIGURA 1 apresenta uma das alternativas de sistema de abastecimento de água da forma mais encontrada: o manancial, captação, adução, estação elevatória, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição.

FIGURA 1: Sistema de abastecimento de água com captação em curso de água



Fonte: Adaptado do Tsutiya (2006).

3.2.1 Manancial

Inicialmente é preciso definir manancial como um corpo de água, sendo ele superficial ou subterrâneo, para fornecer água para a captação do abastecimento, sendo responsável por proporcionar vazão adequada para atender a demanda do projeto (TSUTIYA, 2006).

Os mananciais superficiais constituem um volume de 104 mil km³ de água do planeta terra, enquanto os subterrâneos 10,3 milhões km³ (FEITOSA, 2008). Os superficiais são os cursos d'água, represas e lagos, e subterrâneos, os aquíferos artesianos (confinados) e freáticos (não confinados) (LIBÂNIO, 2010).

Quando se iniciam os estudos voltados ao projeto de sistemas de abastecimento de água, selecionar o manancial se constitui como uma das etapas fundamentais e mais importantes, onde deve-se utilizar critérios de definição como a vazão da demanda, características da água, custos e possível ampliação, juntamente com a capacidade, confiabilidade, distância da comunidade, possibilidade de servir a comunidade por gravidade ou bombeamento e a vulnerabilidade a riscos naturais. (LIBÂNIO, 2010).

No Brasil, a deterioração da qualidade dos mananciais subterrâneos dá-se também pelos fatores de ausência de saneamento básico, técnicas inadequadas de irrigação, de captação, de construção de poços e derramamento de tanques de combustíveis (FEITOSA, 2008).

Segundo TSUTIYA, 2006, outro ponto importante a ser discutido é a poluição das reservas hídricas, que tem como principal foco causador o avanço desequilibrado do espaço urbano o que acarreta um consumo elevado de agentes químicos para purificação das águas, afetando a sua qualidade e por vezes tornado economicamente inviável o seu tratamento.

Para garantia da qualidade da água fornecida a PORTARIA GM/MS Nº 888/2021, do Ministério da Saúde, determina que as águas oriundas de corpos hídricos superficiais deverão passar por processos cloração e filtração. Enquanto às águas vindas de fontes subterrâneas deverão passar apenas por desinfecção.

Outra informação importante relacionada aos mananciais refere-se aos corpos d'água que constituem estas reservas hídricas, e suas possibilidades para retirada d'água:

Os mananciais superficiais são constituídos pelos córregos, rios, lagos e reservatórios artificiais. Segundo Azevedo Netto (1998), de um modo geral, os elementos constituintes de uma captação e tomada d'água em mananciais superficiais são as barragens de acumulação ou manutenção de nível (quando necessárias), que complementam a vazão na época das estiagens ou facilitam a retirada da água, os dispositivos de tomada d'água devidamente protegidos (grades, caixas desarenadoras, etc.), os mecanismos de controle de entrada de água, as tubulações e os órgãos acessórios, os poços de sucção das bombas e as casas de bombas, para alojamento dos conjuntos elevatórios (quando necessários).

3.2.2. Captação

A etapa na qual se inicia o sistema de abastecimento de água é a captação, definida como o conjunto de elementos construídos com intuito de extrair as águas provenientes de mananciais que podem ser subterrâneos, como é o caso das fontes, lençol freático ou lençol profundo, como também dos mananciais superficiais, como córregos, lagos, represas, rios, que se destinam ao abastecimento público (AZEVEDO NETO, M. F. FERNANDEZ, R. ARAUJO, 1998).

A seleção do manancial e do melhor tipo de captação de sua água a ser adotado resultam no êxito do sistema de abastecimento, pois sua preservação e adequada construção fornecem a vazão necessária para o consumo da comunidade (HELLER, LÉO; PÁDUA, 2006).

Seu planejamento necessita de análises minuciosas, identificando as condições do local, gastos com desapropriações, construção de estações elevatórias e energia elétrica dos motores (NETTO, 1984). Para (HELLER, LÉO; PÁDUA, 2006) sua localização ideal é aquela em pontos que mesmo no período de maior seca, ainda seja realizável a remoção da água em vazão suficiente e qualidade.

Na captação superficial, o requisito essencial para a escolha do manancial, se estabelece quando a vazão média excede a demanda necessária para o abastecimento da comunidade e juntamente deve-se privilegiar os cursos de água com melhor qualidade de água bruta (LIBÂNIO, 2010).

Os elementos constituintes de um sistema de captação superficial de acordo com a (ABNT NBR 12213, 1992) são os seguintes:

- Barragem de nível, função elevar o nível de água do manancial a uma cota fixada;
- Tomada de água, equipamentos destinados a transportar a água do manancial para os outros elementos da captação;
- Grade, equipamento formado por barras paralelas, para impossibilitar a passagem de materiais de elevada dimensão;
- Tela, equipamento formado por fios arranjados em malha, que bloqueiam os materiais não retidos na grade;
- Desarenador, destinado a remoção dos materiais com sedimentação igual ou superior a uma quantia fixada.

No Brasil a grande maioria da captação de água subterrânea se dá através de poços profundos, em vários casos do tipo tubular. Devido o tipo de solo pode ser necessário realizar o revestimento destes através de tubos, nos quais colam-se também filtro e pré-filtro ao longo do seu comprimento, para a retenção das partículas finas do aquífero. Sendo sua locação extremamente importante para viabilizar a quantidade e qualidade satisfatória de água, com baixo custo e maior eficiência. Os fatores que atuam na sua locação são classificados em exógenos e endógenos, sendo os primeiros fatores externos como o clima, a vegetação, o relevo e hidrografia. Os segundos, que são os fatores internos, são as estruturas geológicas e a constituição litológica (GIAMPÁ; GONGALES, 2006).

3.2.3 Adutoras

Assim como a estação elevatória a adutora constitui parte fundamental do sistema de abastecimento de água, através dela é possível conduzir o fluido de um ponto para o outro. É definida como o conjunto de tubulações e outras peças, disposta entre a captação e a estação de tratamento de água (ETA), nesse caso denominada adutora de água bruta, ou entre a ETA e os demais componentes de um SAA, sendo assim chamada de adutora de água tratada (TSUTIYA, 2006).

As adutoras são classificadas, além do tipo de água conduzida, quanto a energia utilizada em três tipos:

Adutora por gravidade, que aproveita o desnível entre as duas extremidades da adutora para transportar a água; adutora por recalque, quando necessita um meio para elevar a água, como um conjunto motobomba, por exemplo; e, por último, a adutora mista, que é basicamente quando se utiliza a gravidade até certo ponto, e o recalque quando a primeira deixa de surtir efeito no transporte da água (DOS; CAVALCANTI, 2017).

3.2.4 Estação elevatória

Ainda como parte constituinte do sistema de abastecimento de água tem-se a estação elevatória de água, a qual é acionada quando o escoamento por gravidade não é possível. Deste modo, as elevatórias tornam-se essenciais na captação, adução, tratamento e rede de distribuição de água, para conduzir o líquido a cotas mais elevadas, ou para aumentar a capacidade de adução do sistema (SILVA, 2016).

As estações elevatórias são classificadas de acordo com a água que conduzirá, conforme descritas abaixo:

As elevatórias de SAA, quando destinadas a conduzir água não tratadas, denominam-se elevatórias de água bruta. Caso contrário, são denominadas de elevatórias de água tratada e normalmente são instaladas após as estações de tratamento de água para bombeamento do líquido até os reservatórios. Podem também estar entre reservatórios, ou ainda, em um trecho da rede de distribuição de água, e neste caso são mais conhecidos por boosters (SILVA, 2016).

3.2.5 Estação de tratamento de água

Para que a água seja fornecida para a população ela precisará passar por tratamento, objetivando torná-la potável, o qual é realizada na Estação de Tratamento de Água. De acordo com (AZEVEDO NETO, M. F. FERNANDEZ, R. ARAUJO, 1998), a análise química e os exames físico e bacteriológico da água dos mananciais abastecedores, feitos com frequência, determinarão a necessidade ou não de submeter essa água a processos corretivos, a fim de garantir a boa qualidade e a segurança higiênica.

As etapas que constituem o tratamento são relacionadas ao uso de produtos químicos e barreiras físicas para eliminar o maior número de impurezas. Conforme descrito abaixo:

Dentre as etapas de tratamento convencional da água de captação superficial em uma ETA podem ser citadas a oxidação, a coagulação, a floculação, a decantação, a flotação com ar dissolvido, a filtração, a desinfecção, a correção de pH e a fluoretação. Geralmente, devido à ausência de turbidez, as águas de captação subterrânea não necessitam do mesmo tratamento que as de captação superficial, bastando apenas a desinfecção com cloro (MOURA, 2018).

3.2.6 Reservatórios

São locais de acumulação e passagem de água, também conhecido como reservas hídricas. Possuem como função principal servir como regulador entre a vazão de adução e de distribuição para a rede. Devem possuir localização bem definida junto ao sistema de abastecimento visando atender o quantitativo de água demandado, além de favorecer a vazão para adução, possuir altura manométrica compatível e constante, bem como pressão apropriada. Desse modo, são fundamentais para o controle do abastecimento, oferecendo, quando operando em pleno funcionamento, melhor distribuição da água, máxima capacidade de reservação e segurança operacional ao sistema (MOURA, 2018).

Os reservatórios são divididos em três grupos: reservatórios elevados, semienterrados e apoiados, tal classificação é baseada em sua posição em relação ao nível do terreno. Os reservatórios elevados são os tipos mais comuns e são projetados para quando há necessidade de garantia de uma pressão mínima na rede e as cotas do terreno disponíveis não oferecem condições para que os mesmos sejam apoiados ou semienterrados, isto é, necessita-se de uma

cota piezométrica de montante superior à cota de apoio do reservatório no terreno local. Os reservatórios elevados possuem custos de construção mais altos que os semienterrados, além de preocupações adicionais com a estabilidade estrutural (MOURA, 2018).

3.2.7 Redes de distribuição

São responsáveis pela condução da água ao longo dos pontos que devem ser abastecidos, os quais estão localizados após o reservatório de distribuição. É constituída por um conjunto de tubulações e peças especiais dispostas convenientemente a fim de garantir o abastecimento das unidades componentes da localidade abastecida, de forma contínua e em quantidades e qualidades tão próximos quanto possível das necessidades dos consumidores.

O planejamento dessa etapa é fundamental para o sucesso do sistema de abastecimento de água, visto que o correto dimensionamento da rede de distribuição está intimamente ligado a capacidade de condução de água tratada até o consumidor final. É relevante também considerar os processos de operação e manutenção da rede, ligados diretamente à conservação e à limpeza dos equipamentos que fazem parte do sistema, que garantirão a qualidade da água fornecida ao consumidor. (MOURA, 2018).

4 METODOLOGIA

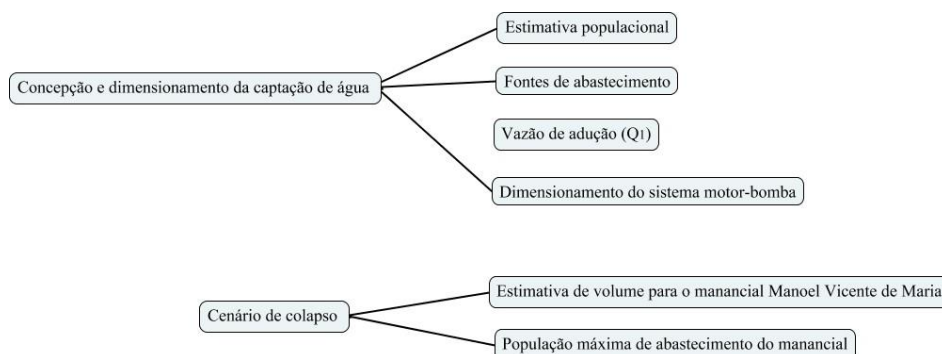
A metodologia proposta apresenta a estimativa de disponibilidade hídrica do manancial Manoel Vicente de Maria para atendimento ao sistema de abastecimento de água do Município de São Francisco/PB. Os procedimentos metodológicos constituem-se em uma abordagem quantitativa, uma vez que se baseiam em técnicas estatísticas para quantificar as informações na área de estudo e determinar a validação das hipóteses (CARLOS, 2002). Quanto aos procedimentos de desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas revisões bibliográficas para a construção dos conceitos a partir de trabalhos acadêmicos e artigos científicos para fundamentar a confiabilidade dos dados coletados.

O estudo dimensiona para a etapa de captação o conjunto motor-bomba e sugere cenários de otimização a fim de propor o melhor contexto de abastecimento do Município, para o qual será realizada, ainda, a estimativa de crescimento populacional baseado em quatro métodos distintos: geométrico, aritmético, logístico e regressão envolvendo algumas das suas classificações (linear, logarítmica e exponencial), com o intuito de estimar o crescimento da população até o ano de 2040, bem como escolher o melhor método de ajuste da curva de crescimento populacional.

Posteriormente será realizada a caracterização dos mananciais que abastecem a cidade de São Francisco/PB e a partir disso será calculada a vazão de adução e o volume estimado para o manancial Manoel Vicente de Maria com a finalidade de determinar qual a população máxima que este conseguirá atender.

A FIGURA 2 ilustra o fluxograma que apresenta o desenvolvimento das etapas metodológicas para construção da pesquisa.

FIGURA 2: Fluxograma metodológico



Fonte: Autora (2021).

4.1 Caracterização da área de estudo

4.1.1 Localização da área de estudo

O Município de São Francisco/PB está localizado na região oeste da Paraíba, mais especificadamente na mesorregião do Sertão Paraibano situado entre a Latitude: 7° 33' 0" sul e Longitude: 37° 42' 0" oeste, distante aproximadamente 438 km da capital João Pessoa/PB, com área de aproximadamente 90,724 km² e estimativa populacional de 3.384 habitantes para o ano de 2020, sendo 1.679 habitantes pertencentes a área urbana, os quais são atendidos pelo sistema de abastecimento de água (IBGE, 2021).

A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila, característica típica de regiões com clima seco que conseguem suportar grandes períodos de estiagem no nordeste brasileiro, com clima do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão (FRANCISCO, D. E. S. Ã. O. *et al.*, 2005). O período chuvoso se inicia em fevereiro com término em maio com uma precipitação média anual é de 850 mm (FRANCISCO, P. R. M.; DE MEDEIROS; SANTOS, 2018).

O Município de São Francisco/PB, está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino (FRANCISCO, D. E. S. Ã. O. *et al.*, 2005). A FIGURA 3 mostra a localização do Município de São Francisco/PB no mapa da Paraíba.

FIGURA 3: Localização geográfica de São Francisco/PB.

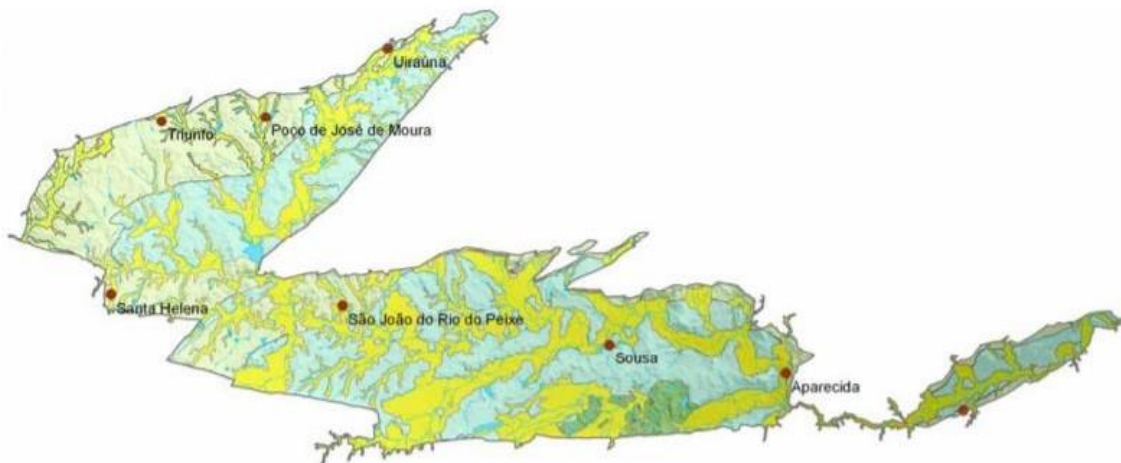


Fonte: Andrade (2021).

Vale ressaltar que na cidade de São Francisco/PB a responsável pelo abastecimento de água da cidade é a Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). De acordo com a (PREFEITURA MUNICIPAL, 2021) , atualmente da água consumida pela população, 90% é captada por mananciais superficiais.

Até o ano de 2020, a cidade era abastecida pelo açude da Capivara localizado em Uiraúna/PB, mas o abastecimento foi suspenso desde que o manancial atingiu o volume morto e por isso não é possível realizar o tratamento de água para a distribuição. Atualmente, o Município de São Francisco/PB é abastecido pelos mananciais superficiais sendo eles constituintes da bacia do rio do peixe, do açude do Paraíso (Luiz Oliveira) que ocupa um volume de 5 milhões de m³, de acordo (AESAs, 2021) e fica localizado no Sítio Paraíso a 4,4 km da sede do Município e pelo açude Manoel Vicente de Maria com volume disponível de 500.000 m³ localizado na sede da cidade (PREFEITURA MUNICIPAL, 2021). A FIGURA 4 ilustra a bacia Rio do Peixe e as respectivas cidades que esta abastece.

FIGURA 4: Bacia Rio do Peixe e as respectivas cidades.



Fonte: GALVÃO, 2008

4.1.1.1 Fontes de abastecimento

As fontes de água, também chamadas de corpos hídricos ou mananciais são classificadas quanto a sua posição em relação ao nível do solo, podendo ser superficiais e/ou subterrâneas. Os exemplos mais comuns de fontes superficiais são os rios, lagos, canais e etc., já as fontes subterrâneas podem ser exemplificadas através dos lençóis subterrâneos. Em alguns casos devido ao deslocamento da água pela crosta terrestre a água é classificada como superficial, sendo imediatamente, em outro ponto geográfico classificada com subterrânea. Quanto a

captação a água superficial, pela própria disposição, é mais fácil de ser captada, e por isso são as mais utilizadas para consumo humano.

4.1.1.1.1 Manancial Luiz Oliveira (Paraiso)

O manancial Luiz Oliveira (Paraiso) está localizado na Zona Rural distante aproximadamente 4,4 km do Município de São Francisco/PB com volume disponível de 5.340.024,00 m³ de acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2021). O tratamento da água é feito no Município de Santa Cruz/PB e em seguida a água é levada para a sede do Município de São Francisco/PB. Vale salientar que a rede de abastecimento do Município é integrada com a cidade de Santa Cruz e em períodos de estiagem o manancial apresenta falhas nos abastecimentos dos municípios. Em seguida a FIGURA 5 mostra o posicionamento do manancial superficial com relação ao município

Figura 5: Posicionamento do manancial do Paraiso em relação ao Município.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

4.1.1.1.2 Manancial Manoel Vicente de Maria (Sede)

O manancial Manoel Vicente de Maria está localizado na sede do Município de São Francisco/PB, não há disponível informações com relação ao volume do manancial pelo Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2021), porém quando o órgão responsável pelo abastecimento era Prefeitura Municipal de São Francisco/PB, o volume estimado do manancial superficial foi 500.000 m³. Atualmente, o processo de tratamento é feito

na sede da cidade de São Francisco/PB. A FIGURA 6 ilustra o posicionamento do manancial em relação ao município.

Figura 6: Posicionamento do manancial Manoel Vicente de Maria em relação ao Município.

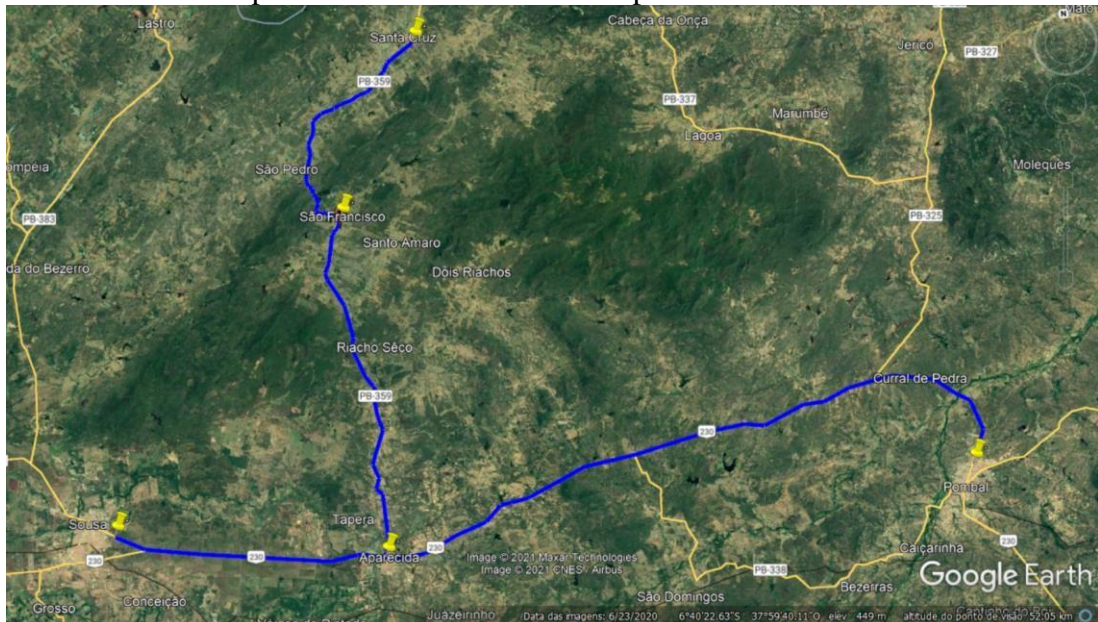


Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

4.1.2 Área de estudo e principais vias de acesso

O Município está situado na porção oeste da Paraíba, delimitado pela PB-359 que interliga o acesso ao sul com Aparecida e a norte com Santa Cruz. Outra via de tráfego é através da BR-230 que oferece um acesso a oeste com Sousa e a leste com Pombal. Na FIGURA 5 é possível verificar as principais vias de acesso para o Município.

FIGURA 7: Principais vias de acesso do Município de São Francisco/PB



Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

A FIGURA 6 mostra uma visão situacional da cidade de São Francisco/PB verificando assim o porte do Município.

FIGURA 8: Mapa de localização do Município de São Francisco/PB



Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

4.2 Procedimentos de cálculo

4.2.1 Concepção e dimensionamento da captação de água

A estimativa de disponibilidade e demanda por água baseou-se em levantamentos demográficos, a partir de estimativas populacionais futuras em um horizonte de 20 anos. A partir disso, foi possível realizar a caracterização das fontes de abastecimento quanto ao tipo de manancial com o objetivo de avaliar o sistema de captação por meio dos cálculos dos parâmetros de vazão de projeto, dimensionamento da bomba, localização e viabilidade de funcionamento para que seja abordada qual a melhor forma de acesso na operação e manutenção do sistema afim de garantir a alternativa mais eficiente no abastecimento o que conferirá maior garantia de qualidade para este.

4.2.1.1 Estudo Populacional

Em projetos de abastecimento é fundamental relacionar a demanda de água com a população final de plano, levando em consideração as mudanças da população ao longo do tempo, sendo necessários estudos de projeções populacionais (HELLER, LÉO; PÁDUA, 2006). Assim, para este estudo foi considerada a estimativa populacional realizada para o ano de 2020 pelo IBGE, assim como os dados dos Censos existentes para os anos de 2000 e 2010. Dentre os muitos métodos matemáticos, será utilizado para calcular as estimativas populacionais os métodos de projeção aritmética, geométrica, logística e regressão a fim de avaliar qual o melhor modelo que descreve o crescimento populacional do Município.

4.2.1.1.1 Projeção aritmética

O método aritmético considera que o crescimento populacional é dado por uma taxa constante baseado nos últimos dados censitários, este método é utilizado para previsões populacional de menor prazo (TSUTIYA, 2006). Pode ser calculado a partir das equações 1 e 2 a seguir:

$$k_a = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} \quad \text{Equação 1}$$

$$P = P_0 + k_a \times (t - t_0) \quad \text{Equação 2}$$

4.2.1.1.2 Projeção geométrica

O método geométrico considera para iguais períodos de tempo, a mesma porcentagem de aumento da população a partir de uma taxa de crescimento exponencial (TSUTIYA, 2006). O método é utilizado para estimativas de menor prazo e o ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão. Pode ser calculado a partir das equações 3 e 4 de projeção:

$$k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Equação 3}$$

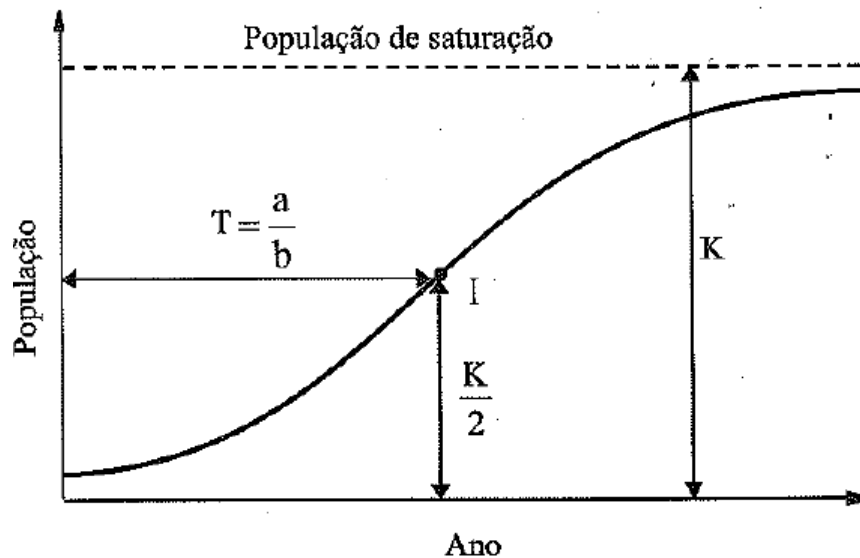
$$P_2 \times e^{k_g(t-t_2)} \quad \text{Equação 4}$$

4.2.1.1.3 Curva Logística

Neste método o crescimento da população se dá a partir de uma relação matemática do tipo de curva logística, para a qual tal crescimento ocorre de forma assintoticamente em função do tempo, levando em consideração o valor limite de saturação (K).

Ao avaliar a curva de crescimento logístico é possível verificar o padrão de comportamento desta, o qual apresenta três trechos bem definidos, sendo o primeiro relacionado a um padrão de crescimento acelerado, o segundo trecho apresenta um padrão de crescimento retardado, sendo verificado entre o primeiro e segundo trecho o ponto de inflexão. Já o terceiro trecho apresenta um padrão de estabilização. Na FIGURA 7 abaixo é possível visualizar o padrão de comportamento da curva logística de crescimento.

FIGURA 9: Curva logística



Fonte: TSUTIYA (2006).

A equação do método da curva logística é calculada a partir da equação 5:

$$P = \frac{k}{1 + e^{a-b(t-t_0)}} \quad \text{Equação 5}$$

Para que a equação 5 possa ser aplicada é necessário, primeiro, que esta atenda aos três critérios descritos abaixo:

- $t_1 - t_0 = t_2 - t_1$;
- $P_0 < P_1 < P_2$;
- $P_0P_2 < (P_1)^2$.

Onde os parâmetros k , a e b são calculados pelas equações 6,7 e 8 a seguir:

$$k = \frac{2P_0P_1P_2 - (P_1)^2 \times (P_0 + P_2)}{P_0P_2 - (P_1)^2} \quad \text{Equação 6}$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \times \log \frac{(k - P_0)}{P_0} \quad \text{Equação 7}$$

$$b = - \frac{1}{0,4343d} \times \log \frac{P_0 \times (k - P_1)}{P_1 \times (k - P_0)} \quad \text{Equação 8}$$

Sendo d , o intervalo de tempo constante entre os anos t_0 , t_1 e t_2 .

4.2.1.1.4 Método de Regressão

A regressão matemática deverá ser utilizada para orientar qual curva representativa de crescimento futuro se ajustará melhor ao conjunto de dados censitários fornecidos. No presente trabalho optou-se pela determinação do crescimento populacional através de três linhas de tendência sendo: linear, exponencial e logarítmica. As quais podem ser determinadas através das equações 9, 10 e 11 a seguir:

- Regressão linear:

$$P = a \times bx \quad \text{Equação 9}$$

- Regressão exponencial:

$$P = ae^{bx} \quad \text{Equação 10}$$

- Regressão logarítmica:

$$P = b \ln(x) + a \quad \text{Equação 11}$$

Onde a e b são calculadas a partir das equações 12 e 13:

$$b = \frac{\sum(t - \bar{t}) \times (P - \bar{P})}{\sum(t - \bar{t})^2} \quad \text{Equação 12}$$

$$a = \bar{P} - b\bar{t} \quad \text{Equação 13}$$

Assim, \bar{P} e \bar{t} representam a média da amostra da população e do tempo, respectivamente. As variáveis a e b irão identificar qual o valor previsto da população futura P para um determinado valor de tempo (t).

4.2.1.2 Vazão de adução de água bruta (Q_1)

É a vazão estabelecida em função da população que se pretende abastecer, ou seja, leva em consideração a cota *per capita*, bem como os coeficientes de variação das vazões e o tempo de funcionamento, medido em horas. Também, as vazões de dimensionamento dependem da sua posição em relação ao sistema de abastecimento de água.

Podem ser calculadas pela equação 14:

$$Q_1 = (P \times q \times k_1 + Q_{esp}) \times C_{ETA} \quad \text{Equação 14}$$

Onde P é a população obtida a partir dos cálculos realizados por meio das estimativas populacionais citadas acima.

4.2.1.2.1 Consumo per capita (q)

Outra informação fundamental a ser determinada é o consumo *per capita*, pois, esta informação interfere na determinação das capacidades de várias unidades que constituem o sistema de abastecimento de água. O significado do consumo *per capita* é o da média diária, por indivíduo, dos volumes requeridos para satisfazer aos consumos doméstico, comercial, público e industrial, além das perdas no sistema (HELLER, LÉO; PÁDUA, 2006).

Na elaboração de projetos de sistemas de abastecimento de água, é frequente o emprego de consumos *per capita* médios. O QUADRO 1 a seguir demonstra o consumo *per capita* de acordo com a faixa populacional em níveis gerais.

QUADRO 1: Consumo médio per capita

Porte da cidade	Faixa da população (Habitantes)	Consumo per capita (L/hab. dia)
Povoado Rural	< 5.000	90 a 140
Vila	5.000 a 10.000	100 a 160
Pequena localidade	10.000 a 50.000	110 a 180
Cidade média	50.000 a 250.000	120 a 220
Cidade grande	> 250.000	150 a 300

Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 1996

4.2.1.2.2 Coeficiente do dia de maior consumo (k_1)

O coeficiente do dia de maior consumo (K_1) consiste na razão entre o maior consumo diário verificado em um ano e o consumo médio diário no mesmo ano, considerando-se as mesmas ligações. Na ausência de determinações específicas, o que deve sempre ser preferível, de acordo com (HELLER, LÉO; PÁDUA, 2006) geralmente adota-se um valor de 1,2 para K_1 .

4.2.1.2.3 Consumo da ETA

O consumo da ETA faz referência ao volume de água utilizado para lavagem dos filtros que purificam a água bruta.

4.2.1.2.4 Consumo Q_{esp}

E o consumo pontual por usuários que necessitam de grandes volumes de água para executarem atividades específicas, a exemplo de indústrias e agricultura irrigada.

4.2.1.3 Dimensionamento do sistema motor-bomba

Para a definição de qual tipo de bomba é mais eficiente para o sistema de abastecimento de água em estudo é necessário determinar algumas condições que subsidiarão a tomada de decisão e melhor escolha deste equipamento. A primeira definição diz respeito ao diâmetro escolhido para a adutora que irá compor o sistema, para isto será usado a equação 15 abaixo:

$$D_r = k \times \sqrt{Q_1} \times \sqrt[4]{\frac{N}{24}} \quad \text{Equação 15}$$

Sendo:

D_r = diâmetro (m);

K = constante de Bresse;

Q = vazão de projeto (m^3/s);

Nu = número de horas de funcionamento (horas).

Em relação a fórmula de Bresse é importante destacar que se trata de uma equação muito simples para representar um problema complexo e com muitas variáveis econômicas envolvidas, em geral essa constante assume valores de 0,7 a 1,3, sendo adotado no Brasil como

boa prática de projeto o valor de 1,3 (PORTO, 2006).

Para efeitos de dimensionamento é necessário calcular a velocidade de projeto das tubulações de sucção e recalque, dado pela equação 16 abaixo:

$$V = \frac{4Q_1}{\pi \times D^2} \quad \text{Equação 16}$$

Sendo:

Q_1 = vazão de projeto (m^3/s);

D = diâmetro, a depender adotar diâmetro de sucção ou recalque (m);

De acordo com o item da norma 5.5.1.3 da NBR 12214, 1998– Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público orienta que a velocidade deve estar em um intervalo de 0,6 m/s e 3m/s.

Outro dado importante a ser definido refere-se as perdas de cargas que se apresentam na forma de dissipação de energia definido ao atrito com as paredes dos tubos e peças hidráulicas e são classificadas em perdas de cargas localizadas e distribuídas.

A perda de carga localizada é calculada a partir da multiplicação do coeficiente característico (K) pela carga cinética causada por acessórios empregados ao sistema e pode ser dimensionada pela equação 17.

$$h_s = K \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad \text{Equação 17}$$

Sendo:

V^2 = vazão de projeto (m^3/s);

g = gravidade (m/s^2).

Já a perda de carga distribuída ocorre ao longo dos trechos retos das tubulações que dependem de vários critérios, dentre eles, o diâmetro e a velocidade. A perda de carga distribuída pode ser calculada pela equação 18, também conhecida como equação de Hazen-Williams.

$$h_r = \frac{10,646 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad \text{Equação 18}$$

Sendo:

Q_1 = vazão de projeto (m^3/s);

K = constante de Bresse;

L = Comprimento da tubulação, a depender adotar comprimento de sucção ou recalque (m);

C = rugosidade do duto;

D = diâmetro, a depender adotar diâmetro de sucção ou recalque (m);

Seguindo a metodologia de cálculo é preciso determinar a altura manométrica do sistema, a qual é dada pela diferença geométrica entre o manancial e a ETA somadas as perdas cargas localizada e distribuída conforme equação 19. Tal dado é fundamental para o cálculo da potência da bomba a ser usada no sistema.

$$H_m = H_g + \sum h_s + h_r \quad \text{Equação 19}$$

Sendo:

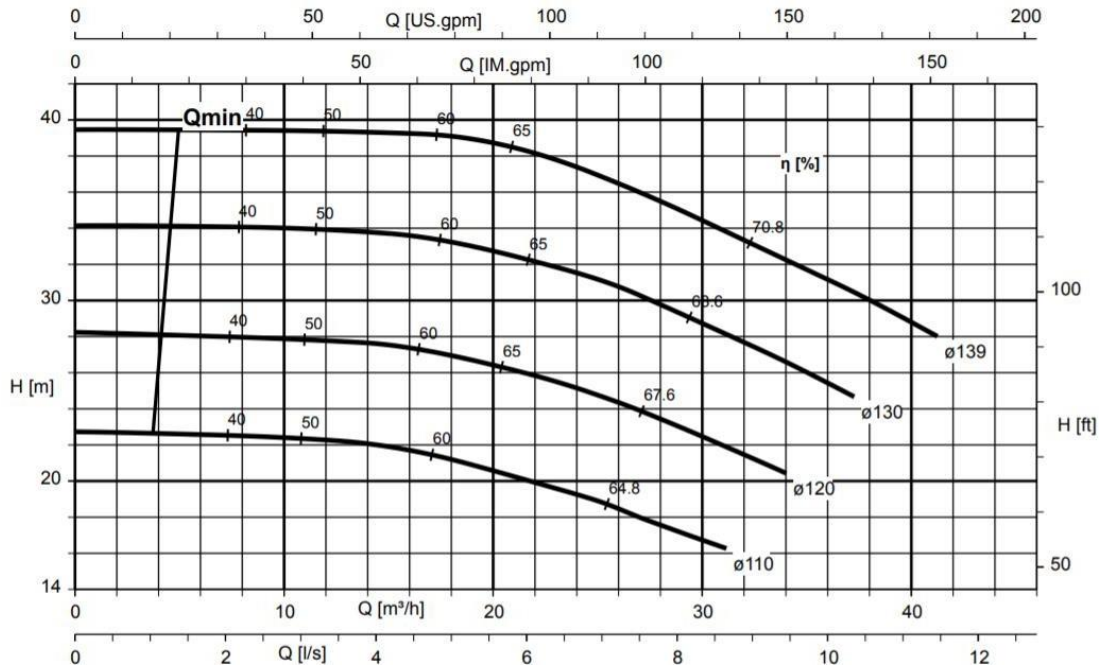
H_g = diferença de cota entre a captação e a ETA;

h_s = Perda de carga localizada das tubulações de sucção e recalque (mca);

h_r = Perda de carga distribuída das tubulações de sucção e recalque (mca);

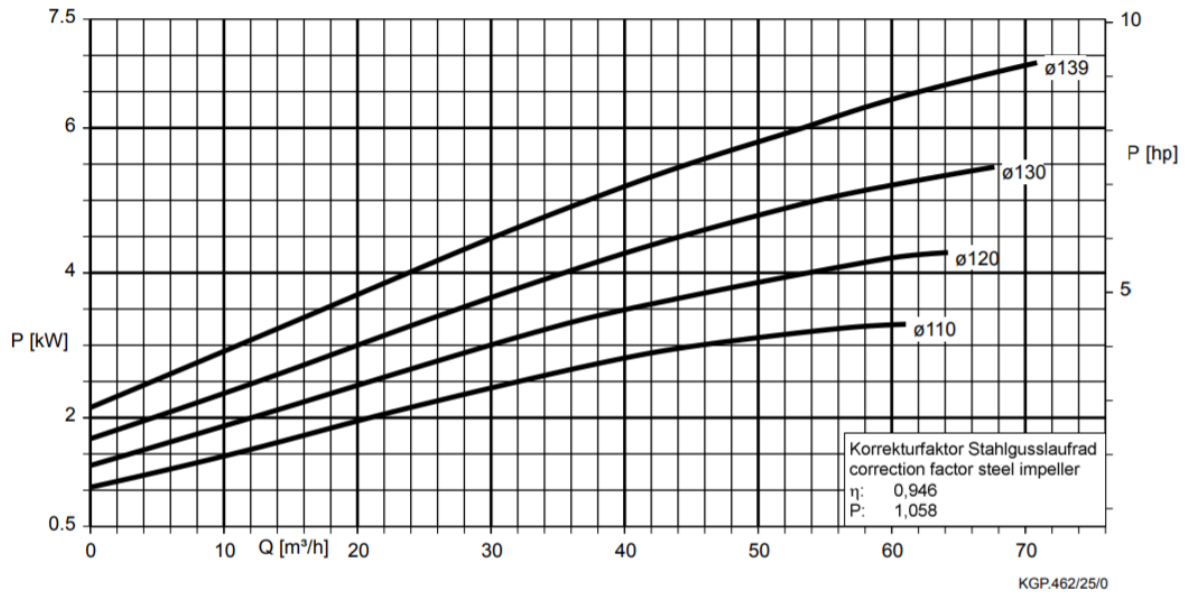
O dimensionamento de bomba é realizado a partir da consulta de catálogos de fabricantes os quais apresentam as principais informações técnicas desses equipamentos. Para a verificação através dos catálogos é necessário conhecer previamente a vazão de projeto e altura manométrica do sistema. Abaixo, conforme FIGURA 10 e 11, pode ser verificado um exemplo desses catálogos o qual subsidia a escolha da bomba que melhor atenderá a demanda solicitada.

FIGURA 10: Diagrama de características
Meganorm 050-032-125, n = 3.500 rpm



Fonte: Adaptado da (KSB-MEGANORM, 2013).

FIGURA 11: Curva características das bombas



Fonte: Adaptado da (KSB-MEGANORM, 2013).

4.2.1.4 Cenário de colapso

Para estabelecer o cenário de colapso é necessário quantificar o volume real do manancial, para isso foi considerado o volume de entrada e saída anual no reservatório,

precipitação e evaporação, respectivamente (FRANCISCO, P. R. M.; DE MEDEIROS; SANTOS, 2018). Após essa determinação é possível dimensionar a população máxima que o manancial consegue atender e a partir disso encontrar o melhor cenário para o sistema de abastecimento de água.

Além disso, será realizado um comparativo entre o dimensionamento do sistema de abastecimento de água atual (2021) e o sistema de abastecimento necessário para o ano de 2040, considerando a nova população projetada, no tocante a: vazão demandada, diâmetros de sucção/recalque e potência da bomba.

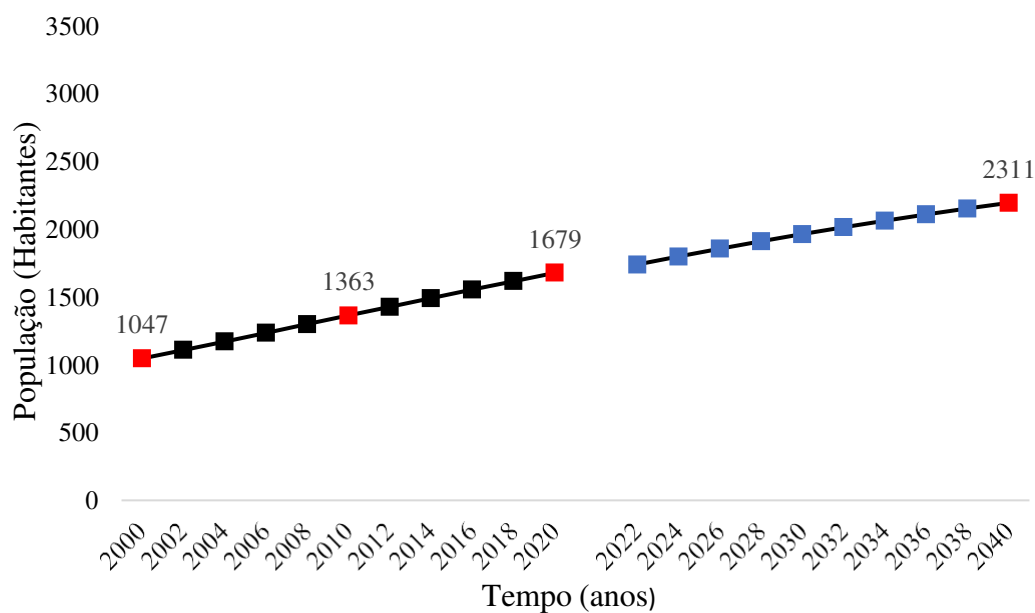
5 RESULTADOS E ANÁLISES

5.1 Estudo populacional

Analisando a demanda por água do Município de São Francisco/PB o trabalho iniciou-se a partir da estimativa populacional com a finalidade de encontrar qual o método que mais se adequa ao crescimento futuro da população admitindo um horizonte de projeto de 20 anos. O estudo realizado foi baseado em quatro metodologias de projeções populacionais, sendo eles o método aritmético, geométrico, logístico e da regressão envolvendo as funções matemáticas (linear, logarítmica e exponencial). A partir dos dados coletados da população pôde se projetar o crescimento da população até o ano de 2040, bem como determinar a forma mais eficiente de ajuste do perfil de crescimento da população.

O método aritmético baseia no pressuposto que o crescimento populacional é dado por uma taxa constante onde a população aumentará sob a forma de uma progressão linear constante. A FIGURA 12 indica os resultados que se obteve para o cálculo das populações futuras utilizando os dados populacionais oficiais conhecidos sendo eles registrados em 2000 e 2010 (IDEME, 2011), além da estimativa populacional realizada pelo IBGE para o ano de 2020. Vale salientar que em todas as estimativas populacionais foram consideradas somente a população abastecida pelo sistema, neste caso os moradores da área urbana.

FIGURA 12: Crescimento aritmético da população

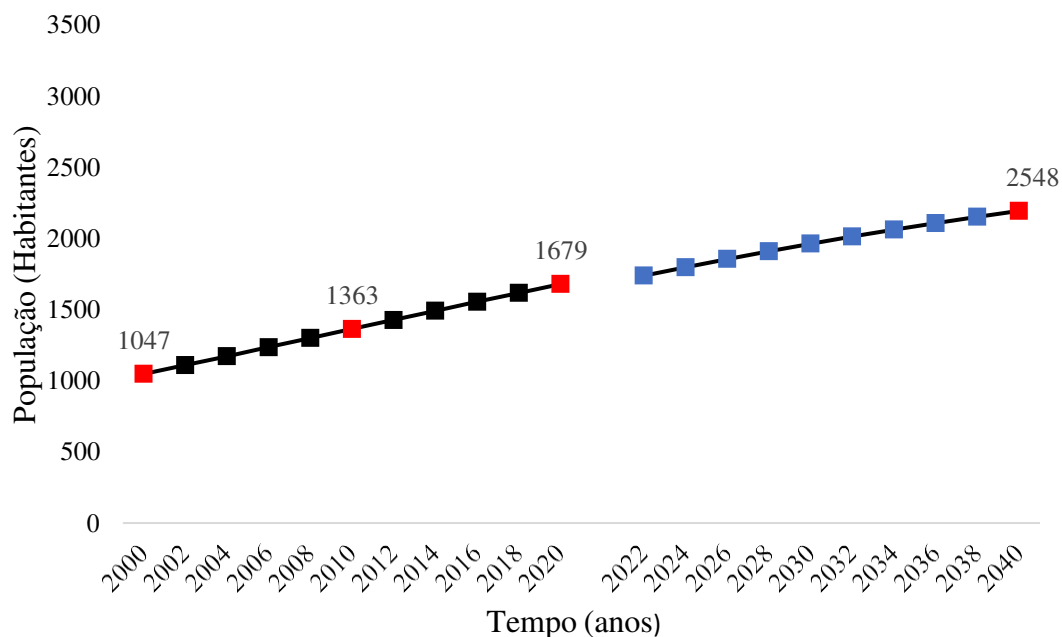


Fonte: Autora (2021).

Os resultados desta estimativa indicaram a população para o horizonte de projeto de 20 anos de 2311 habitantes da zona urbana. É possível observar que passado duas décadas a projeção populacional apresenta estimativa de crescimento lenta visto que se trata de um Município de pequeno porte ocorrendo frequentemente um fenômeno conhecido como migração que nada mais é do que a saída de habitantes de forma temporária ou permanente de dada região geográfica (BRUMES; DA SILVA, 2012).

Já o método geométrico considera para iguais períodos de tempo, a mesma porcentagem de aumento da população a partir de uma taxa de crescimento exponencial. A FIGURA 13 indica os resultados obtidos para o cálculo das populações futuras utilizando os dados populacionais oficiais conhecidos sendo eles registrados em 2000 e 2010 (IDEME, 2011), além da estimativa populacional realizada pelo IBGE para o ano de 2020.

FIGURA 13: Crescimento geométrico da população



Fonte: Autora (2021).

Para este caso, a população para o alcance de projeto foi de 2548 habitantes. Este resultado replete a dinâmica de crescimento populacional em cidades de pequeno porte cujo aumento populacional ocorre de maneira lenta, por isso, os métodos utilizados tendem a apresentar pouca variação entre si.

Para a curva logística é necessário conhecer três séries históricas e que sejam igualmente espaçadas. O método logístico considera um crescimento de forma assintoticamente em função do tempo, levando em consideração o valor limite de saturação (K). Para o cálculo foram

considerados os anos de 2000 e 2010 (IDEME, 2011), além de 2020 (IBGE, 2021), como descreve a TABELA 1 a seguir:

TABELA 1: População para o método logístico

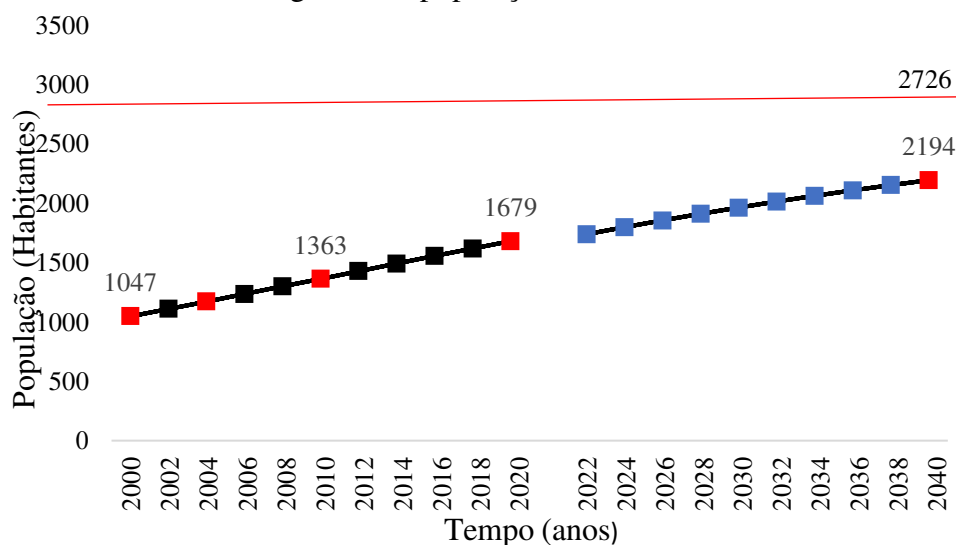
Ano	População
2000	1047
2010	1363
2020	1679

Fonte: Autora (2021).

De acordo com a FIGURA 14 abaixo é possível verificar o padrão de crescimento populacional a partir do método logístico, bem como determinar onde o ponto de inflexão ocorre, que para o presente estudo se deu no ano de 2004 para 1171 habitantes, ou seja, este ponto determina a mudança de padrão de crescimento, no qual para o período anterior a este a população crescia de forma acelerada, apresentando, a partir deste ponto, uma desaceleração do crescimento.

Outra avaliação que deve ser feita em relação ao método logístico consiste na população de saturação (K). Apesar deste método apresentar uma estimativa de melhor ajuste quando comparada ao método geométrico, a curva logística por sua vez apresenta um perfil de crescimento populacional praticamente estacionário, apresentando em seguida uma desaceleração constante de crescimento da população avaliada, conforme pode ser visualizado na FIGURA 14. Assim, pode ser verificado que mesmo decorrido o período de estudo de 20 anos a população de saturação não foi atingida.

FIGURA 14: Curva logística da população



Fonte: Autora (2021).

Foi encontrada uma população de saturação $K= 2726$ habitantes onde a taxa de crescimento da população tende a desacelerar e seguir com perfil de crescimento constante. É importante ainda destacar que para o ano de 2040 tem-se uma população de 2194 habitantes, ou seja, inferior a população de saturação. Destaca-se ainda o fato desse método ter apresentado para o horizonte de projeto proposto na pesquisa o menor valor de projeção populacional, o que baseado no perfil de crescimento real do Município este método não é tão eficiente e pode apresentar estimativa de crescimento populacional subdimensionadas quando comparada com os demais métodos analisados.

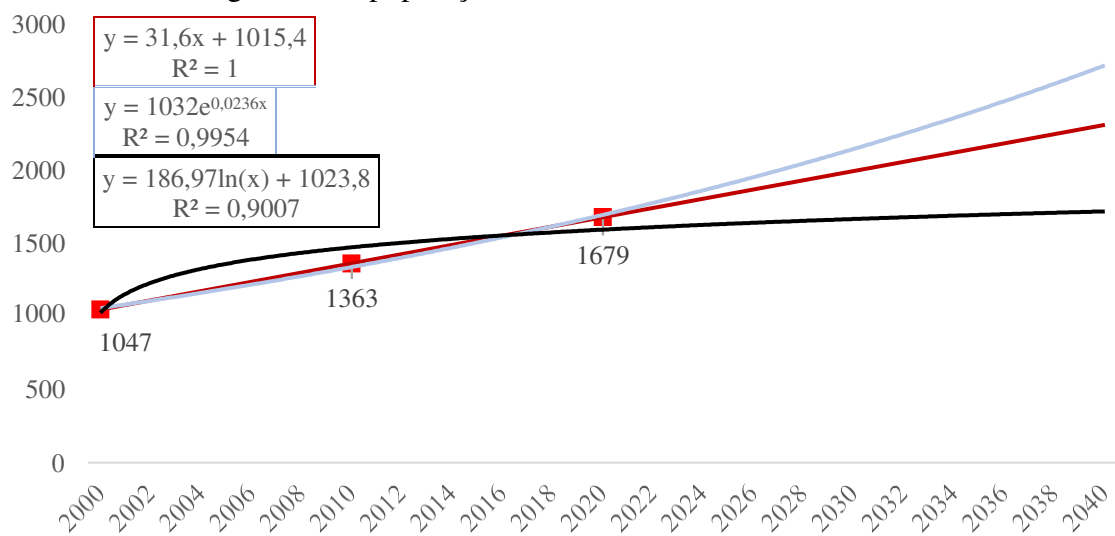
Para o modelo estatístico de regressão é possível analisar qual a correlação que existe entre os fatores que influenciam as variáveis de acordo com os dados originais e assim identificar qual a melhor função que descreve o crescimento populacional. Dentre elas foram relacionadas a regressão linear (relacionada com a projeção aritmética), exponencial (relacionada com a projeção geométrica) e logarítmica (relacionada com a curva logística). A TABELA 2 e a FIGURA 15 apresentam todos os resultados das regressões para o horizonte de projeto analisado da população.

TABELA 2: Regressão populacional

Tempo	População Original	Linear	Exponencial	Logaritmo
2000	1047	1047	1057	1024
2010	1363	1363	1338	1472
2020	1679	1679	1694	1593

Fonte: Autora (2021).

FIGURA 15: Regressão da população



Fonte: Autora (2021).

Considerando que os dados disponíveis são referentes a população urbana do Município de São Francisco/PB do ano de 2000 e 2010 conforme (IDEME, 2011), além de 2020 (IBGE, 2021), sendo respectivamente 1047, 1363 e 1679, foi realizado a projeção populacional através dos métodos de regressão considerando três previsões de tendências, sendo elas linear, exponencial e logaritmo.

A partir da tabulação desses dados foi possível identificar que a regressão logarítmica se assemelha ao crescimento apresentado pela curva logística, assim como a tendência de regressão exponencial se aproxima do método de crescimento geométrico. No entanto, esses resultados diferem da tendência de crescimento populacional real do Município, sendo, portanto, o comportamento de crescimento populacional apresentado pela regressão linear que se aproxima do método aritmético e juntos demonstram um padrão de crescimento proporcional a tendência apresentada nas estimativas de crescimento populacional real.

Pode-se determinar então, que o método de crescimento aritmético apresenta, dentre todos os métodos analisados, a maior confiabilidade na previsão da projeção populacional para a cidade de São Francisco/PB no período temporal de 20 anos, compreendido do ano de 2020 a 2040. Salienta-se ainda que para o método de regressão linear o coeficiente de correlação $R^2 = 1$, o que significa que o crescimento das variáveis apresenta forte correlação positiva.

Vale ainda destacar que outro fator que corrobora para a determinação do método de regressão linear como o mais eficiente refere-se ao erro apresentado quando comparado aos dados originais, apresentando para este método o valor de zero. Portanto, o método de regressão linear é o mais eficiente e está em concordância com os métodos de projeção populacional citados anteriormente, tendo no método aritmético a projeção populacional mais próxima da evolução populacional real da cidade de São Francisco/PB, conforme apresentando na TABELA 3 abaixo:

TABELA 3: Erros da regressão populacional

Regressão	Linear	Exponencial	Logaritmo
Erro	0	50	218

Fonte: Autora (2021).

5.2 Vazão de adução (Q₁)

A vazão de captação corresponde ao volume de água que deve ser captado do manancial para atendimento da necessidade hídrica do município. É importante salientar que não foi

considerada a vazão de um consumidor específico, uma vez que não existem informações quanto há existência de grandes consumidores na área em estudo.

Outro parâmetro importante a ser definido refere-se ao volume de água utilizado para lavagem de filtros que varia de 2 a 10% do volume total de água produzido por uma ETA. (BRAGA, 2007). Para o presente trabalho optou-se pela utilização de 3% para a lavagem dos filtros, uma vez que foi observado em outros projetos dessa natureza que este percentual foi utilizado, configurando-se assim como uma boa prática de projeto.

Conforme calculado anteriormente a melhor projeção populacional foi obtida a partir do método aritmético, com cerca de 2.311 habitantes para o ano de 2040. Foi considerado ainda um consumo per capita de 115 L/hab.dia e um coeficiente $K_1 = 1,2$, além de considerar um horário de funcionamento da bomba de 12h por dia. Logo, a vazão de captação resultou em $Q_1 = 0,0076 \text{ m}^3/\text{s}$ está vazão reflete o perfil de abastecimento da cidade de São Francisco/PB.

Trata-se de uma vazão considerável quando comparado ao volume disponível do manancial Manoel Vicente de Maria, o qual possui uma reserva hídrica $502.284,41 \text{ m}^3$. Este volume resulta da relação entre os volumes de ganho e perda do reservatório. Por ganho entende-se o volume precipitado no manancial, o qual é de $31.779,94 \text{ m}^3$, enquanto as perdas referem-se à evaporação que é da ordem de $29.495,53 \text{ m}^3$, isso adicionado ao volume existente no reservatório que é de 500.000 m^3 .

5.3 Dimensionamento de bombas

Para o dimensionamento considerou-se a bomba do tipo centrifuga além dos parâmetros a seguir: Vazão, velocidade, perdas de cargas distribuídas e localizadas e altura manométrica. Para o período de funcionamento de 12 horas e constante de *Bresse* igual a $K = 1,3$, tem-se um diâmetro de recalque calculado de 95 mm, no entanto este diâmetro não é comumente encontrado no mercado, sendo, portanto, admitido o diâmetro comercial de 100 mm e para o diâmetro de sucção adotou-se o diâmetro comercial imediatamente superior, assim o diâmetro de sucção será de 150 mm.

Em seguida, foi definido o tipo de material a ser utilizado nas tubulações que devido uma análise técnico-financeira optou-se pelo ferro fundido, o qual apresenta coeficiente de rugosidade $C = 130$. A partir desta definição seguiu-se com o dimensionamento da velocidade de projeto do fluido nas tubulações de sucção e recalque, sendo obtido respectivamente os

valores de 0,430 e 1,065 m/s. Além de dimensionar o valor das perdas de cargas distribuídas e localizadas, respectivamente.

Para a perda de carga localizada considerou as seguintes peças hidráulicas, conforme TABELA 4 abaixo:

TABELA 4: Perda de carga localizada

PERDA DE CARGA LOCALIZADA					
PEÇAS PARA SUCCÃO			PEÇAS DE RECALQUE		
Tipo de peça	K	hf	Tipo de peça	K	hf
Válvula de pé com crivo	1,75	0,017	Válvula de retenção leve	2,5	0,145
Curva de 90° raio longo	0,4	0,004	Registro de gaveta	0,2	0,012
			Saída de canalização	1	0,058

Fonte: Adaptado NBR 12214/92 (2021).

O somatório das perdas de cargas localizada das peças de sucção foi de 0,020 m.c.a., enquanto para as peças de recalque foi de 0,214 m.c.a.

Para obtenção da perda de carga distribuída foi utilizada a equação de *Hazen-Williams*, tendo como resultado para o sistema de sucção e recalque, respectivamente, os valores de 0,005 e 9,333 m.c.a.

A altura geométrica é a diferença entre a cota de captação e a cota de adução do sistema, para obtenção das cotas foi utilizado a ferramenta *Google Earth*, conforme ilustra a FIGURA 16 a seguir.

FIGURA 16: Perfil de elevação do traçado da adutora



Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

Pode-se verificar a partir da análise da FIGURA 16 que a cota do manancial está a 266 m (Ponto A), enquanto a cota da ETA está a 287 m (Ponto B), gerando uma diferença de cota geométrica de 21 m. Assim, para a altura manométrica que considera a altura geométrica mais as perdas de cargas localizada e distribuída tem-se o valor de 30,572 m.c.a.

Uma vez definido os dados necessários para o dimensionamento da bomba, foi possível

proceder com o dimensionamento da potência da bomba necessária para operar o sistema de abastecimento de água em estudo. Para isto, foi utilizado o diagrama característico da bomba e a curva característica das bombas KSB – MEGANORM, conforme FIGURA 10 e 11. Assim, o modelo escolhido foi a bomba KSB – MEGANORM, modelo 065-040-125 que apresenta como potência 2,1 kW de diâmetro do rotor de 110 mm.

Como boa prática de projeto utilizado é recomendável a adoção de uma folga de acordo com a faixa de potência exigida pela bomba, conforme pode ser verificado na TABELA 5 abaixo:

TABELA 5: Acréscimo recomendados para motores elétricos

Potência exigida pela bomba (Pot.)	Folga recomendável (%)
até 2,0 cv	50
2,0 a 5,0 cv	30
5,0 a 10,0 cv	20
10,0 a 20,0 cv	15
acima de 20,0 cv	10

Fonte: Autora (2021).

Assim, como a bomba adotada apresentou potência de 2,1 kW que quando convertida para cavalo vapor é igual a 2,86 cv. Considerando que esta potência se enquadra no segundo critério, ou seja, até 5 cv é recomendável uma folga de 30%, logo teremos que a potência da bomba será de 3,71 cv, como não há bombas comercializadas com essa potência, será adotada, portanto, uma bomba de 5 cv.

5.4 Cenário de colapso

Na última etapa deste trabalho foi verificada a disponibilidade hídrica existente no Município de São Francisco/PB, bem como qual a demanda de água que o manancial poderá atender sem colapsar o sistema ou interferir nos critérios de potabilidade recomendados pelos órgãos reguladores, a exemplo do Ministério da Saúde.

Atualmente a população abastecida pelo sistema de abastecimento de água (SAA) da cidade de São Francisco/PB é de 1.711 habitantes (IBGE, 2021), considerando o consumo *per capita* médio de 115 L/hab.dia tem-se que a demanda diária de água é de 196.765 L/dia, gerando assim uma demanda anual de 71.819,225 m³ de água. De acordo com dados coletados na

Prefeitura do Município foi verificado que o manancial Manoel Vicente de Maria possui reserva hídrica de 502.284,41 m³, considerando as taxas de precipitação e evaporação (FRANCISCO, P. R. M.; DE MEDEIROS; SANTOS, 2018), atendendo assim a população com uma folga de 85,64%.

Analogamente, considerando a população estimada para o ano de 2040 que conforme explicitado acima foi de 2.311 habitantes, assim como o consumo *per capita* médio considerado de 115 l/hab.dia. A partir desses dados foi possível determinar a necessidade hídrica para o Município ao longo de um ano, a qual foi de 97.004,225 m³ considerando ainda que o volume do manancial permaneça constante, apresentando um volume de 502.284,41 m³ este atenderá a nova demanda com folga de 80,6%.

Assim, calculou-se também qual a população máxima que esse reservatório poderá atender, considerando que não sejam registradas anormalidades no sistema, a exemplo de: existência de grandes consumidores (já que ao longo do trabalho foi considerado $Q_{esp} = 0$), irregularidades pluviométricas que interfiram diretamente no ressuprimento do manancial, captações ilegais, dentre outros. Desta forma, a população máxima atendida pelo manancial num período de um ano é de 11.912 habitantes.

Outro ponto analisado foi o comparativo entre o sistema atual de abastecimento de água do Município e o necessário para atender a demanda no ano de 2040, conforme QUADRO 2:

QUADRO 2: Comparativo entre os parâmetros do SAA para o ano de 2021 e 2040.

Parâmetros	2021	2040
População (Hab)	1711	2311
Vazão demandada (m ³ /h)	17	27,37
Diâmetro de Sucção (mm)	100	150
Diâmetro de Recalque (mm)	100	100
Potência da bomba (cv)	3	5

Fonte: Autora (2021).

A partir do QUADRO 2 é possível identificar que com o aumento da população os parâmetros de abastecimento mudarão, assim o SAA existente precisará passar por um redimensionamento que implicará na troca da tubulação de sucção bem como na bomba utilizada, tais modificações decorrem do aumento da vazão de demanda que passará de 17 m³/h para 27,37 m³/h.

A partir das verificações realizadas foi constatado que o sistema precisará passar por mudanças, no entanto, tais mudanças seguem uma lógica de crescimento populacional, não

obstante é necessário que os gestores municipais invistam em iniciativas que visem favorecer o consumo racional da água, além de investirem em políticas públicas voltadas a educação ambiental da população.

Ademais faz-se necessário o planejamento de interligação com outro corpo hídrico tornando o sistema capaz de atender a demanda da comunidade sem interrupções ou colapso.

6 CONCLUSÃO

Através desse estudo foi possível identificar a população projetada para a cidade de São Francisco/PB até o ano de 2040 e que o método de projeção populacional aritmético se adequou de forma mais eficiente ao perfil de crescimento do Município. Foi avaliada, ainda, a reserva hídrica existente, no manancial Manoel Vicente de Maria, constatando assim a importância da correta gestão hídrica e da utilização otimizada e consciente desse recurso tão essencial para o desenvolvimento econômico-social da cidade.

Outro ponto avaliado neste trabalho refere-se ao dimensionamento da bomba e o comparativo realizado entre o sistema atual de abastecimento de água (2021) comparado ao sistema necessário para o ano de 2040, o que implica na substituição da bomba existente, bem como mudanças nas tubulações de sucção, uma vez que a vazão demanda passará de 17 m³/h para 27,37 m³/h. Tais verificações foram fundamentais para avaliar a eficiência desta parte do sistema.

Estabeleceu-se um cenário de otimização buscando realizar um diagnóstico de horizonte temporal de atendimento do manancial referente as demandas futuras da população, considerando os recursos hídricos existentes e qual a população máxima que poderá ser atendida por esse reservatório, desde que não ocorra nenhuma situação de anormalidade que venha a impactar diretamente no sistema.

Assim, através do estudo realizado foi possível concluir a importância do monitoramento constante dos corpos hídricos, identificando no mais curto espaço de tempo captações irregulares ou mesmo problemas na estrutura física do manancial. Bem como a realização de projeções populacionais para que se entenda o perfil de crescimento das cidades possibilitando que o poder público adote medidas de forma planejada e coordenada evitando, desse modo, problemas de descontinuidade de abastecimento, ou mesmo, em situações excepcionais o colapso parcial ou total do sistema.

Para trabalhos futuros, sugere-se a análise e caracterização completa do funcionamento do atual sistema de abastecimento de água (SAA) de São Francisco/PB, possibilitando assim a identificação de possíveis correções de perdas existentes nas etapas de operação, assim como ações que visem a utilização consciente dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024:** Informação e documentação – Numeração progressiva das seções de um documento – Apresentação. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027:** Informação e documentação – Sumário – Apresentação. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028:** Informação e documentação – Resumo – Apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT NBR 12213. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público.** Rio de Janeiro: [s. n.], 1992.

AESA. **AESA. Comitê Piranhas-Açu.** [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

AZEVEDO NETO, M. F. FERNANDEZ, R. ARAUJO, A. E. Ito. **Manual de Hidráulica.** 8ª ed.ed. São Paulo: [s. n.], 1998.

BRAGA, M. D. et al. **Caracterização microbiológica da água de lavagem de filtros e avaliação de diferentes cenários de recirculação. Revista Aidis de ingeniería y ciencias ambientales: investigación, desarrollo y práctica.** 2007. [s. l.], 2007. Disponível em: www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/download/14421/13757.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal.: [s. n.], 1988. v. 1E-book.

BRASIL. Lei Nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 d. Brasília, DF., 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 12 ago. 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. Brasília, DF., 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 12 ago. 2021.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Portaria GM/MS Nº 888, de 7 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano .** [S. l.], 2021.

BRASIL. **Ministério das Cidades. Guia para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento.** Brasília, DF.: [s. n.], 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Brasília: [s. n.], 2005.

BRUMES, Karla Rosário; DA SILVA, Márcia. A migração sob diversos contextos. **Boletim de Geografia**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 123–133, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v29i1.10183>.

CARLOS, Antônio. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: [s. n.], 2002.
DE CARVALHO, Fernando Silva et al. **Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió.** 2004. [s. l.], 2004.

DIEHL, Roberta. AVALIAÇÃO E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE ESTRELA / RS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE ESTRELA / RS. [s. l.], 2019.

DOS, Mayra; CAVALCANTI, Santos. Centro universitário cesmac. [s. l.], p. 0–40, 2017.
FEITOSA, Fernando A.C. et al. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicação. rev. e ampl.** 2008. Rio de Janeiro, 2008.

FRANCISCO, D E S Ã O *et al.* **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO.** [s. l.], 2005.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; DE MEDEIROS, Raimundo Mainar; SANTOS, Djail. Balanço Hídrico Climatológico para a Capacidade de Campo de 100 mm - Estado da Paraíba. [s. l.], p. 257, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/insa/centrais-de-conteudo/publicacoes/bhc-cc-100-mm-estado-da-paraiba.pdf>.

GALVÃO, Manoel Júlio da Trindade Gomes et al. **Hidrogeologia da bacia sedimentar do Rio do Peixe-PB.** 2008. [s. l.], 2008.

GITANA, Bárbara Alves Vieira. **Análise de risco aplicado á qualidade da água do sistema de abastecimento de Campina Grande (PB).** 2019. [s. l.], 2019.

HELLER, LÉO; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Valter Lúcio de Pádua.** [S. l.: s. n.], 2006.
IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – IBGE: São Francisco. Acesso em: 03 mar. 2021.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-francisco/panorama>. Acesso em: 27 ago. 2021.

IBRAHIN, Francini Imene Dias et al. **Análise Ambiental: Gerenciamento de Resíduos e Tratamento de Efluentes.** 2015. São Paulo, 2015.

IDEME. Características do Crescimento Populacional nas Regiões Geoadministrativas do Estado da Paraíba. Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba. João Pessoa, p. 80p, 2011.

KSB-MEGANORM. **Folheto de curvas características Meganorm.** [S. l.], 2013. Disponível

em: http://masimoes.pro.br/op_uni/4_npsh/cav_npsh_cat_ksb.pdf. Acesso em: 29 ago. 2021.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2010. São Paulo, 2010.

MOURA, Liselle Valente. Diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água do distrito de cachoeira do campo. [s. l.], 2018.

NBR 12214. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214: Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro: [s. n.], 1998.

NETTO, J. M. A. Cronologia do abastecimento de água (até 1970). São Paulo, p. pp 106-111, 1984.

ONU. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2019**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041por.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica. 4 ed. São Carlos: EESC-USP**. São Paulo: [s. n.], 2006. PREFEITURA MUNICIPAL. **PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO FRANCISCO. Secretaria de Infraestrutura. Dados sobre o sistema de abastecimento de São Francisco**. [S. l.], 2021.

RODRIGUES, TÁSSIO LEAL. Diagnóstico Do Sistema De Abastecimento Do Município De Riachão Do Bacamarte - Pb. [s. l.], 2014.

SDR/MI. **Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional do Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília, DF., 2005.

SILVA, FRANCINALDO DE BRITO. O Sistema De Abastecimento D ' Água Da Cidade De Santa Rita - Pb. [s. l.], p. 59, 2016.

SNIS. **Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto**. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SNIS. **SISTEMA Nacional de Informação sobre Saneamento**. [S. l.], 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **ABASTECIMENTO DE ÁGUA ; tsutiya.pdf**. [S. l.: s. n.], 2006.

UNICEF. **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS. 2019**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicadosdeimprensa/%0A1emcada3pessoasnomundonaotemacessoaguapotaveldizemunicefoms>. Acesso em: 15 ago. 2021.

VON SPERLING, M. **“Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos”, DESA-UFMG**. Belo Horizonte: [s. n.], 1996.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega do trabalho de conclusão de curso

Assunto: Entrega do trabalho de conclusão de curso
Assinado por: Simone Silva
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Simone Santos da Silva, ALUNO (201622200667) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS**, em 18/10/2021 09:25:08.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/10/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 349255

Código de Autenticação: b4203131b7

