

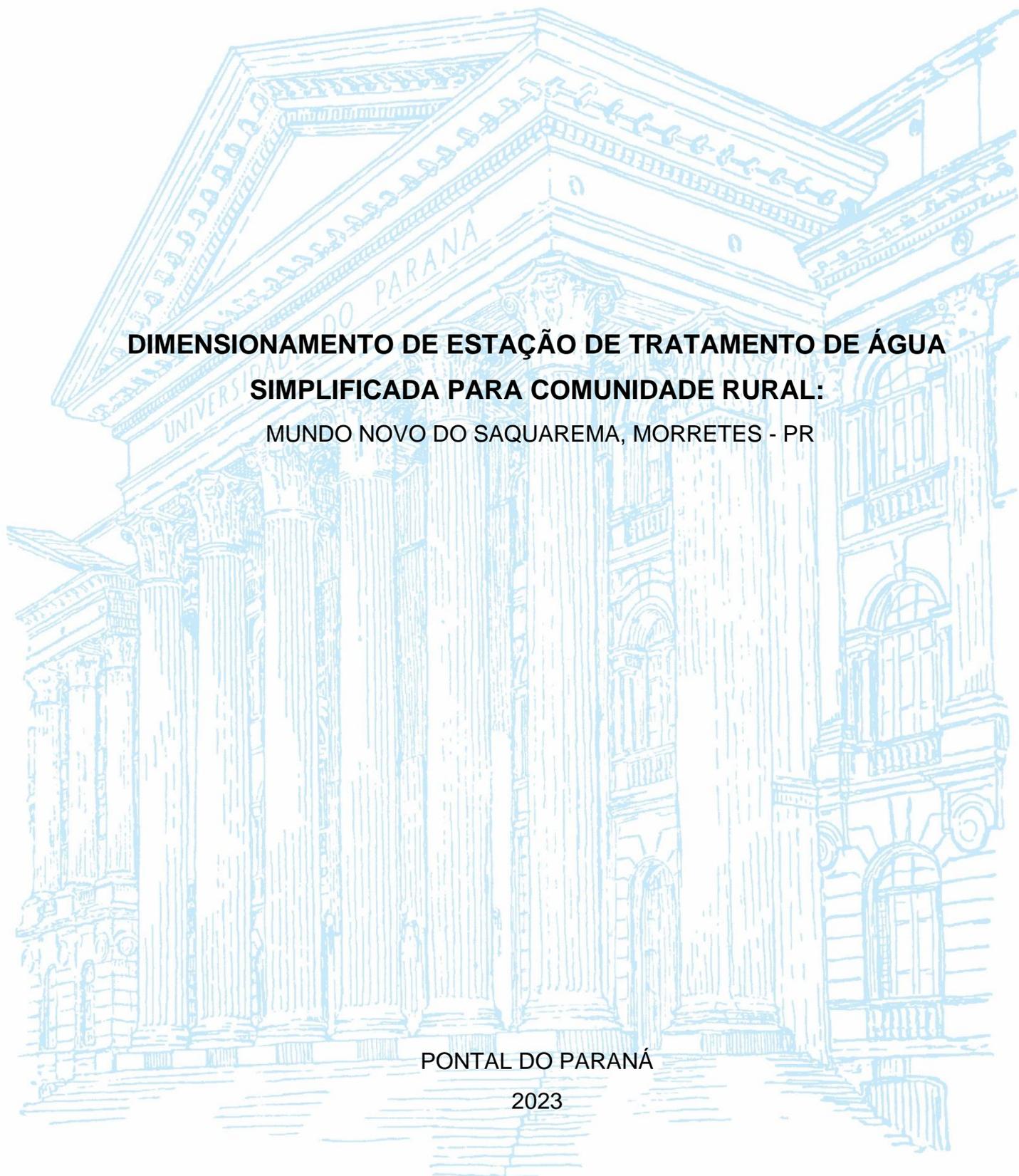
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CENTRO DE ESTUDOS DO MAR**

ALDREY NILHA PIANARO

**DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
SIMPLIFICADA PARA COMUNIDADE RURAL:
MUNDO NOVO DO SAQUAREMA, MORRETES - PR**

PONTAL DO PARANÁ

2023



ALDREY NILHA PIANARO

**DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
SIMPLIFICADA EM COMUNIDADE RURAL:
MUNDO NOVO DO SAQUAREMA, MORRETES - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, Campus Centro de Estudos do Mar.

Orientador: Dr. Alexandre Bernardino Lopes.
Coorientador: Dr. Guilherme Fuhrmeister Vargas.

PONTAL DO PARANÁ

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

Pianaro, Aldrey Nilha

P581d Dimensionamento de estação de tratamento de água simplificada em comunidade rural: Mundo Novo do Saquarema, Morretes-PR [recurso eletrônico] Aldrey Nilha Pianaro. – Pontal do Paraná, 2023.
1 arquivo [96 f.] : PDF.

Orientador: Dr. Alexandre Bernardino Lopes

Coorientador: Dr. Guilherme Fuhrmeister Vargas

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

1. Água - Tratamento. 2. Saneamento. I. Lopes, Alexandre Bernardino. II. Vargas, Guilherme Fuhrmeister. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD – 628.16



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Avenida Deputado Anibal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976
Telefone: 4135118600 - h p://www.ufpr.br/

TERMO TERMO DE APROVAÇÃO

Aldrey Nilha Pianaro

“DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SIMPLIFICADA PARA COMUNIDADE RURAL: MUNDO NOVO DO SAQUAREMA, MORRETES-PR.”

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Prof^a. Dra. Simone Mendonça dos Santos - CPP-CEM/UFPR

Me. Lucas Daniel da Silva Galdino - (Prefeitura Municipal de Morretes)

Prof^o Dr. Alexandre Bernardino Lopes - CPP-CEM/UFPR

Presidente

Pontal do Paraná, 04 de Julho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE BERNARDINO LOPES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/07/2023, às 09:57, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida aqui informando o código verificador **566688** e o código CRC **381D9C1A**.

Dedico este trabalho aos meus pais, Eliane Schonrock e Antonio Pianaro, que sempre me amparam para que eu evolua cada vez mais com muito amor e conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Universo pela minha existência e às boas energias que me presenteiam com tudo o que preciso para meu crescimento pessoal, intelectual e profissional, para que eu possa sempre retribuir com conhecimento e qualidade de vida aos seres vivos desse planeta.

Agradeço à minha mãe, Eliane Schonrock, por ter me guiado para ser uma mulher forte, capaz de enfrentar todas as adversidades da vida, sempre com esperança de dias melhores, muito trabalho, honestidade e carinho com a natureza. Ao meu pai, Antonio Pianaro, grande professor da UFPR que me inspira desde criança a ser uma profissional capaz de transformar a vida de outras pessoas com o conhecimento. Ambos que passaram por muito sofrimento durante suas vidas e hoje me apoiam, incentivam e acreditam em um potencial que eu mesma um dia já duvidei.

Aos meus familiares, em especial meus irmãos Fernando e Ronald, que apesar de passarem por fases difíceis desde o começo da vida, souberam superá-las e se tornaram grandes homens, dos quais muito me orgulho.

À minha amada Audrey, que esteve comigo em todas as pesquisas de campo deste trabalho, que constantemente deixa explícita sua admiração por quem sou e ainda me amparou nos momentos caóticos no final da graduação.

Ao meu orientador, Alexandre Bernardino Lopes, por acreditar neste trabalho. Mesmo em dias cinzentos, sua existência trouxe muita luz para mim e acredito que para muitos outros alunos também.

Ao meu coorientador, Guilherme Fuhrmeister Vargas, que mesmo distante, soube me conduzir para tornar esse trabalho fantástico, assim como ele. Além de me mostrar que o mundo é pequeno para quem brilha com todas as cores do arco-íris.

Aos docentes que tanto se dedicam aos ensinamentos, em especial às professoras Hedda Elisabeth Kolm e Silvia Pedroso Melegari, que disponibilizaram seus laboratórios para as análises biológicas e físico-químicas, além de acrescentarem seus conhecimentos didáticos e suas vivências para este trabalho, para muitos outros que ainda surgirão na minha jornada e para que eu jamais esqueça de como ser uma excelente profissional, principalmente para eu realizar meu sonho de lecionar.

Aos técnicos Fernanda Kasumi Ishii, Ricardo Gomes de Oliveira e Francielle Pierobon, por me auxiliarem durante todas as análises, por criarmos uma boa amizade

que carregarei lembranças maravilhosas e por demonstrarem a importância de seus trabalhos nas inúmeras pesquisas científicas e disciplinas que essa Universidade proporciona para a sociedade.

Ao meu chefe do estágio, Lucas Daniel da Silva Galdino, que além de todo o conhecimento que me passou, me fez partir para a área da engenharia sanitária e, assim, concluo a graduação com um projeto de saneamento básico.

À diretoria da Associação de Produtores Rurais e Moradores do Mundo Novo do Saquarema, destacando os esforços do Presidente Aurélio Alves e sua vice, Eliane Schonrock, durante a gestão entre os anos de 2021 e 2023, que acompanharam todos os trabalhos de campo na confiança de que este projeto trará diversos benefícios para a comunidade em que residem.

Aos meus amigos e colegas, Brenda, Wanderson, Maria Laura, Letícia, Leonardo Jacon, Leonardo Franco e Lucas, que estiveram presentes durante toda essa maratona me ajudando com apoio emocional e em algumas coletas de campo e análises em laboratório.

Agradeço imensamente todos que de alguma maneira fizeram parte dessa história.

“As falhas dos homens eternizam-se no bronze,
As suas virtudes escrevemos na água.”

Henry Wadsworth Longfellow

“Eu sonho mais alto que drones

...

Para arregaçar como um ciclone

Para que amanhã não seja só um ontem com
um novo nome.”

Leandro Roque de Oliveira - Emicida

RESUMO

Em todo o mundo, milhões de pessoas enfrentam desafios para acessar água limpa e segura, assim como instalações adequadas de saneamento básico. Essas questões têm impactos profundos na saúde pública, educação e qualidade de vida. Este trabalho apresenta o dimensionamento de uma estação de tratamento de água simplificada para atender uma comunidade rural denominada de Mundo Novo do Saquarema, localizada no município de Morretes, região da costa litorânea do Estado do Paraná. A pesquisa aborda a falta de acesso à água potável e saneamento básico na região, evidenciando a necessidade de um sistema de tratamento. Foram realizados procedimentos de campo, como nivelamento geométrico, coleta de amostras de água e medição de vazão, além de análises laboratoriais de parâmetros físico-químicos e biológicos. Esses dados permitiram dimensionar os equipamentos, incluindo captação, filtros, tanque de desinfecção e reservatórios. Informações sociodemográficas foram consideradas, demonstrando a carência de saneamento básico na comunidade. Portanto, o estudo reforça a importância do acesso à água tratada e saneamento adequado como direitos fundamentais, sendo o dimensionamento da ETA uma etapa essencial para melhorar a qualidade de vida dos habitantes dessa comunidade e também no contexto global mais amplo, com necessidade de soluções sustentáveis e gestão eficaz dos recursos hídricos para garantir um futuro mais saudável e quantitativo para todos. O projeto identificou por meio de análises físico-químicas e biológicas, que os parâmetros estabelecidos pelas legislações de potabilidade não são atendidos, além de classificar o recurso hídrico natural, reforçando a necessidade de uma ETA e a viabilidade dela ser simplificada, que resultou em um dimensionamento simples e de baixo custo para um horizonte de projeto de 30 anos, capaz de resolver muitos problemas ambientais e, principalmente, de saúde pública.

Palavras-chave: Água; Saneamento; Tratamento; Potabilidade; Comunidade; Rural.

ALDREY NILHA PIANARO

**SIZING OF A SIMPLIFIED WATER TREATMENT PLANT IN A RURAL
COMMUNITY:**

MUNDO NOVO DO SAQUAREMA, MORRETES-PR

ABSTRACT

Throughout the world, millions of people face challenges in accessing clean and safe water, as well as adequate basic sanitation facilities. These issues have profound impacts on public health, education, and quality of life. This work presents the sizing of a simplified water treatment plant to serve a rural community called Mundo Novo do Saquarema, located in the municipality of Morretes, in the coastal region of the state of Paraná, Brazil. The research addresses the lack of access to clean water and basic sanitation in the region, highlighting the need for a treatment system. Field procedures such as geometric leveling, water sampling, flow measurement, and laboratory analysis of physicochemical and biological parameters were conducted. These data allowed for the sizing of equipment, including intake structures, filters, disinfection tanks, and reservoirs. Sociodemographic information was considered, demonstrating the community's lack of knowledge and basic sanitation. Therefore, the study reinforces the importance of access to treated water and adequate sanitation as fundamental rights, with the sizing of the water treatment plant being an essential step towards improving the quality of life for the habitants of this community and also in the broader global context, necessitating sustainable solutions and effective management of water resources to ensure a healthier and quantitatively future for all. The Project identified through physical-chemical and biological analyses that the parameters established by potability regulations are not met, in addition to classifying the natural water resource, reinforcing the need for a Water Treatment Plant (WTP) and the feasibility of simplifying it. This resulted in a simple and low-cost design for a 30-year Project Horizon, capable of solving many environmental problems and, most importantly public health issues.

Keywords: Water; Sanitation; Treatment; Potability; Community; Rural.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Hidrografia de Morretes – PR.....	26
Figura 2 – Relevo da área de estudo.....	27
Figura 3 – Instrumentos para nivelamento geométrico.....	30
Figura 4 – Materiais para determinação de parâmetros físico-químicos.....	34
Figura 5 – Materiais para determinação de parâmetros biológicos.....	36
Figura 6 – Procedimentos de campo para determinação da vazão.....	39
Figura 7 – Forma geométrica segundo a secção transversal das barras.....	44
Figura 8 – Percentual de respostas dos moradores em relação ao recurso hídrico que é distribuído nas residências atualmente.....	53
Figura 9 – Demanda hídrica específica.....	54
Figura 10 – Principal residência dos associados.....	56
Figura 11 – Visitantes externos.....	56
Figura 12 – Crescimento populacional.....	57
Figura 13 – Perfil topográfico.....	58
Figura 14 – Disposição da estrada principal e estradas de acesso.....	59
Figura 15 – Estradas secundárias.....	60
Figura 16 – Captação de água existente.....	67
Figura 17 – Tanque de cloração existente.....	67
Figura 18 – Corte transversal “A” da planta baixa.....	70
Figura 19 – Corte longitudinal “B” da planta baixa.....	70
Figura 20 – Corte longitudinal “C” da planta baixa.....	70
Figura 21 – Corte transversal da sessão à Montante.....	72
Figura 22 – Corte transversal da sessão à Jusante.....	72
Figura 23 – Dimensionamento da captação.....	77
Figura 24 – Dimensionamento dos filtros.....	82
Figura 25 – Dosador de cloro por gravidade.....	82
Figura 26 – Dimensionamento do reservatório.....	85
Figura 27 – Ilustração da estação de tratamento de água simplificada.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros de classificação de águas naturais.....	31
Quadro 2 – Parâmetros de potabilidade da água após tratamento.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil Sociodemográfico.....	51
Tabela 2 – Demanda hídrica.....	52
Tabela 3 – Resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio (DBO)...	64
Tabela 4 – Resultados das análises físico-químicas.....	64
Tabela 5 – Resultados das análises de Coliformes Totais.....	65
Tabela 6 – Resultados das análises de <i>Escherichia Coli</i>	66
Tabela 7 – Dimensão das estruturas de captação e tanque de cloração.....	69
Tabela 8 – Dimensão das tubulações das estruturas existentes.....	69
Tabela 9 – Medidas referentes à vazão do sistema de tratamento.....	69
Tabela 10 – Dimensão das sessões de acordo com os dias medidos.....	71
Tabela 11 – Perímetro e área das sessões.....	72
Tabela 12 – Tempo e velocidade das esferas pelo método do flutuador.....	73
Tabela 13 – Vazões calculadas.....	75
Tabela 14 – Dimensionamento das camadas do filtro.....	78

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APRUMUS – Associação de Moradores e Produtores Rurais do Mundo Novo do Saquarema
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETA – Estação de Tratamento de Água
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
IAT – Instituto Água e Terra
IAS – Instituto Água e Saneamento
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDR - Paraná – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
NBR – Norma Brasileira
NPM – Número Mais Provável
NTU – Unidades Nefelométricas de Turbidez
OD – Oxigênio Dissolvido
ONU – Organização das Nações Unidas
PR – Paraná
PVC – Policloreto de Vinila
SEAG – Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUS – Sistema Único de Saúde

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.2.1 Objetivos Gerais.....	20
1.2.2 Objetivos Específicos.....	21
2 REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA.....	22
2.1 CONCEITOS DE COMPETÊNCIA.....	22
2.2 CLASSIFICAÇÃO DE COMPETÊNCIA.....	23
2.3 MAPEAMENTO DE COMPETÊNCIAS.....	24
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	24
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO.....	25
3.3 UNIVERSO DA PESQUISA.....	26
3.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....	28
3.4.1 Características Sociodemográficas.....	28
3.4.2 Projeção de Crescimento e Demanda Hídrica.....	28
3.4.3 Perfil Topográfico.....	29
3.4.4 Características e Qualidade da Água.....	30
3.4.4.1 Físico-Químicas.....	32
3.4.4.2 Biológicas.....	34
3.4.4.3 Vazão.....	36
3.4.5 Captação da Água.....	40
3.4.6 Filtros.....	44
3.4.7 Tanque de Cloração e Casa de Química.....	48
3.4.8 Reservatório.....	49
4 RESULTADOS.....	49
4.1 DIAGNÓSTICO DA ATUAL SITUAÇÃO.....	49
4.2 DIMENSIONAMENTO.....	50
4.2.1 Características Sociodemográficas.....	50
4.2.2 Projeção de Crescimento e Demanda Hídrica.....	56
4.2.3 Perfil Topográfico.....	58

4.2.4 Características e Qualidade da Água.....	61
4.2.4.1 Físico-Químicas.....	62
4.2.4.2 Biológicas.....	65
4.2.4.3 Vazão.....	66
4.2.5 Captação da Água.....	75
4.2.6 Filtros.....	78
4.2.7 Tanque de Cloração e Casa de Química.....	82
4.2.8 Reservatório.....	84
5 DISCUSSÕES.....	86
6 CONCLUSÃO.....	87
7 REFERÊNCIAS.....	88

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

Desde o início da humanidade já era imprescindível a existência de água para a sobrevivência, já que o nosso organismo é composto majoritariamente por esse elemento e que devemos repô-lo diariamente através da ingestão, não só em seu estado natural, mas por diversos alimentos. A necessidade e viabilidade de se ter esse fluido disponível para o consumo e para a irrigação de lavouras, fez com que civilizações de 4.000 anos a.C. canalizassem água para seus povoados, além de filtrar, tratar e armazenar de forma que a qualidade estivesse assegurada, isso tudo depois de perceberem que por mais que a aparência cristalina remetesse à potabilidade, poderia conter contaminantes causadores de doenças (PITERMAN; GRECO, 2005).

A problemática do saneamento básico é uma questão global. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), aproximadamente 2,2 bilhões de pessoas em todo o mundo não têm acesso a serviços básicos de saneamento, o que representa um grave risco para a saúde pública e o desenvolvimento sustentável. A falta de saneamento adequado está diretamente relacionada a doenças transmitidas pela água, como cólera, diarreia e hepatite, que causam milhões de mortes todos os anos, especialmente em comunidades rurais e países em desenvolvimento.

O acesso à água potável é um direito humano fundamental reconhecido internacionalmente, no entanto, apesar dos avanços significativos nas últimas décadas, ainda existem desafios consideráveis a serem superados no que diz respeito ao saneamento básico, especialmente em áreas descentralizadas.

No contexto brasileiro, embora o país tenha alcançado avanços significativos na expansão do acesso ao recurso natural, o saneamento básico ainda é uma realidade desafiadora para muitas comunidades. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), cerca de 35 milhões de brasileiros não possuem acesso à água potável e 100 milhões não têm acesso a serviços de coleta de esgoto.

A garantia do saneamento básico como direito constitucional no Brasil é assegurada pela Constituição Federal de 1988. O artigo 225 da Constituição estabelece que é dever do Estado promover políticas públicas que visem à preservação do meio ambiente, incluindo o saneamento. Além disso, a Lei nº

11.445/2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico, estabelece as diretrizes nacionais para o setor e define as responsabilidades dos entes federativos na prestação dos serviços.

Apesar da existência de marcos legais e da importância do saneamento básico para a saúde e bem-estar da população, a realidade enfrentada pelas entidades públicas encarregadas de fornecer serviços de água e esgoto é complexa. Entre os desafios mais comuns estão a falta de recursos financeiros, capacidade técnica, infraestrutura adequada e a necessidade de enfrentar as demandas específicas das áreas rurais.

O município de Morretes, localizado na porção litorânea do estado do Paraná, é uma região que enfrenta desafios particulares em relação ao abastecimento público de água em comunidades rurais, particularmente devido à distância dos centros urbanos, e dispersão geográfica. Para atender às necessidades da demanda hídrica da população nessas áreas, é essencial desenvolver uma estação de tratamento de água (ETA) simplificada, capaz de fornecer água potável de qualidade.

O dimensionamento de um sistema de tratamento envolve análises cuidadosas de dados sobre características do recurso hídrico e geográficas da região de estudo, bem como fatores sociodemográficos, como número de habitantes, taxa de crescimento populacional por um horizonte de projeto definido, atividades econômicas, consumo doméstico, irrigação, dessedentação de animais e outras atividades que demandem a utilização de água. Esses dados podem ser obtidos por meio de levantamentos populacionais, entrevistas com moradores, registros históricos e estudos e pesquisas de campo específicos.

Além disso, é importante considerar a qualidade e quantidade de água disponível na região. Em áreas rurais, é comum encontrar fontes oriundas de nascentes que não sofrem contaminação e poluição por atividades antrópicas diretas, mas que podem conter contaminantes naturais que comprometem sua potabilidade. Nesse sentido, é indispensável realizar análises laboratoriais para identificar possíveis alterações e definir as etapas de tratamento necessárias para garantir a qualidade do recurso hídrico, enquadrando a classificação de acordo com parâmetros estabelecidos na NBR 12.216/92.

Com base nessas informações, é possível determinar o tipo de estação de tratamento de água que melhor atende à demanda da população, particularmente da comunidade do Mundo Novo do Saquarema, região de estudo deste trabalho,

localizada na área rural do município de Morretes-PR. Uma ETA simplificada é capaz de solucionar diversos problemas dos moradores dessa localidade, composta pelos sistemas de captação de água, filtros, tanque de desinfecção e reservatórios.

Entretanto, é importante considerar que o dimensionamento desse sistema apresenta desafios específicos, como a disponibilidade de recursos financeiros para a implantação e operação. Por conta disso, é imprescindível uma busca por fontes de financiamento, como programas governamentais, parcerias público-privadas ou fundos de desenvolvimento.

Além disso, a falta de capacidade técnica também é um obstáculo a ser superado, pois há necessidade de acompanhamento por profissionais qualificados, como engenheiros e técnicos especializados em tratamento de água, a fim de garantir que a estação seja projetada e operada corretamente. Investimentos em capacitação e treinamento podem ser necessários para fortalecer a equipe responsável pela gestão da ETA, visando a conformidade com normas e regulamentações ambientais e sanitárias, garantindo a qualidade da água tratada e a segurança da população.

Nesse sentido, é fundamental que as entidades públicas trabalhem em estreita colaboração com órgãos reguladores e fiscalizadores federais, estaduais e municipais de meio ambiente e saúde, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), cumprindo as diretrizes e normas vigentes. Isso envolve o desenvolvimento de planos de monitoramento e controle de qualidade da água, realização de análises laboratoriais regulares e a adoção de práticas adequadas de operação e manutenção da estação de tratamento, previstos pela Portaria de Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017.

Além das questões regulatórias, é importante a participação e o envolvimento da comunidade local no processo de implementação e gestão da ETA. A conscientização da população sobre a importância do saneamento básico, bem como a participação ativa na tomada de decisões e na fiscalização dos serviços, contribuindo para o sucesso e a sustentabilidade do projeto.

As entidades públicas e a Associação de Produtores Rurais e Moradores do Mundo Novo do Saquarema (APRUMUS), devem buscar alternativas para garantir a viabilidade econômica do empreendimento, considerando aspectos como a tarifação adequada dos serviços prestados, a busca por parcerias e a arrecadação de recursos. Também é importante destacar que o dimensionamento e a implementação do projeto devem estar alinhados com princípios da sustentabilidade ambiental. Isso significa

consolidar a minimização do consumo energético, uso racional da água, redução da geração de resíduos e adoção de práticas de gestões ambientais responsáveis.

Por fim, é fundamental a preparação de todos os responsáveis pelo setor de saneamento básico, tanto público quanto privado, para enfrentar os desafios emergentes relacionados com mudanças climáticas, uso de tecnologias inovadoras para aprimorar a eficiência dos processos de tratamento, melhoria da gestão dos recursos hídricos e a busca por soluções integradas que abordem não apenas o abastecimento de água, mas também o tratamento de esgoto e de resíduos sólidos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

Apresentar um projeto de dimensionamento da estação de tratamento de água simplificada para a comunidade rural do Mundo Novo do Saquarema, no município de Morretes-PR, tem como objetivo principal promover o acesso universal à água potável e contribuir para a melhoria das condições de saneamento básico na região.

Como objetivos gerais, podem ser destacados:

1. Garantia do abastecimento de qualidade para a população rural, assegurando o cumprimento do direito humano à água e contribuindo para a promoção da saúde pública e bem-estar da comunidade;
2. Contribuição para a redução das doenças relacionadas à falta de acesso à água potável e ao saneamento básico, melhorando a qualidade de vida dos moradores da área de estudo;
3. Promoção da conscientização e a educação da população sobre a importância do saneamento básico, incentivando a adoção de práticas de higiene pessoal e uso racional da água;
4. Despertar da participação ativa da comunidade no processo de implementação e gestão da estação de tratamento de água simplificada, promovendo o empoderamento dos moradores e estimulando o cuidado com os recursos hídricos locais.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste projeto são:

1. Realizar um levantamento detalhado das necessidades e demandas de água da comunidade rural do Mundo Novo do Saquarema, considerando a população atendida, as atividades econômicas locais e as características dos recursos hídricos disponíveis;
2. Dimensionar e projetar a ETA simplificada, levando em conta as especificidades locais, como a qualidade da água bruta, a topografia e a disponibilidade de recursos financeiros;
3. Estabelecer um sistema de captação, filtração, desinfecção, reservatório e distribuição de água eficiente e sustentável, garantindo a conformidade com as normas e regulamentações ambientais e sanitárias;
4. Implementar programas de monitoramento contínuo da qualidade da água tratada, por meio de análises laboratoriais e ações de controle de qualidade, proporcionando a segurança hídrica da população;
5. Promover ações de educação ambiental e sanitária, por meio de campanhas de conscientização, treinamentos e capacitações, com o objetivo de disseminar boas práticas de higiene e o uso responsável da água;
6. Estabelecer mecanismos de participação comunitária e fortalecer a administração local por parte da associação de moradores, envolvendo os moradores na tomada de decisões e na fiscalização dos serviços de saneamento;
7. Desenvolver um plano de sustentabilidade financeira, buscando alternativas para garantir a viabilidade econômica da ETA, como a tarifação adequada dos serviços e a busca por parcerias;
8. Avaliar periodicamente os resultados e impactos do projeto, por meio de indicadores e avaliações de desempenho, visando aprimorar continuamente os serviços de saneamento básico e atender às necessidades da população de forma eficiente.

2 REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

A revisão teórico-empírica é um processo essencial para fundamentar projetos (NEVES; CONEJERO, 2011), como de dimensionamento da estação de tratamento de água simplificada. O foco é o aprofundamento do conhecimento sobre os conceitos, teorias e práticas relacionadas ao saneamento básico, ao acesso à água potável e ao desenvolvimento sustentável.

A revisão teórica envolve a análise de literaturas científicas, estudos acadêmicos, relatórios técnicos e documentos normativos pertinentes ao tema. Dessa forma, é possível compreender as principais discussões, tendências, desafios e soluções no campo do saneamento básico e do abastecimento de água em áreas rurais.

Já a revisão empírica relaciona a coleta e análise de dados concretos e específicos da região de estudo, a comunidade rural Mundo Novo do Saquarema. Sendo incluído para este trabalho levantamentos topográficos, coletas de amostras de campo, cadastro dos moradores, registro estatísticos e outras fontes de informações relevantes. Essa revisão permite compreender a realidade local, identificar demandas específicas, caracterizar a população atendida e as condições ambientais, entre outros aspectos que interferem no desenvolvimento do projeto.

Com base em estudos sobre as competências (MANFRED, 1998) e adaptando para este trabalho de acordo com a revisão teórico-empírica de pesquisas científicas e as exigências dos órgãos reguladores e fiscalizadores que englobam o saneamento básico, é possível determinar os conceitos, classificação e mapeamento para cada profissional e entidade responsável.

2.1 CONCEITOS DE COMPETÊNCIA

No contexto do projeto de dimensionamento da estação de tratamento de água simplificada, é importante compreender os conceitos de competência e sua relevância para o desenvolvimento e sucesso das atividades envolvidas.

A competência pode ser definida como a combinação de conhecimentos teóricos e práticos e habilidades adquiridas durante a graduação de Engenharia Ambiental e Sanitária e atividades extracurriculares, além de atitudes e valores criados durante a formação intelectual, necessários para o desempenho eficaz de

determinadas tarefas ou funções exigidas para a elaboração de um projeto essencial para a melhoria de vida de diversas pessoas e do meio ambiente.

No caso do saneamento básico, as competências são essenciais em diferentes níveis, desde a gestão e operação da ETA até a conscientização e engajamento da comunidade. Esse fator implica nos profissionais envolvidos, que devem possuir conhecimentos técnicos especializados, habilidades práticas, capacidade de liderança, capacidade de resolução de problemas e ética profissional.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE COMPETÊNCIA

As classificações de competência podem ser classificadas de diferentes maneiras, levando em consideração seus objetivos, nível de complexibilidade e aplicação específica. Pode ser dividida em três categorias: competência técnica, competência comportamental e competência contextual.

A competência técnica refere-se ao conhecimento especializado e às habilidades práticas necessárias para realizar tarefas específicas relacionadas ao saneamento básico. Isso inclui conhecimentos sobre processos de tratamento de água, normas de qualidade, monitoramento e avaliações, geralmente com atuação de engenheiros, técnicos laboratoriais e demais profissionais devidamente capacitados e licenciados para atender a demanda do projeto.

A competência comportamental está relacionada ao comportamento, atitudes e habilidades sociais dos profissionais e responsáveis envolvidos no projeto. Engloba a diplomacia, comunicação, trabalho em equipe, liderança, empatia, resiliência e capacidade de adaptação, essencial principalmente para os representantes eleitos pelos habitantes para representa-los.

A competência contextual refere-se ao conhecimento e à compreensão do contexto no qual o projeto será inserido. Inclui a compreensão de todos os envolvidos sobre os desafios locais, as políticas públicas, as características socioeconômicas e culturais da comunidade. Além disso, envolvem a capacidade de se adaptar às especificidades da região de estudo, considerando aspectos como a disponibilidade de recursos, infraestrutura existente, condições ambientais e as peculiaridades da área rural.

2.3 MAPEAMENTO DE COMPETÊNCIAS

O mapeamento de competências é uma ferramenta importante para identificar, analisar e gerenciar as competências necessárias para o projeto de dimensionamento da ETA. Esse processo consiste em identificar as competências existentes na equipe, identificar as falhas e desenvolver estratégias para supri-las.

Para realizar o mapeamento, é necessário o levantamento das competências necessárias para cada função ou atividade dentro do projeto. Pode ser feito por meio de entrevistas, questionários, observações diretas e análises de documentações. É importante envolver os profissionais e as partes interessadas relevantes para todo o processo, a fim de obter uma visão abrangente das necessidades.

Ao definir as competências, é possível fazer uma análise comparativa para com a equipe, permitindo identificar possíveis problemas e definir estratégias para solucioná-los, como treinamentos, capacitação ou parcerias com instituições financeiras e de pesquisa.

É importante ressaltar que o mapeamento de competências deve ser um processo contínuo, pois as demandas do projeto podem mudar ao longo do tempo. Portanto, é indispensável revisar e atualizar regularmente o mapeamento, garantindo que a equipe esteja sempre preparada para enfrentar os desafios e alcançar os objetivos do projeto.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Para realizar o estudo de dimensionamento da estação de tratamento de água simplificada na comunidade rural Mundo Novo do Saquarema, Morretes-PR, adotou-se um enfoque de pesquisa de campo e de laboratório. Essa metodologia permitiu uma compreensão sobre os aspectos técnicos, sociodemográficos, ambientais e comportamentais relacionados à demanda e ao abastecimento de água potável na região.

A pesquisa de campo foi realizada para coletar dados e informações diretamente na comunidade. A associação de moradores (APRUMUS), durante a gestão do Presidente Sr. Aurélio Alves, forneceu informações adquiridas a partir de reuniões, percepções individuais sobre o sistema de canalização existente e pela ficha

de cadastro preenchida pelos moradores (APÊNDICE I), as quais foram de suma importância para a obtenção de resultados qualitativos sobre a população, além de demandas, problemas e expectativas em relação ao acesso à água potável e às condições sanitárias.

O cadastro feito pela associação também foi essencial para a coleta de dados quantitativos sobre o consumo de água, unificado com coletas de amostras de água, análises laboratoriais e atividades de campo na área de estudo, que resultaram na compreensão sobre a disponibilidade do recurso hídrico e definição de características ambientais e parâmetros físico-químicos e biológicos.

A pesquisa laboratorial foi conduzida para a realização de análises mais detalhadas das amostras de água coletadas durante a pesquisa de campo. Foram realizados testes para determinar os parâmetros naturais da água e se havia presença de microrganismos patogênicos, permitindo assim, classificar o recurso hídrico e definir a maneira mais eficiente e acessível para dimensionar a ETA com qualidade e segurança de potabilidade da água fornecida aos moradores.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

A caracterização da organização é uma etapa importante no processo de dimensionamento, onde foram realizadas análises detalhadas da estrutura organizacional responsável pelo abastecimento de água na região, buscando compreender sua composição, competências, recursos disponíveis e capacidade operacional.

Inicialmente, foram realizadas coletas de informações sobre a estrutura existente na comunidade, incluindo o sistema de captação, tanque de cloração e rede de distribuição. As principais características técnicas do sistema, como vazões, pressões, capacidade de tratamento e disponibilidade de uma área para a instalação de filtros e reservatórios também foram analisados para definir os pontos a serem otimizados durante o dimensionamento proposto neste projeto.

Além disso, durante a avaliação da capacidade operacional do sistema, foi levado em consideração aspectos como a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos, a disponibilidade de recursos humanos qualificados e treinados, a gestão dos estoques de produtos químicos e a infraestrutura para monitoramento e controle da qualidade da água.

Outro fator relevante é importância de realizar reuniões com os responsáveis da APRUMUS pela gestão e operação do sistema de abastecimento de água, que está relacionada com a obtenção de informações sobre os desafios enfrentados, as limitações existentes e as expectativas em relação ao projeto, com a finalidade de viabilizar todos os procedimentos de acordo com a disponibilidade da associação.

Com as informações adquiridas, é possível compreender o contexto operacional e trabalhar com as decisões relacionadas ao dimensionamento da ETA, considerando a necessidade de investimentos em infraestruturas e capacitação, além da possibilidade de integração com as estruturas já existentes.

Ao final da caracterização da organização, é possível observar um panorama completo do sistema proposto, identificando os pontos fortes, as fragilidades e as oportunidades de melhoria. Essas informações são fundamentais para justificar ações definidas neste projeto, visando o fortalecimento e aprimoramento para garantir o acesso sustentável à água potável pela população rural.

3.3 UNIVERSO DA PESQUISA

O universo da pesquisa abrange o município de Morretes, localizado na porção litorânea do estado do Paraná, que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2021), possui a estimativa de 16.485 habitantes em uma área territorial de 684.580m², onde 50,28% residem em área urbana e 49,72% em área rural.

Com uma ampla hidrografia observada na figura 1, o município atende 100% da população urbana e 95,98% da população rural com água tratada, segundo dados do Instituto Água e Saneamento (IAS). Essa informação é importante para compreender a demanda por água potável na área rural e dimensionar adequadamente a estação de tratamento de água.

A porcentagem de habitantes em determinadas áreas pode variar ao longo do tempo e é relevante para garantir um fornecimento adequado de água às comunidades rurais. Outro fator considerável é a quantidade de pessoas que recebem



Figura 1 - Hidrografia de Morretes - PR.
Fonte: Júnior, L.F.C, et al.

água tratada em suas residências, o que permite avaliar a cobertura atual de abastecimento e identificar as necessidades de melhorias e expansão do sistema.

A captação da água bruta superficial, classificada como Classe 1 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 por se tratar de água destinada ao consumo humano após tratamento simplificado, é feita por gravidade por ser uma região com altitude e relevo consideráveis, que facilitam o escoamento da água em uma estação de tratamento, bem como seu destino final.

A comunidade rural Mundo Novo do Saquarema, área de estudo deste projeto, está localizada em uma região envolta de pequenos morros, visto na figura 2, onde a direção de escoamento dos recursos hídricos ocorre de Sul à Norte.

Há algumas nascentes que alimentam o leito do Rio Mundo Novo, onde em um determinado ponto acima das residências da comunidade, é captada a água por uma pequena barragem existente, que a transporta para um tanque de cloração e em seguida é distribuída para os moradores, mesmo sem os devidos cuidados exigidos pelos órgãos ambientais e de saúde pública.

A análise do universo da pesquisa é fundamental para compreender o contexto específico da área de estudo, bem como suas características sociais, econômicas, ambientais e geográficas.

As informações são utilizadas para sustentar decisões relacionadas ao dimensionamento do projeto proposto, garantindo que ele atenda às necessidades dos moradores da comunidade rural, além de ser ambientalmente sustentável e contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos usuários.

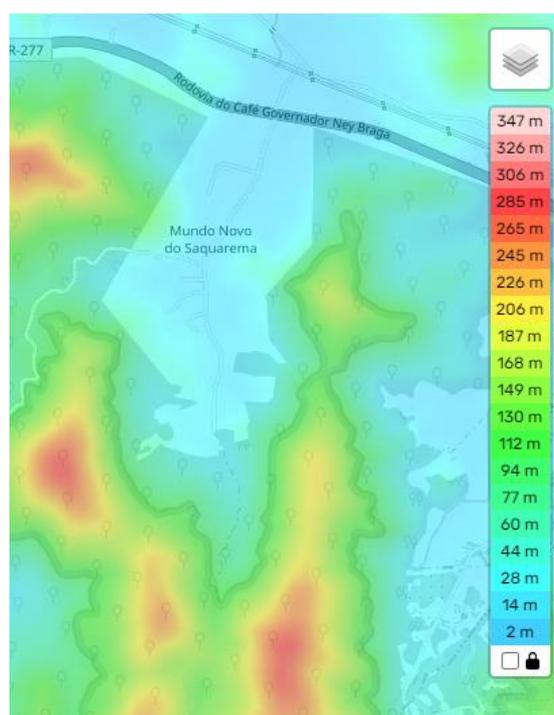


Figura 2 - Relevo da área de estudo.

Fonte: Topographic-Map.

3.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3.4.1 Características Sociodemográficas

A comunidade rural designada para este trabalho é organizada pela Associação do Produtores Rurais e Moradores do Mundo Novo do Saquarema (APRUMUS), criada no ano de 2006 com a finalidade de promover manutenção no sistema de canalização de água e sua distribuição para os moradores.

Com o intuito de definir as características sociodemográficas e sua demanda hídrica, a associação disponibilizou os dados coletados após preenchimento junto a cada morador de uma ficha cadastral, que ocorreu entre os meses de março e abril do ano de 2022, onde continham perguntas relevantes para o desenvolvimento do projeto e para poder identificar a real necessidade desse grupo, como quantidade de habitantes nas residências, faixa etária, grau de escolaridade, utilização da água e período de consumo.

As informações são essenciais para dimensionar um projeto de estação de tratamento de água, considerando um horizonte de projeto entre 25 e 35 anos após sua execução, além de demanda de acordo com o crescimento populacional da região de estudo e seus interesses, como comércios, pousadas, centros esportivos e templos religiosos.

3.4.2 Projeção de Crescimento e Demanda Hídrica

A projeção de crescimento populacional, bem como sua demanda hídrica, deve considerar o horizonte de projeto, que foi definido neste trabalho para 30 anos, quando se trata de uma infraestrutura a longo prazo, como neste caso que visa o abastecimento de água para moradores de uma comunidade rural.

Considerando as características da Comunidade do Mundo Novo do Saquarema, é possível utilizar curva linear ou logarítmica para projetar a quantidade de moradores e usuários da rede de distribuição dentro do horizonte estabelecido, bem como a equação em função da taxa de crescimento, que deve conter no mínimo três valores da quantidade de pontos de distribuição instalados.

Os pontos são contabilizados pela APRUMUS ao longo da sua existência, a partir da instalação de cavaletes mediante solicitação de novos usuários que ingressam nessa região. A associação é responsável pelo fornecimento de água

encanada e de sua devida cobrança, por isso, constam em seus registros a quantidade e o período, que podem ser relacionados com o crescimento.

Com a projeção de crescimento definida, a demanda hídrica pode ser calculada a partir do consumo médio por habitante ao dia, que no município de Morretes-PR é de 107 L/hab.dia, de acordo com o Marco Legal do Saneamento do Instituto Água e Saneamento (IAS) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), aplicado na equação (1).

$$Q_D = Q_{Hab.dia} \cdot n_{Hab} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1)$$

Onde:

Q_D – Vazão de demanda hídrica;

$Q_{Hab.dia}$ – Vazão por habitante ao dia;

n_{Hab} – Número total de habitantes;

K_1 – Coeficiente de máxima vazão diária;

K_2 – Coeficiente de máxima vazão horária.

É importante ressaltar a necessidade de considerar os coeficientes máximos diário e horário para cada habitante, garantindo que os momentos críticos de demanda sejam atendidos (GUIDI, 2017). Os valores de referência para K_1 e K_2 são definidos pela NBR 9.649/1986, sendo 1,2 e 1,5, respectivamente.

3.4.3 Perfil Topográfico

Para dimensionar e definir a viabilidade da implantação de um sistema de tratamento utilizando a gravidade, bem como sua rede de distribuição, é necessário calcular o perfil topográfico da área onde a ETA será disposta, bem como a extensão da estrada principal e suas vias de acesso.

Os equipamentos utilizados são nível ótico, tripé e régua com código de barras para leitura digital de marca e modelo Leica Sprinter 150M, conforme figura 3. O método utilizado foi de nivelamento geométrico por visadas iguais, que consiste em posicionar a régua a uma distância equivalente do nível em todos os pontos que se deseja determinar o desnível e utilizar a equação (1) para definição das cotas.

$$C_B = C_A + L_R - L_V \quad (2)$$

Onde:

C_B – Cota no ponto B (m);

C_A – Cota no ponto A (m);

L_R – Leitura da Ré (m);

L_V – Leitura da Vante (m);

Figura 3 – Instrumentos para nivelamento geométrico. A) Nível ótico. B) Tripé. C) Régua.



3.4.4 Características e Qualidade da Água

Considerando que o objeto de estudo deste trabalho consiste em dimensionar uma estação de tratamento de água para abastecimento público, é necessário avaliar as condições de um determinado recurso hídrico por meio de características físico-químicas, biológicas e fatores climáticos, como temperatura e precipitação.

As análises ocorreram durante diferentes estações do ano, com seis coletas de amostras em período quinzenal, sendo período do inverno nos dias 21 de junho e 05 e 19 de julho de 2022 e no período do verão nos dias 17 e 31 de janeiro e 23 de fevereiro de 2023.

Os dados obtidos foram relacionados com as viações de cada período e, a partir disso, foram definidos valores máximos e mínimos para cada condição exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua Norma Técnica (NBR) 12.216 de abril de 1992, que dispõe sobre a elaboração de projetos de estação de

tratamento de água potável para abastecimento público, de acordo com o quadro 1, e pela Resolução de Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017, que dispõe sobre ações e serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS), garantindo padrões de potabilidade da água conforme Capítulo V, visto no quadro 2.

Quadro 1 – Parâmetros de classificação de águas naturais.

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias (mg/L):				
- média	até 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
- máxima, em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4 - 6	> 6
Coliformes (NMP/100 mL)				
- média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 - 5000	5000 - 20000	> 20000
- máximo	> 100 cm menos de 5% das amostras	> 5000 cm menos de 20% das amostras	> 20000 cm menos de 5% das amostras	-
pH	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 12.216/1992.

Quadro 2 – Parâmetros de potabilidade da água após tratamento. A) Padrão microbiológico da água para consumo humano. B) Valores máximos para turbidez após filtração.

A)

Tipo de água		Parâmetro	VMP(1)	
Água para consumo humano		Escherichia coli(2)	Ausência em 100 mL	
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)	Ausência em 100 mL	
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli	Ausência em 100 mL	
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

B)

Tratamento da água	VMP(1)
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT(2) em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5(3)uT(2) em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0(3)uT(2) em 95% das amostras

Fonte: Adaptado da Resolução de Consolidação nº 05/2017

3.4.4.1 Físico-Químico

As análises físico-químicas são fundamentais para definir a classificação da água e o sistema mais eficiente a partir de amostras, essas que foram coletadas em recipientes descartáveis de 1,5 L, devidamente higienizados e ambientados, e em Boecos autoclavados especificamente para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Os materiais com as amostras foram armazenados em uma temperatura de 4°C até a chegada nos laboratórios, garantindo os parâmetros de:

- (a) pH, que define a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa com base na diferença de potencial entre dois eletrodos, em que 0,0 é o valor de maior acidez, 14,0 de maior alcalinidade e 7,0 o valor neutro;
- (b) dos Cloretos, onde as concentrações de sais podem variar de acordo com a geologia da região de estudo e, para este trabalho, estão relacionadas com a classificação de água doce (valor máximo de 250 mg/L), salobra (entre 250 e 10.000 mg/L) e salina (acima de 10.000 mg/L), sendo determinado pelo método de teor de sólidos totais obtidos;
- (c) Turbidez, em que partículas sólidas em suspensão alteram a transparência da água, podendo ser compostos de argilas, sedimentos e/ou matéria orgânica;
- (d) DBO, utilizado para avaliar a quantidade de oxigênio consumido por microrganismos para degradar a matéria orgânica presente nas amostras, assim, determinando a carga orgânica e o comprometimento na qualidade da água.

Os métodos utilizados para cada parâmetro exigidos em normas de classificação variam entre equipamentos eletrônicos de medição e técnicas de mistura de compostos (GARCEZ, 2004). Para o pH, utilizou-se o pHmetro, onde é feita a calibração com soluções conhecidas de pH 4,0 e 7,0, em que se deve ligar o aparelho, aguardar sua estabilização por alguns minutos, em seguida inserir o eletrodo de vidro devidamente higienizado com água destilada dentro das respectivas soluções indicadas na tela e utilizar o botão de calibração até completar o ajuste, reconhecido por um sinal de igual, visto na figura 4.A.

Para a determinação dos cloretos, foi utilizado o método de titulação de Nitrato de Prata (AgNO_3) 0,0141N com uma bureta de 50 mL em uma solução com 100 mL de amostra e 1 mL de indicador de Cromato de Potássio (K_2CrO_4) disposta em um Erlenmeyer de 250 mL, essa mistura apresentou uma coloração inicial de amarelo-palha até o ponto final, onde há mudança da coloração para vermelho-tijolo, conforme figura 4.B. A concentração de sais foi obtida a partir da equação (2), que relaciona o volume e concentração de AgNO_3 pelo volume da amostra.

$$mg \text{Cl}^- / L = \frac{N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3} \cdot 35450}{V_{\text{Amostra}}} \quad (3)$$

Onde:

N – Normal da solução (N);

V – Volume (mL).

A turbidez é determinada utilizando o turbidímetro, um aparelho que emite um feixe de luz na amostra de água e mede a dispersão causada pelas partículas presentes em unidades nefelométricas de turbidez (NTU) em relação à calibração feita com soluções conhecidas, sendo elas de 0,10 NTU, 10,0 NTU, 100,0 NTU e 800,0 NTU, conforme figura 4.C.D, ressaltando que as vidrarias devem sempre ser limpas com papel macio para evitar riscos e marcas que podem influenciar nas medições.

Por fim, a DBO envolve a incubação controlada das amostras de água em frascos projetados exclusivamente para essas análises, autoclavados, sem exposição à claridade, durante 5 dias e em uma temperatura constante de 20°C, para que a atividade microbiana ocorra sem interferências. A quantidade de oxigênio dissolvido é medida com o oxímetro antes do armazenamento (OD_{inicial}) e após completar o período de incubação (OD_{final}), inserindo o sensor na amostra durante 90 segundos, observado na figura 4.E. A diferença das concentrações inicial e final determina a demanda de O_2 dissolvido, conforme equação (3). É importante se atentar ao fechar os frascos sem que contenham gases atmosféricos que podem alterar os resultados desejados.

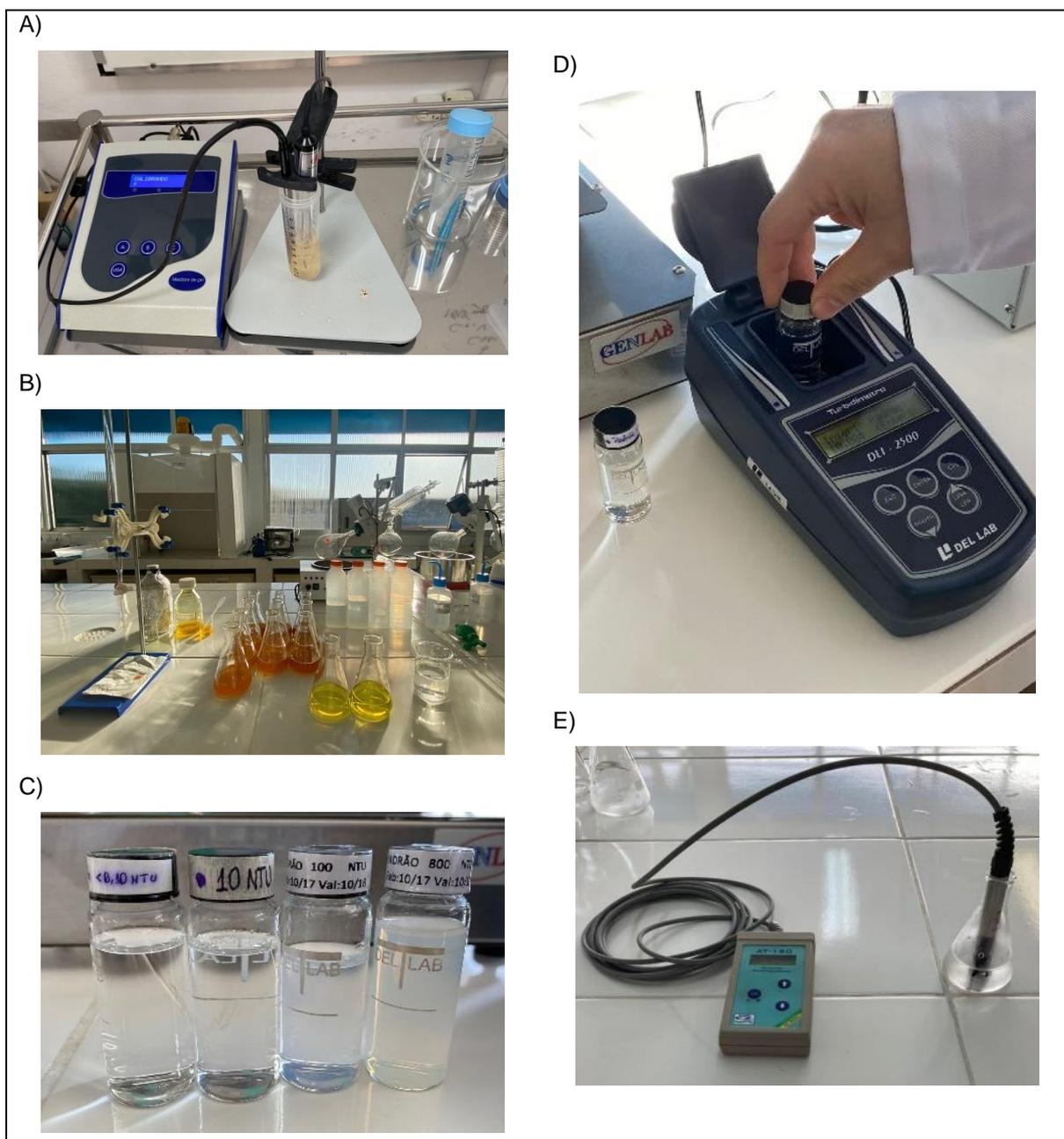
$$DBO = OD_{\text{inicial}} - OD_{\text{final}} \quad (4)$$

Onde:

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L);

OD – Oxigênio Dissolvido (mg/L).

Figura 4 – Materiais para determinação de parâmetros físico-químicos. A) pHmetro. B) Titulação. C) Soluções de calibração. D) Turbidímetro. E) Oxímetro.



3.4.4.2 Biológica

Nos ecossistemas aquáticos são naturalmente encontradas bactérias indicadoras de contaminação, em que suas concentrações são definidas por técnicas

de cultivo. Para esta pesquisa foram coletadas três amostras em cada um dos quatro pontos com o intuito de definir uma média e minimizar erros de amostragem, utilizando Boecos (recipiente de vidro específico para coleta, dotado de tampa de rosquear) autoclavados.

A autoclavagem é essencial para a esterilização, passando por uma temperatura de aproximadamente 120°C e pressão de 1 atm acima da pressão atmosférica normal por cerca de 20 minutos (onde a norma especifica que o intervalo ideal deve estar entre 15 e 30 minutos), garantindo a inativação de vírus e bactérias que podem estar contidos nos materiais e interferirem nos resultados das amostras. O equipamento utilizado pode ser observado na figura 5.A.

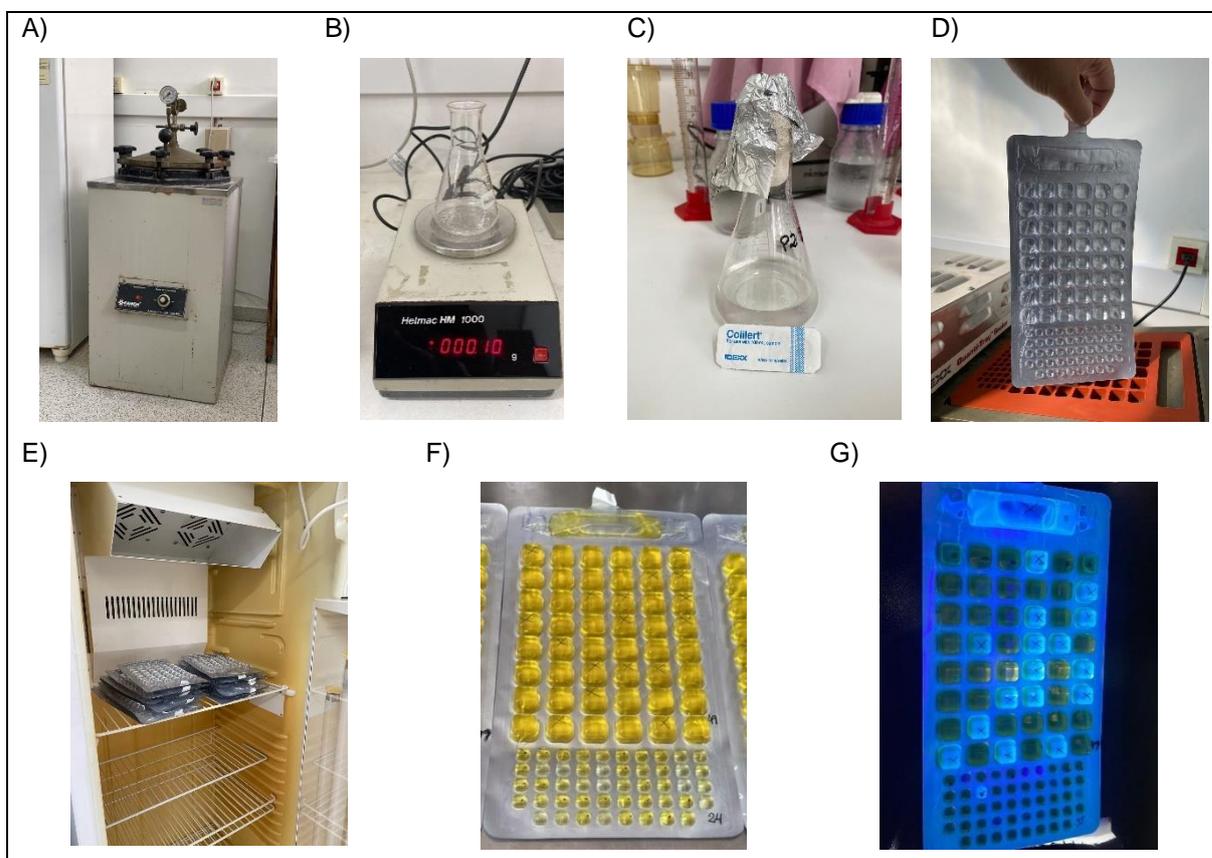
Por conta de três pontos de coleta estarem localizados posteriormente ao tanque de cloração existente na comunidade, a presença de Cloro nas amostras é duvidosa e para garantir que esta substância não interfira nos resultados, foram pesados e inseridos nos recipientes 0,10 g de Tiosulfato de Sódio antes da esterilização, conforme imagem 5.B.

O processo consiste em medir 100 mL de amostra em uma proveta graduada, transferir o líquido para um Erlenmeyer de 250 mL e adicionar o meio de cultura *Colilert*®, da empresa Idexx Laboratories, INC., que em seguida são dispostos em cartelas, as quais foram seladas e armazenadas em estufa à uma temperatura de 36°C por um período de 24 horas, conforme figura 5.C.D.E.

As cartelas possuem campos maiores, que variam de 0,0 a 49,0 unidades, e menores, que variam de 0,0 a 48,0 unidades. Após o período de armazenamento na estufa, elas devem ser retiradas e contabilizados os campos que contenham coloração amarela sob luz natural e coloração azulada quando submetidos a uma luz ultravioleta a 365 nm, sendo os indicativos da presença de Coliformes Totais e *Escherichia Coli*, respectivamente, vistos na imagem 5.F.G.

O fabricante dos meios de cultura disponibiliza uma tabela relacionando os campos maiores e menores para ambas as bactérias a serem analisadas, resultando no Número Mais Provável (NMP) da quantidade de microrganismos presentes em cada amostra de 100 mL, podendo assim comparar com os valores estabelecidos pela NBR 12.216/92 que classifica o recurso natural, bem como a potabilidade da água após tratamento pela Resolução nº 05/2017.

Figura 5 – Materiais para determinação de parâmetros biológicos. A) Autoclave. B) Pesagem de Tiosulfato de Sódio. C) Amostra com meio de cultura. D) Cartela selada. E) Estufa. F) Indicador de Coliformes Totais. G) Indicador de *Escherichia Coli*.



3.4.4.3 Vazão

Para dimensionar uma estação de tratamento de água, a vazão é um parâmetro indispensável e precisa ser adequadamente calculada. Neste trabalho, para determinar a vazão de entrada (Q_1) na captação existente na região o método utilizado foi o de flutuadores, onde bóias foram lançadas por 10 vezes na superfície da água e cronometrada a duração do trajeto feito em uma distância conhecida entre a sessão à montante e jusante, estas que foram definidas com estacas e um filamento de poliamida de 0,60 mm entre as margens, conforme figura 6.A.B.

As áreas das sessões foram calculadas a partir da medição da profundidade com uma barra de ferro, pois este material não sofre deformação com a velocidade da água, sendo medida na sequência com uma trena em cada um dos pontos, estes que foram dispostos a cada 0,50 m ao longo da extensão do filamento com limite entre as margens, vistos na figura 6.C.

Este método é simples e de baixo custo, sendo eficiente neste caso por não haver obstáculos durante o curso d'água e a vazão ser baixa o suficiente para definir com precisão o tempo em relação à distância. Com os dados coletados, foram calculadas a velocidade média, as vazões das sessões e vazão de entrada, oriunda das nascentes que alimentam o sistema de captação, conforme as equações (5), (6), (7) e (8), respectivamente.

$$v_{méd} = \frac{\Delta S}{T_{méd}} \quad (5)$$

Onde:

$v_{méd}$ – Velocidade média (m/s);

ΔS – Distância entre as sessões (m);

$T_{méd}$ – Tempo médio (s).

$$Q_{S1} = A_1 \cdot v_{méd} \quad (6)$$

Onde:

Q_{S1} – Vazão na sessão à montante (m³/s);

A_1 – Área da sessão à montante (m²).

$$Q_{S2} = A_2 \cdot v_{méd} \quad (7)$$

Onde:

Q_{S2} – Vazão na sessão à jusante (m³/s);

A_2 – Área da sessão à jusante (m²);

$$Q_1 = \frac{Q_{S1} + Q_{S2}}{2} \quad (8)$$

Onde:

Q_1 – Vazão de entrada oriunda das nascentes (m³/s).

Atualmente o sistema de canalização conta com uma caixa de concreto, onde a água da captação adentra por um orifício de 50 cm² e segue por uma tubulação de

6,5 cm de diâmetro até um tanque com volume de aproximadamente 26.000 L, onde ocorre uma cloração precária antes de ser distribuída para a população.

Em ambas as edificações foram medidos os volumes de água, dados pelos comprimentos, larguras e alturas das colunas d'água, estas que se sucederam por marcações dos níveis mínimos (até a metade do diâmetro da tubulação de saída) e máximos (até a lâmina d'água). Em seguida, foram fechadas as entradas de água da caixa e do tanque, permanecendo as tubulações de saída abertas para que esvaziassem até o nível mínimo.

Ao atingir o nível desejado, os registros de saída foram fechados e as entradas foram abertas, iniciando a cronometragem do tempo para enchê-las novamente até o nível máximo, resultando na vazão a partir da razão entre o volume pelo tempo, utilizando as equações (9) e (10) e visto na figura 6.D.

É importante ressaltar que cada processo ocorreu de forma individual e em horários distintos, mesmo que feitos no mesmo dia, garantindo a boa funcionalidade do método pelo fato de uma edificação depender da outra para esvaziar e encher. Além disso, foram feitos o total de 3 medições nos dias 22 de fevereiro e 12 e 26 de março de 2023, necessários para calcular valores médios para o projeto.

Com o valor obtido da vazão de entrada na captação (Q_1) e a vazão destinada para o abastecimento dos moradores da comunidade (Q_2), a vazão que segue o leito do rio (Q_3) pôde ser calculada a partir da equação (11).

$$V = Ci \cdot Li \cdot H_{Coluna\ H_2O} \quad (9)$$

Onde:

V – Volume (m^3);

Ci – Comprimento Interno (m);

Li – Largura interna (m);

$H_{Coluna\ H_2O}$ – Altura da coluna d'água (m).

$$Q_2 = \frac{V}{T_{enchimento}} \quad (10)$$

Onde:

Q_2 – Vazão disponível para abastecimento público (m^3/s);

$T_{enchimento}$ – Tempo necessário para encher os compartimentos (s).

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \quad (11)$$

Onde:

Q_3 – Vazão que segue o leito do rio (m^3/s).

Figura 6 – Procedimentos de campo para determinação da vazão. A) Instalação de filamento de poliamida. B) Medição da distância entre os pontos. C) Divisão das sessões. D) Medição da caixa de captação.



3.4.5 Captação da Água

A captação de água superficial para uma estação de tratamento de água simplificada pode ser realizada por meio de uma metodologia que envolver várias etapas. Abaixo estão dispostas as propostas utilizadas neste trabalho e suas respectivas funcionalidades.

1. Avaliação do local de instalação: a área deve ser definida a partir de corpos d'água disponíveis para a captação que atenda a demanda da população, para este trabalho, são cursos de água oriundos de nascentes próximas onde as águas percorrem superficialmente e se unem em um determinado local, este com uma pequena barragem já existente, instalada no ano de 2007 e que deve ser renovada;
2. Estudo da bacia hidrográfica: devem ser definidas as características do corpo d'água que será utilizado como fonte, analisando fluxo da água, vazão média, sazonalidade e considerando variações climáticas ao longo do ano;
3. Ponto de captação: deve ser de fácil acesso e com distância adequada para a água a ser tratada percorrer todo o sistema de tratamento, sendo representativa sobre todas as coletas de amostras analisadas;
4. Dimensionamento: considerando todas as exigências da NBR 12.213/1992, a captação deve ser dimensionada de acordo com a demanda da população, definindo área, volume, tubulações, comportas, registros, grades e telas para a retenção de materiais sólidos grosseiros e controle da vazão;
5. Monitoramento e controle: é necessário a capacitação de funcionários para realizar o monitoramento e controle de alguma anomalia que possa ocorrer no sistema de captação ou até mesmo na qualidade e quantidade do recurso hídrico, podendo assim acionar os responsáveis técnicos para averiguar e coletar amostras para análises se necessário;
6. Manutenção e conservação: a capacitação de funcionários também é importante para garantir a eficiência de um plano de manutenção regular. Por meio de inspeções periódicas, é indispensável a retirada dos materiais retidos, verificação de vazamentos ou desgastes e substituição e reparos em componentes danificados. Além disso, promover a preservação ambiental da área por impedir atividades que possam contaminar ou comprometer a

qualidade da água, como despejo de resíduos ou uso inadequado de resíduos químicos que comprometam a qualidade da água para consumo humano.

O Instituto Água e Terra (IAT) orienta a necessidade de calcular a vazão para diversas destinações, com o intuito de garantir que o uso desse dos recursos hídricos não afetem o curso do rio para a preservação ambiental. Para isso, foi utilizada a equação (12) adaptada para este projeto, pois no Manual Técnico de Outorgas, da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) dispõe a equação com cálculos de vazões à montante e à jusante outorgadas.

Como a região de estudo não possui vazões outorgadas em estudo ou aprovação, deve ser estimado uma porcentagem de vazão que atenda os critérios e busque minimizar os impactos causados pela atividade, com alto critério sustentável.

$$Q_{outorgável} = 0,5 \cdot Q_{95\%} \quad (12)$$

Onde:

$Q_{outorgável}$ – Vazão outorgável (m³/s);

$Q_{95\%}$ – 95% da vazão da represa (Q_1) (m³/s).

Considerando que o volume pode ser calculado pela área em função da distância e que a velocidade pode ser calculada pela razão entre a distância e o tempo, obtém-se as equações (13) e (14).

$$V = A \cdot s \quad (13)$$

Onde:

s – Distância (m).

$$v = \frac{T}{s} \quad (14)$$

Onde:

v – Velocidade (m/s²).

Substituindo a equação (10) pelas equações (13) e (14), obtém-se a equação (15).

$$Q_2 = A . v \quad (15)$$

Segundo a NBR 12.213/92, devem ser dispostas barras e telas para a retenção de partículas sólidas grosseiras e finas, com a escolha dos materiais que não sofram oxidação. O gradeamento grosseiro deve conter espaçamento entre as barras de 0,075 m a 0,15 m e o fino de 0,02 m a 0,04 m, já as telas devem ter de 8 a 16 fios por decímetro. Além disso, deve ser definido a espessura das barras e, por ser previsto neste projeto a limpeza manual, elas devem estar dispostas com inclinação para jusante com ângulo entre 70° e 80° em relação à horizontal, facilitando a manutenção.

Durante a passagem de água por esse sistema, ocorre perdas de carga com diferentes cálculos de acordo com o espaçamento, sendo utilizadas as equações de (16) a (21). Para determinar o coeficiente de perda de carga, o valor do coeficiente em função da forma da barra pode ser consultado na figura 7.

$$h_g = k \frac{V^2}{2g} \quad (16)$$

Onde:

h_g – Perda de carga nas grades e telas (m);

V – Velocidade média de aproximação (m/s);

g – Aceleração da gravidade (m/s²);

k – Coeficiente de perda de carga, função dos parâmetros geométricos das grades ou telas.

$$k = \beta . \left(\frac{s}{b}\right)^{1,33} . \text{sen}(\alpha) \quad (17)$$

Onde:

β – Coeficiente, função da forma da barra;

s – Espessura das barras (m);

b – Distância livre entre as barras (m);

α – Ângulo da grade em relação à horizontal (graus).

$$k = 0,55 \cdot \frac{1 - \varepsilon^2}{\varepsilon^2} \quad (18)$$

Onde:

ε – Porosidade, razão entre a área livre e a área total.

a) Para tela de malha quadrada:

$$\varepsilon = (1 - nd)^2 \quad (19)$$

b) Para tela de malha retangular:

$$\varepsilon = (1 - n_1d_1) \cdot (1 - n_2d_2) \quad (20)$$

Onde:

n, n_1, n_2 – Número de fios por unidade de comprimento;

d, d_1, d_2 – Diâmetro dos fios (m).

Equação de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta h \quad (21)$$

Onde:

$\frac{P_1}{\gamma}$ – Pressão na porção superior do filtro (kPa);

$\frac{P_2}{\gamma}$ – Pressão na porção inferior do filtro (kPa);

V_1 – Velocidade inicial do fluido (m/s);

V_2 – Velocidade final do fluido (m/s);

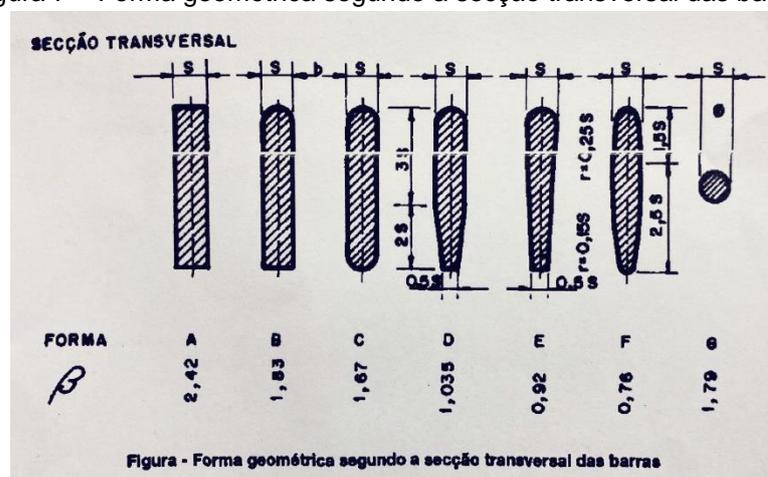
Z_1 – Altura inicial (m);

Z_2 – Altura final (m);

g – Aceleração da gravidade (m/s²);

Δh – Soma das perdas de carga (m).

Figura 7 – Forma geométrica segundo a secção transversal das barras.



Fonte: Adaptado da NBR 12.213/92.

A saída do fluido na captação deve corresponder à vazão inicial em função da área calculada pela equação (15), além disso, o transporte da água no sistema de tratamento é feito por adutoras de formato cilíndrico, assim, a equação (22) se refere ao raio da tubulação que será disposta para atender o dimensionamento.

$$A_T = \pi R^2 \quad (22)$$

Onde:

A_T – Área da tubulação (m²);

R – Raio da tubulação (m).

3.4.6 Filtros

O dimensionamento de filtros deve seguir as normas da NBR 12.216/1992, com métodos que determinam a eficiência a partir da classificação da água, bem como sua vazão, além da quantidade de filtros paralelos e taxa de filtração em relação à área e seus componentes filtrantes.

Acompanhando os valores obtidos neste trabalho, a escolha dos filtros rápidos com taxa de filtração de até 180 m³/m².dia, com camada simples e fluxo descendente, ou seja, a entrada da água acontece pela extremidade superior e o escoamento pela extremidade inferior .

Os filtros devem conter:

- (a) camada de borda livre, com altura entre 0,10 m e 0,20 m;
- (b) coluna d'água com altura entre 1,0 m e 1,20 m;
- (c) camada de areia, com espessura entre 0,45 m e 1,0 m, tamanho efetivo dos grãos de 0,40 a 0,45 mm e coeficiente de uniformidade entre 1,40 e 1,60;
- (d) camada suporte de brita ou pedregulho com espessura entre 0,40 m e 0,60 m e tamanho efetivo de 63,50 a 127,0 mm;
- (e) camada de drenagem, com altura entre 0,10 m e 0,20 m e uma base uniforme que garanta o escoamento da água filtrada por tubulações perfuradas específicas para essa finalidade, a condução do fluido para as próximas etapas do sistema.

As medidas de área dos filtros e cargas devem ser iguais em todas as unidades, para isso, são definidas a partir dos cálculos das perdas de cargas nas tubulações de entrada e saída, da passagem da água pelo leito filtrante e as pressões sofridas no sistema, utilizando as equações de (23) a (33) (NASCIMENTO, 2019).

$$\frac{L_F}{C_F} = \frac{n_F + 1}{2 \cdot n_F} \quad (23)$$

Onde:

L_F – Largura do filtro (m);

C_F – Comprimento do filtro (m);

n_F – Número de filtros.

$$V_F = A_F \cdot (H_F - B) \quad (24)$$

Onde:

V_F – Volume do filtro (m³);

A_F – Área do filtro (m²);

H_F – Altura total do filtro (m);

B – Borda livre (m).

$$n_F \cdot T_F = \frac{Q_{2(dia)}}{A_F} \quad (25)$$

Onde:

T_F – Taxa de filtração ($m^3/m^2.dia$);

$Q_{2(dia)}$ – Vazão disponível para abastecimento em um período de 24 horas (m^3/dia);

$$V_F \cdot n_F = Q_2 \cdot T_R \quad (26)$$

Onde:

T_R – Tempo de retenção do fluido (s).

$$\frac{Q_2}{n_F} = v_F \cdot A_F \quad (27)$$

Onde:

v_F – Velocidade de filtração (m/s).

$$h_{areia} = 0,005 \cdot T_F \cdot e_{areia} \quad (28)$$

Onde:

h_{areia} – Perda de carga na camada de areia (m);

e_{areia} – Espessura da camada de areia (m).

$$h_{brita} = 0,004 \cdot T_F \cdot e_{brita} \quad (29)$$

Onde:

h_{brita} – Perda de carga na camada de suporte (m);

e_{brita} – Espessura da camada de suporte (m).

$$H_{mín} = 0,15 \cdot H_N \quad (30)$$

Onde:

$H_{mín}$ – Altura mínima entre a camada de suporte e a borda do filtro (m);

H_N – Altura do nível d'água até a camada de drenagem do filtro (m).

Ao longo do tempo de operação desse sistema, ocorre o acúmulo de partículas e o aumento da resistência ao fluxo do fluido, sendo necessário o dimensionamento de tubulações onde a água é injetada no sentido oposto de filtragem, causando a expansão do leito (NASCIMENTO, 2019) que não podem ultrapassar as medidas estabelecidas pelas legislações. Portanto, todos os parâmetros descritos devem ser calculados utilizando as equações (29) e (30).

$$H_{expansão} = I_{expansão} \cdot e_{drenagem} \quad (31)$$

Onde:

$H_{expansão}$ – Altura de expansão das camadas filtrantes (m);

$I_{expansão}$ – Índice de expansão das camadas filtrantes (%);

$e_{drenagem}$ – Espessura da camada de drenagem (m).

$$h_{disponível} = H_{mín} + H_{expansão} \quad (32)$$

Onde:

$h_{disponível}$ – Carga hidráulica disponível acima da camada de drenagem (m).

Equação de Hazen-Williams:

$$Q = 0,278531 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot J^{0,54} \quad (33)$$

Onde:

Q – Vazão (m³/s);

C – Coeficiente que depende do material utilizado e das paredes internas;

D – Diâmetro da tubulação (m);

J – Perda de carga unitária (m/m).

3.4.7 Tanque de Cloração e Casa de Química

A comunidade rural Mundo Novo do Saquarema, área de estudo deste projeto, já possui duas estruturas que são utilizadas como tanque de cloração e casa de química. Ambas continuarão servindo para as mesmas finalidades, com ressalvas em algumas modificações para melhor atender o sistema que está sendo dimensionado.

Seguindo a NBR 12.216/92, a dosagem de cloro deve ser de 0,5 mg/L para a desinfecção, por isso, a equação (34) deve ser aplicada para definir a quantidade necessária da substância por um período de 24 horas. Além disso, é indispensável a inserção de novas tecnologias que atendam a demanda do sistema de tratamento de água de forma efetiva e sem depender de grandes orientações para o operador.

$$mg\ Cl = 0,5 \cdot Q_{dia} \quad (34)$$

Onde:

Cl – Concentração de cloro (mg/m³.dia).

A Portaria nº 2.914/2011 estabelece os procedimentos e os padrões de potabilidade da água para consumo humano e, de acordo com essa portaria, o tempo mínimo de contato do cloro na água para uma desinfecção eficiente varia de acordo com a concentração de cloro residual livre na água após a mistura.

A tabela presente nos anexos dessa legislação estabelece os seguintes tempos mínimos para diferentes faixas de concentração:

- Concentração de cloro residual livre de 0,2 a 1,0 mg/L: Tempo mínimo de contato de 30 minutos;
- Concentração de cloro residual livre de 1,0 a 2,0 mg/L: Tempo mínimo de contato de 20 minutos;
- Concentração de cloro residual livre acima de 2,0 mg/L: Tempo mínimo de contato de 10 minutos.

O tempo de contato pode ser calculado em função da vazão e volume, pela equação (33).

$$V_{contato} = Q_2 \cdot T_{contato} \quad (35)$$

Onde:

$V_{contato}$ – Volume de contato do tanque de cloração (m³);

$T_{contato}$ – Tempo de contato (s).

3.4.8 Reservatório

Para atender a demanda dos moradores do Mundo Novo do Saquarema, o dimensionamento do reservatório deve seguir os critérios de vazão utilizada pela pelos habitantes e o horizonte de projeto definido. Com isso, é possível determinar seu volume a partir da equação (34).

$$V_R = Q_{dia} \quad (36)$$

Onde:

V_R – Volume do reservatório (m³).

4 RESULTADOS

4.1 DIAGNÓSTICO DA ATUAL SITUAÇÃO

A comunidade do Mundo Novo do Saquarema possui uma pequena captação de água oriunda de nascentes da região, com uma canalização até um tanque com volume de aproximadamente 26.000 L, onde funcionários da associação de moradores fazem a cloração e em seguida é distribuída para as residências e outros estabelecimentos.

Diversas reclamações são feitas pelos usuários quanto à qualidade da água que é consumida e da falta de reservatórios para atender a demanda em época de estiagem, isso por conta de um sistema incompleto e ineficiente que não atende as legislações e da falta de capacitação dos responsáveis pela desinfecção que, segundo relatos, alguns períodos do dia e estações possuem uma quantidade de desinfetante acima ou abaixo dos limites, o que pode comprometer a saúde pública da região.

Quando há precipitação elevada na região, a água fica turva, com sabor e odor, isso por conta das partículas sólidas em suspensão que entram pelo sistema de captação e acabam se infiltrando no tanque por não passarem por filtros, aumentando a turbidez. Análises de água em diferentes pontos do trecho entre o sistema de canalização e rede de distribuição da comunidade ocorreram para reportar os reais problemas e posteriormente servir para a criação de soluções viáveis e eficientes.

4.2 DIMENSIONAMENTO

4.2.1 Características Sociodemográficas

As pesquisas sobre características da população são de grande importância para o dimensionamento de uma estação de tratamento de água potável, pois envolvem diretamente o consumo de água e definem a vazão necessária para atender a demanda. As principais variáveis estão relacionadas com o período diário de maior utilização do recurso, para qual finalidade, quantidade de usuários e classificação da área (residencial e/ou industrial), pois interferem nos cálculos quantitativos e qualitativos exigidos por legislações ambientais e de saúde pública.

Considerando que a comunidade do Mundo Novo do Saquarema é uma área rural com a maioria da demanda hídrica direcionada para residências familiares, a APRUMUS contribuiu para este trabalho com dados coletados por uma ficha cadastral preenchida por todos os associados, sendo as respostas limitadas apenas para o âmbito da pesquisa sob responsabilidade da referida associação, dispensando dados pessoais que pudessem identificar quaisquer participantes, bem como submetê-la ao Comitê de Ética em Pesquisa visando proteção aos mesmos, respeitando a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012.

A contabilização de usuários da água fornecida pela rede de distribuição existente no Mundo Novo do Saquarema ocorre por quantidade de cavaletes instalados pela associação de moradores, sendo a responsável pela instalação e manutenção do abastecimento público da comunidade e, conseqüentemente, pela cobrança do consumo. Por esse motivo, a associação de moradores utilizou o cadastro para organizar e atualizar todas as informações dos seus associados e ceder dados com informações relevantes para entender a dinâmica e cultura sobre o consumo de água, relacionando-os com o dimensionamento da ETA.

A ficha de cadastro de moradores contou com 117 cavaletes e 96 associados na comunidade, pois existem na região proprietários com mais de um imóvel, pousadas, templos religiosos e centros de eventos e esportes que possuem ligação de água. Os associados informaram a quantidade de pessoas que residem em cada casa, sua faixa etária, grau de escolaridade e gênero, dispostos na tabela 1. Utilizando como referência algumas pesquisas realizadas em cidades dos estados brasileiros da Bahia (CAVALCANTE, 2013) e São Paulo, do estado americano do Colorado e do estado inglês de Worcestershire (BARRETO, 2008), o consumo diário de água e seu uso final está relacionado com hábitos e perfis socioeconômicos.

Tabela 1 – Perfil Sociodemográfico. A) Grau de escolaridade. B) Faixa etária e gênero. C) Pontos de distribuição.

A)

Grau de escolaridade					
Total de Associados	Ensino Fund. I	Ensino Fund. II	Ensino Médio	Superior Incompleto	Superior Completo
96	17	25	41	08	05

B)

Faixa etária						Gênero	
Total de Habitantes	Até 02 anos	03 – 10 anos	11 – 17 anos	18 – 59 anos	A partir de 60 anos	F	M
250	02	17	27	165	39	122	128

C)

Pontos de distribuição							
Total de Cavaletes	Associado que:			Pousada	Centro de Eventos	Centro de Esportes	Templos Religiosos
	Possui 1 imóvel	Possui 2 imóveis	Possui 3 imóveis				
117	88	06	02	03	01	01	06

É possível pressupor que quanto maior a escolaridade, maiores condições financeiras que permitem a aquisição de reservatórios individuais e piscinas nas residências, assim como a faixa etária, em que após ressalvas de atividades trabalhistas para maiores de 60 anos, a permanência nas residências é maior, implicando no aumento da demanda hídrica da região.

Outros fatores determinantes para serem considerados são de que a região é rural e há diversas agriculturas familiares, além de crianças e jovens que dependem da permanência de responsáveis nas residências para atendê-los quando retornam da escola, pois a instituição municipal que atende a região não possui programas de tempo integral, portanto, o consumo de água é constante na comunidade.

Ainda segundo os dados cadastrais, os períodos de maior consumo são durante a manhã e noite, onde a utilização da água se dá por diversos motivos, mas a maior preocupação em tratá-la está no consumo humano, principalmente pela possibilidade de contaminação por ingestão *in natura* e no preparo de alimentos.

Quando a desinfecção é feita incorretamente, há risco da presença de patógenos que causam diversas doenças no organismo do ser humano quando não ocorre a reação de compostos químicos capazes de inibir as atividades de microrganismos. Também o inverso, quando o excesso de produtos à base de cloro, como o hipoclorito de sódio utilizado no atual sistema da comunidade, reage com a matéria orgânica que pode estar presente no local onde é feito o tratamento, resultando na formação de substâncias consideradas cancerígenas (MEYER, 1994), ou seja, com a falta de capacitação e informação a saúde pública está em constante risco, gerando gastos para o poder público que podem ser minimizados com projetos de saneamento básico.

A necessidade de melhoria na qualidade da água também engloba requisitos como a higiene de roupas, onde peças claras acabam manchadas pela turbidez elevada da água, e pessoal, onde o excesso de cloro pode causar irritações na pele. Essas e outras atribuições para o uso da água estão dispostas na tabela 2, onde é observado que todos os fatores citados são considerados questões a serem resolvidas pela ETA deste trabalho.

Tabela 2 – Demanda hídrica. A) Porcentagem de consumo de água em relação aos períodos do dia. B) Utilização final da água e a porcentagem em relação aos associados.

A)

Período de consumo da água		
Manhã	Tarde	Noite
45,8%	8,3%	45,8%

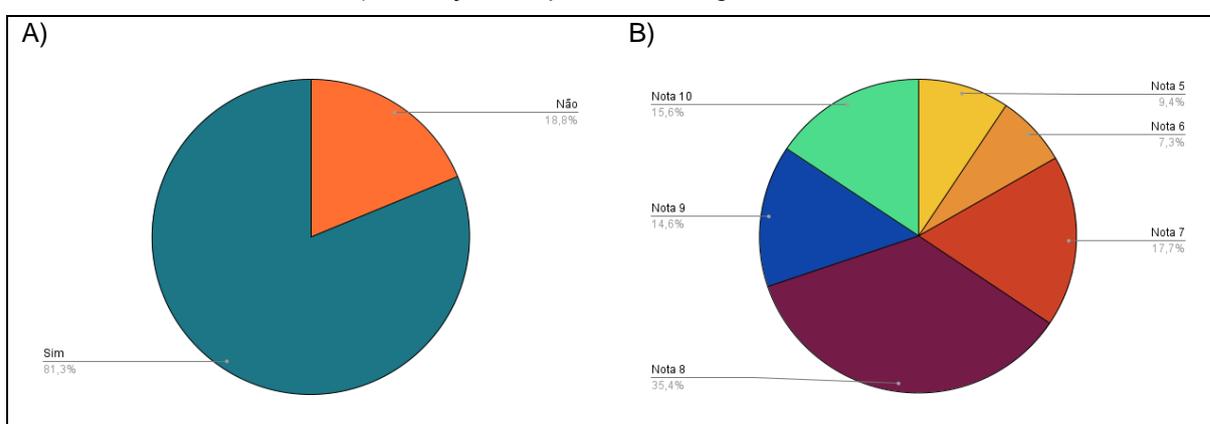
B)

Utilização da água	Associados	%
Hidratação humana	92	95,8
Preparo de alimentos	93	96,9
Chuveiro e sanitário	92	95,9
Higienização de roupas	77	80,2
Limpeza	37	38,5
Dessedentação de animais	24	25,0
Irrigação de lavoura e jardim	15	15,6

O questionário também abordou se os associados tinham o conhecimento de como é realizado o tratamento atual da água, sendo que 78 entrevistados informaram que sim e 18 que não, conforme figura 8.A. A partir de seus conhecimentos e observações sensoriais dos aspectos da qualidade da água, atribuíram notas que variavam de zero a dez, sendo que a menor nota foi 5, a maior nota foi 10 e a média ficou entre 7 e 8, dispostas na figura 8.B.

Figura 8 – Percentual de respostas dos moradores em relação ao recurso hídrico que é distribuído nas residências atualmente. A) Conhecimento sobre o sistema de tratamento.

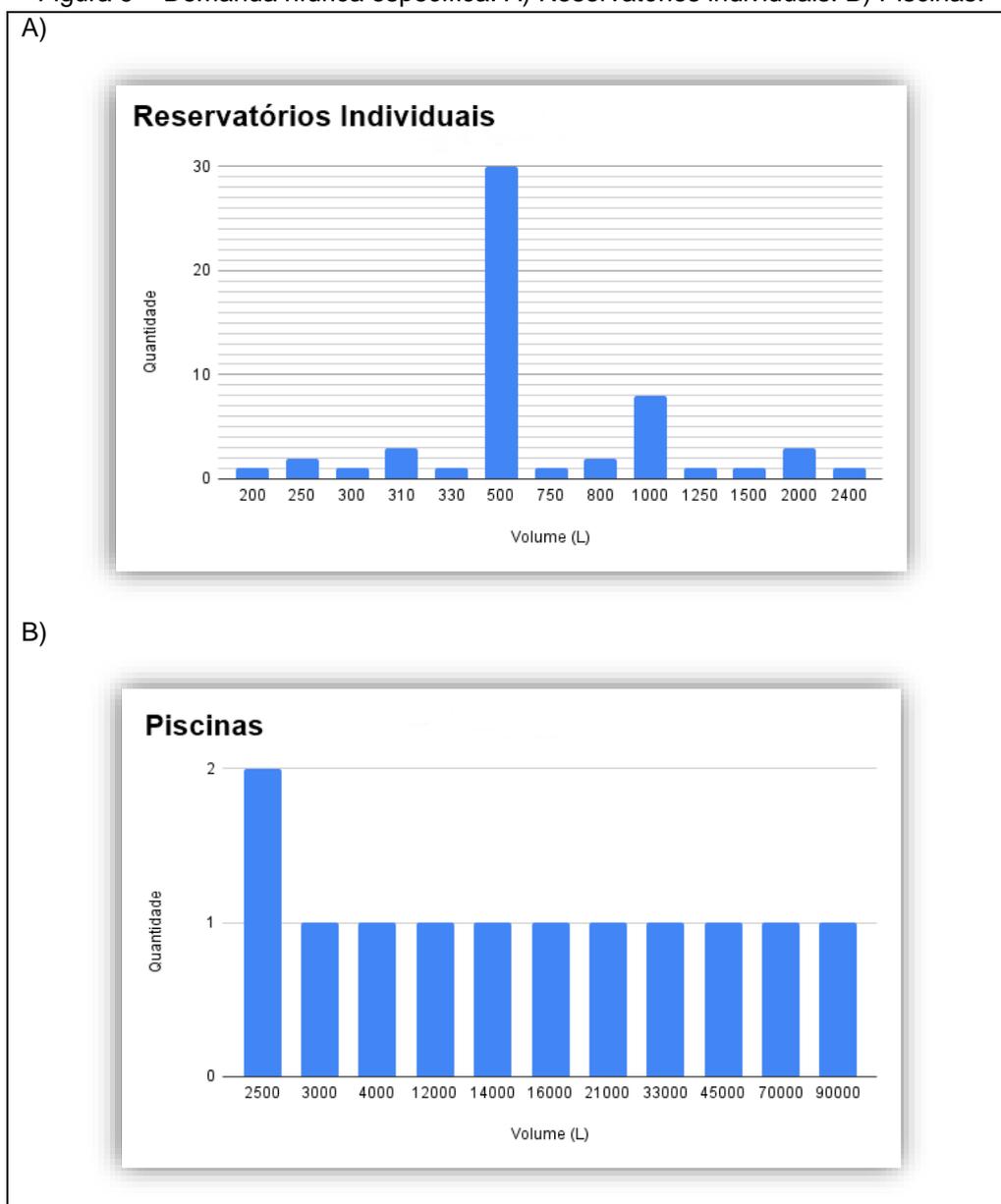
B) Avaliação da qualidade da água fornecida.



Comparando as respostas com o grau de escolaridade, onde a maioria possui apenas o ensino médio, é possível observar que mesmo conhecendo o local onde é feita a captação de água e sua cloração, não competem sobre técnicas e legislações determinadas para essa finalidade, resultando em uma avaliação com valor alto. Mesmo com essa avaliação, as reclamações dos usuários deixam nítida a necessidade de melhorias na qualidade da água, principalmente pelo sistema de tratamento, onde não há filtros e reservatórios que garantam qualidade e quantidade de água para o abastecimento dos moradores.

Com a coleta de todas as informações dos associados sobre a contabilização de usuários e o destino final do consumo de água, mais dois fatores foram de suma importância para quantificar a demanda hídrica da região. Há residências que possuem reservatórios individuais e piscinas, sendo somados os volumes totais de 38.760 L e 310.000L, respectivamente, vistos na figura 9.

Figura 9 – Demanda hídrica específica. A) Reservatórios individuais. B) Piscinas.



Visto que dos 117 pontos que recebem água encanada, 62 não possuem nenhum tipo de reservatório, provocando a interrupção temporária do fornecimento de água nessas residências quando há necessidade de limpeza do sistema de tratamento, que na teoria é feito pela associação a cada 6 meses. Além disso, pode acontecer outros problemas como interrupção para instalação de novos cavaletes, rompimento, entupimento ou retorno de água contaminada das tubulações, segundo o Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG).

Já o volume calculado para abastecer as piscinas da comunidade, resultou em um valor bem expressivo, mas o real problema são as piscinas de menor volume, geralmente com material de polímero termoplástico, onde é feita a troca de água em

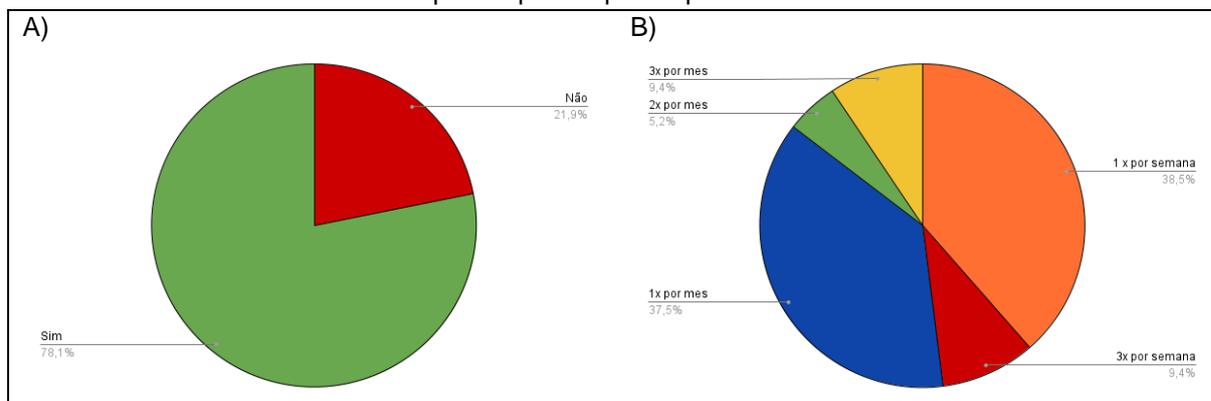
um período de tempo curto, isso por não conterem sistemas de filtragem como de piscinas de fibra ou concreto.

A instalação e uso de piscinas no município de Morretes é um hábito de muitos moradores e visitantes, pois se trata de uma cidade localizada na região litorânea do Estado do Paraná, com clima subtropical úmido e temperatura média de 25,4°C durante o período do verão, segundo informações do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná). O uso de recursos hídricos aumenta expressivamente para atender essa demanda, por isso, deve este fator ser considerado quanto ao dimensionamento da ETA, bem como a cobrança por parte da APRUMUS pela quantidade de água gasta pelos moradores, assegurando o consumo consciente.

A conscientização da população quanto a essa atividade deve ser realizada durante a execução do projeto, bem como os responsáveis pelo abastecimento desenvolverem métodos eficazes, já que não há controle com marcadores e a cobrança é feita por uma taxa mensal de igual valor para todos. A intenção é de não prejudicar a maioria dos moradores com a falta de água, que é causada pelo uso desenfreado do recurso hídrico para o bem-estar de pouco mais de 10% dos mesmos que possuem piscinas.

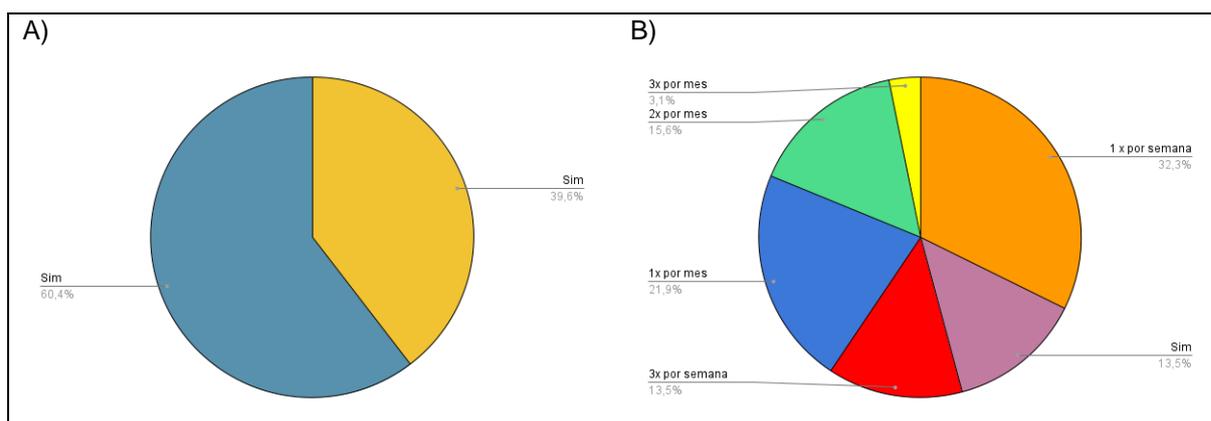
Por se tratar de uma área rural, alguns imóveis são destinados ao lazer e seus proprietários residem em outros locais, os quais não utilizam água diariamente e foram identificados como 21 associados nessas condições, visto na figura 10.A. Para calcular a demanda desses usuários, foi solicitado que informassem com qual frequência comparecem em suas residências e os dados foram dispostos na figura 10.B, onde constatou-se que a maioria comparece na comunidade 1 vez por semana, sendo necessário levar em consideração o maior consumo em finais de semana, feriados, épocas de férias e estações do ano.

Figura 10 – Principal residência dos associados. A) Porcentagem dos que residem na comunidade como “SIM” e dos que comparecem periodicamente como “NÃO”. B) Frequência de visitas nos imóveis para aqueles que responderam “NÃO”.



Considerando visitas feitas na comunidade, 38 associados dentre os que residem no local e os que comparecem periodicamente, confirmaram o recebimento de convidados e clientes em suas casas, comércios, pousadas, templos religiosos e centros de eventos e esportes. É evidente o aumento do consumo de água durante o período de permanência dos visitantes, podendo as porcentagens serem observadas na figura 11, onde a quantidade é relevante para interferir na demanda hídrica em função desses dados obtidos.

Figura 11 – Visitantes externos. A) Porcentagem dos usuários que recebem visitantes. B) Frequência de visitantes na comunidade.



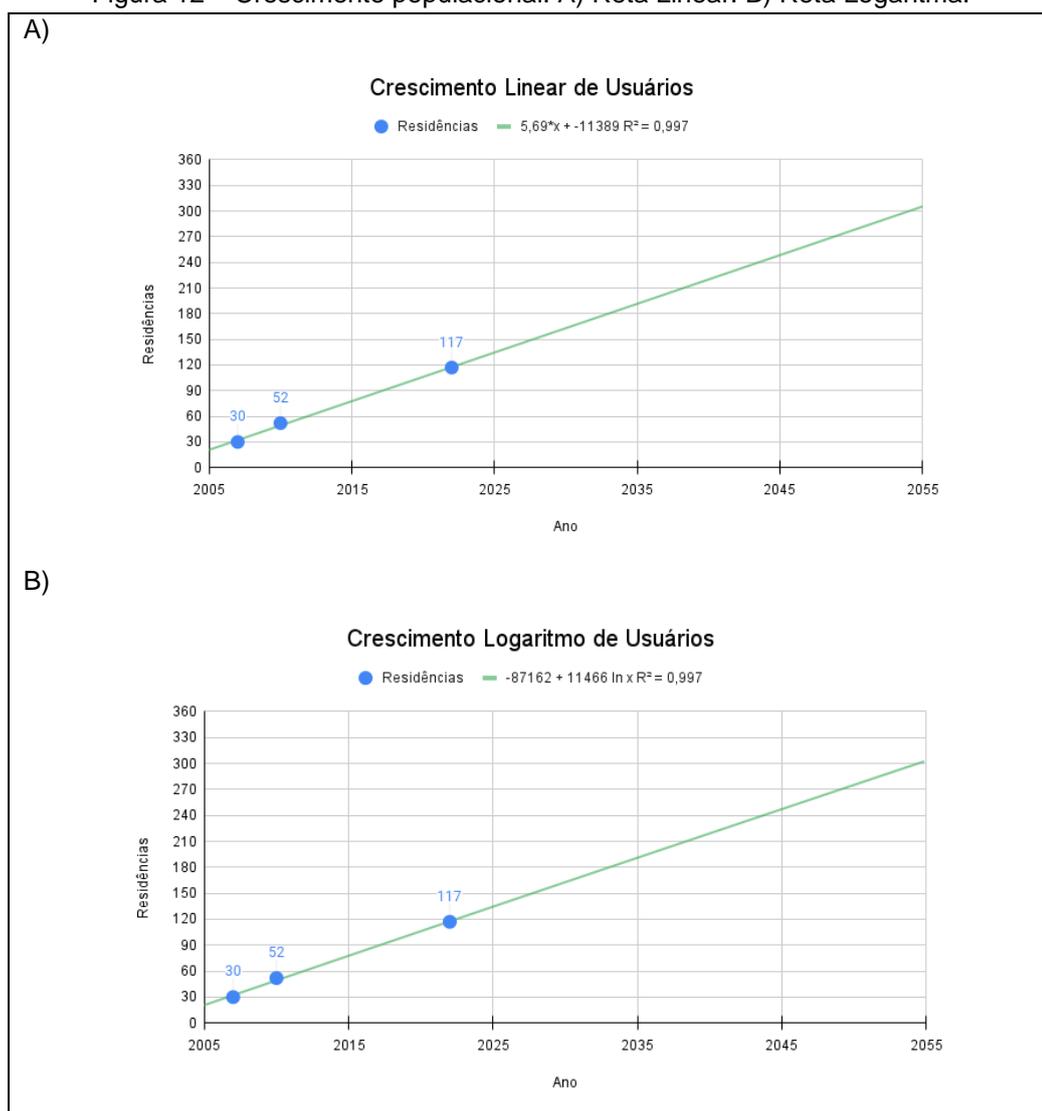
4.2.2 Projeção de Crescimento e Demanda Hídrica

Sabendo que atualmente há 250 habitantes na região distribuídos em 96 usuários, é possível estimar que há aproximadamente 3 pessoas em cada habitação,

mesmo para os que possuem o imóvel apenas para lazer e visitam periodicamente o local, a demanda hídrica deve ser considerada, principalmente por haver diversas visitas nas residências, pousadas, templos religiosos, centros de eventos e esportes durante os finais de semana e períodos do ano como verão, férias e datas comemorativas, aumentando expressivamente a utilização do recurso hídrico.

Para definir o crescimento populacional, a APRUMUS informou que consta em seus registros a quantidade de cavaletes instalados e em funcionamento nos anos de 2007, 2010 e 2022, com 30, 52 e 117, respectivamente. Como o dimensionamento da ETA está sendo calculado visando um horizonte de projeto de 30 anos, foi calculado que haverá aproximadamente 285 usuários na comunidade até o ano de 2052, adotando uma média de acordo com as equações das retas linear e logaritma em relação aos últimos 15 anos, visto na figura 12.

Figura 12 – Crescimento populacional. A) Reta Linear. B) Reta Logaritma.



Portanto, a demanda hídrica pode ser estimada para cerca de 855 habitantes, considerando o consumo diário per capita e os coeficientes máximos diário e horário a partir a equação (1), que resultou na demanda diária total de aproximadamente 165.000 L/dia.

$$Q_D = 107 \cdot 855 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cong 165.000 \text{ L/dia}$$

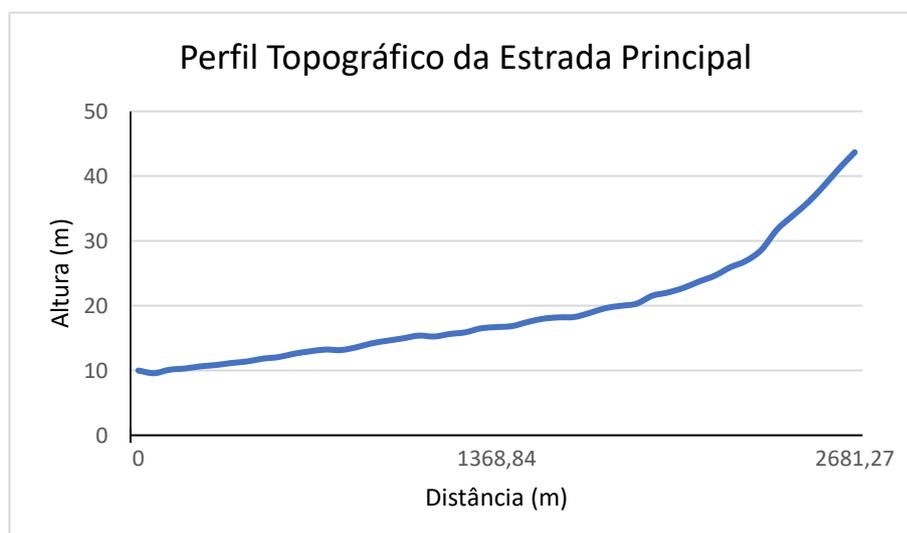
Tendo em vista que o recurso poderá ser utilizado em reservatórios unitários e/ou piscinas, além da problemática mundial sobre a escassez de água em diversas regiões do globo terrestre, é indispensável que os responsáveis pela implantação do projeto, bem como pelo monitoramento e manutenção do sistema, apresentem para a população meios de conscientização sobre o consumo, atenuando o desperdício e preservando um dos elementos essenciais para a sobrevivência humana.

4.2.3 Perfil Topográfico

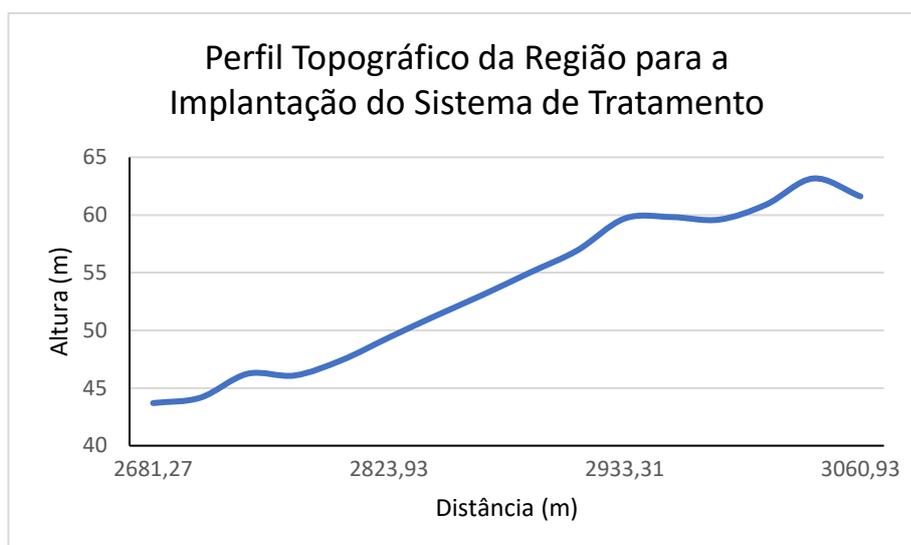
O nivelamento realizado na área de estudo com o nível ótico e o método de visadas iguais, resultou em dados para cada perfil topográfico de interesse da comunidade, dispostos nos APÊNDICES II e III, utilizando a equação (2) para determinar as cotas. A estrada principal possui uma distância de 2.681,27 m e desnível de 34,16 m, seguida da região onde será implantado o sistema de tratamento de água, que possui distância de 379,66 m e desnível de 17,45 m, vistos na figura 13.

Figura 13 – Perfil topográfico. A) Estrada principal. B) Região para implantação do sistema.

A)



B)



Com a expansão da população da região de estudo, foram criadas quatro estradas secundárias para os imóveis dispostos em áreas mais afastadas da estrada principal. Em relação à principal, nas distâncias de 346,72 m, 1.065,41 m e 1.550,80 m estão dispostos os acessos 1, 2, 3 e 4, respectivamente, observado na figura 14.

Figura 14 – Disposição da estrada principal e estradas de acesso.



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro.

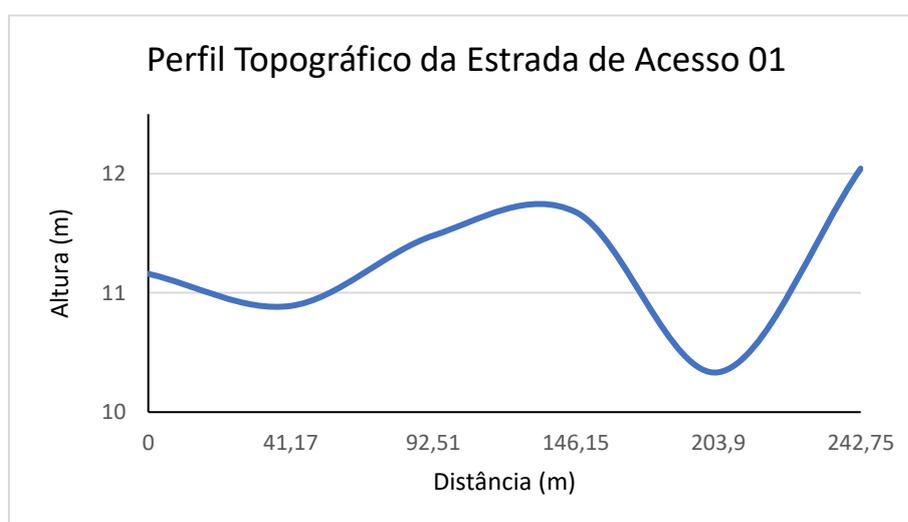
As distâncias (ΔS) e desníveis (ΔU) das estradas secundárias são de:

- a) Acesso 01: $|\Delta S| = 242,75 \text{ m}$ e $|\Delta U| = 0,883 \text{ m}$;
- b) Acesso 02: $|\Delta S| = 67,24 \text{ m}$ e $|\Delta U| = 6,869 \text{ m}$;
- c) Acesso 03: $|\Delta S| = 131,80 \text{ m}$ e $|\Delta U| = 5,0 \text{ m}$;
- d) Acesso 04: $|\Delta S| = 150,69 \text{ m}$ e $|\Delta U| = 1,189 \text{ m}$.

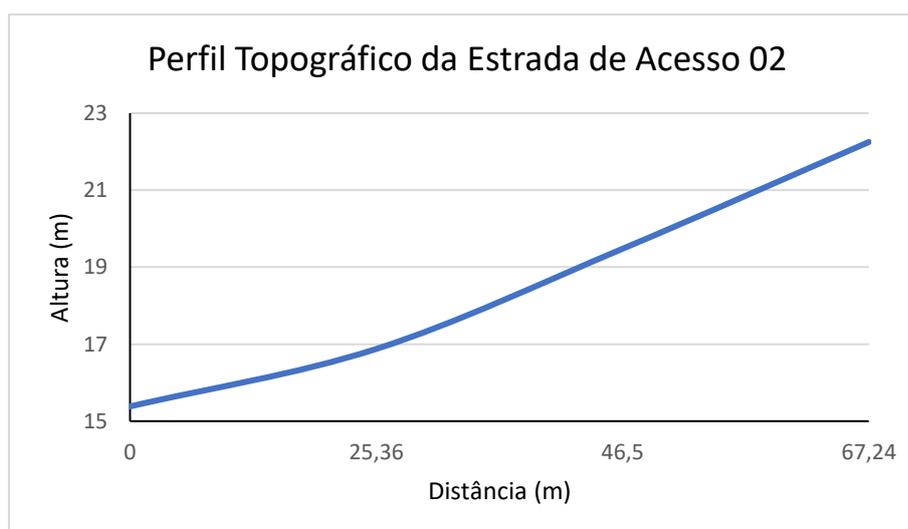
Apesar da maioria dos acessos apresentarem cota final acima da cota inicial, observados na figura 15, o abastecimento não é comprometido devido à altura inicial do escoamento da água no sistema de tratamento, sem necessidade de bombeamento. O conceito é explicado pela lei de Bernoulli, com o princípio da conservação de energia, relacionando a pressão e a velocidade do fluido em movimento.

Figura 15 – Estradas secundárias. A) Estrada de acesso 01. B) Estrada de acesso 02. C) Estrada de acesso 03. D) Estrada de acesso 04.

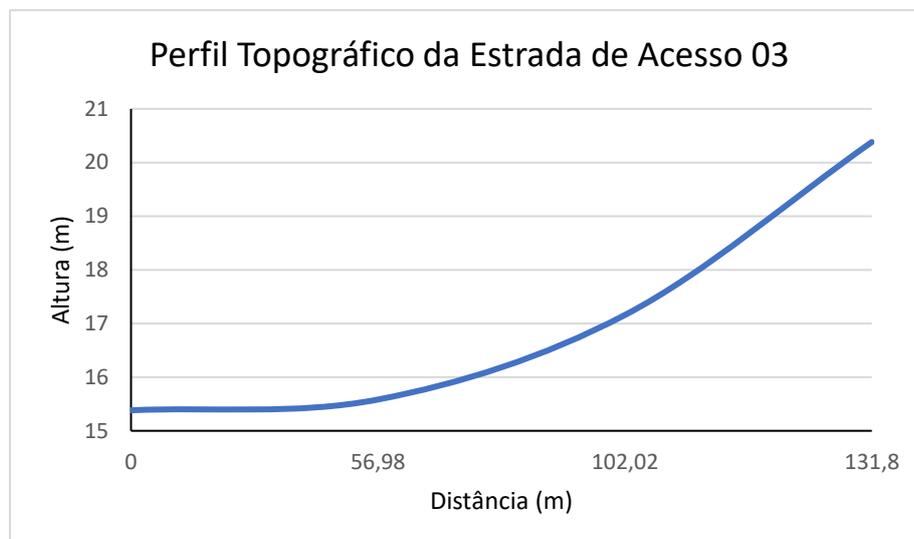
A)



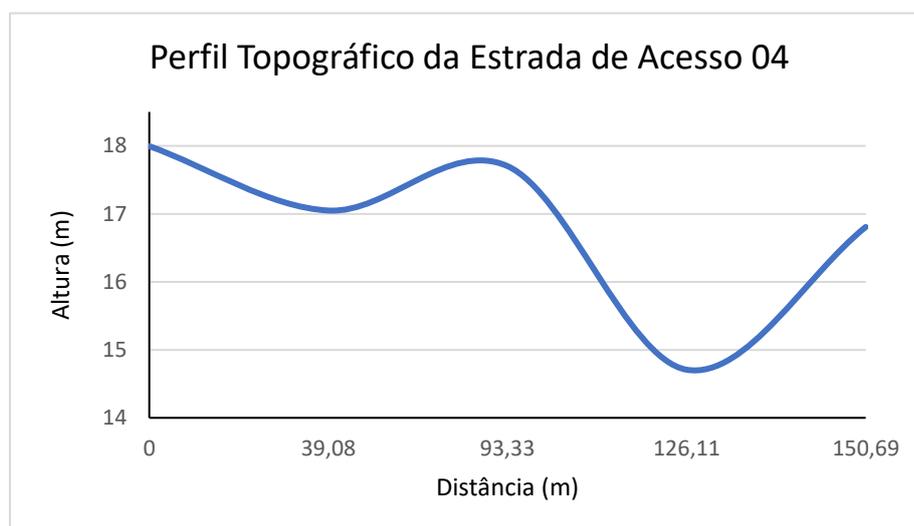
B)



C)



D)



Com os resultados obtidos pelo nivelamento geométrico, é demonstrado que a declividade na área para a implantação do sistema é considerável para a aplicação da ETA simplificada por gravidade. Além disso, não há necessidade de bombeamento na rede de distribuição, de modo que o abastecimento de água para todas as residências da comunidade será eficiente com a pressão do próprio sistema.

4.2.4 CARACTERÍSTICAS E QUALIDADE DA ÁGUA

Os locais de coleta foram definidos em pontos estratégicos a fim de melhor representar as condições da água que é distribuída aos moradores, sendo o P1 na entrada de água no sistema de captação, P2 na saída do tanque de cloração, P3

aproximadamente na metade da estrada principal, onde há uma grande concentração de residências, e P4 no final da estrada e da rede de distribuição.

Para não ocorrer possíveis contaminações ou alterações no estado do fluido, todos os pontos continham torneiras próximas da rede e que não passavam por outros sistemas, como caixas d'água ou meios filtrantes, estas que foram completamente abertas por cerca de 1 minuto para escoar a água antes da realização das coletas, a fim de ambientar o curso da mesma e eliminar quaisquer resíduos.

As análises foram realizadas para atender as exigências da NBR 12.216/92, que classifica águas naturais para abastecimento público de acordo com a tabela disposta e seus requisitos, e do Capítulo V da Portaria de Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017, que define a potabilidade da água para consumo humano, ambas contendo valores mínimos e máximos que devem ser respeitados para o desenvolvimento de um projeto eficiente.

4.2.4.1 Físico-química

Com o intuito de definir o estado em que se encontra um determinado recurso hídrico e assim classificá-lo, as propriedades físico-químicas são essenciais para identificar, quantificar e avaliar impurezas e contaminantes presentes, estes que são empecilhos que necessitam de tratamento quando se pensa em abastecimento público e sua potabilidade.

Para este trabalho, foram coletadas ao total 24 amostras de água e analisadas em laboratório, sendo 1 frasco de 1,5 L para cada ponto (P1, P2, P3 e P4) em seis dias diferentes, resultando em valores de pH, Cloretos, Turbidez e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que foram dispostos nas tabelas 3 e 4.

Os resultados de pH apresentaram valor mínimo igual a 7,06, máximo igual a 8,10 e médio igual a 7,64, sendo estabelecido nas legislações que o valor deverá estar entre 5,0 e 9,0 para águas naturais e entre 6,0 e 9,5 para a potabilidade da mesma após processos de tratamento.

As análises de cloretos, que representam a quantidade de sais presentes no recurso hídrico, deveriam resultar em no máximo 250 mg/L após aplicação da equação (3) exigidos em ambas as legislações e apresentaram valor máximo de 14,99 mg/L nas duas primeiras coletas, sendo este recurso classificado como doce e

dispensando análises para os próximos dias de coleta, pois não sofreriam alterações suficientes para considerar a água como salobra ou salina.

O maior problema enfrentado pelos moradores que recebem em suas residências água oriunda do atual sistema de canalização da comunidade Rural Mundo Novo do Saquarema, dentro dos critérios físico-químicos analisados, de fato é a elevada turbidez. A norma para a classificação de águas naturais não estabelece valores para esse parâmetro, mas para potabilidade é aceito no máximo 5,0 NTU, podendo ser observado que durante a época de estiagem todos os valores obedecem a Portaria nº 05/2017 e quando há elevada precipitação, ocorre o aumento drástico de partículas sólidas em suspensão por conta da maior vazão e velocidade da água, que durante o escoamento carrega sedimentos e matéria orgânica para a captação, além da falta de filtros, resultando em médias que variam entre 15,86 NTU e 33,75 NTU.

Por se tratar de um sistema de captação de águas superficiais, há o contato com o meio externo que contém microrganismos naturais que afetam a qualidade da água. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é o indicador utilizado para definir o consumo de oxigênio dissolvido (OD), relacionando-o com a quantidade de bactérias aeróbicas e de matéria orgânica presentes nas amostras, podendo os valores médios para a classificação do recurso hídrico variarem entre 1,5 - 2,5 mg/L e máximos entre 3,0 - 4,0 mg/L e para a potabilidade valor máximo de 5,0 mg/L.

Aplicando a equação (4) após a utilização do oxímetro e a obtenção dos valores iniciais e finais da quantidade de O₂ em cada amostra, que foram coletadas em 3 frascos na captação (P1) e em 3 frascos após o tanque de cloração (P2) com Boecos autoclavados, os resultados apresentaram consumo médio abaixo de 2,50 mg/L, com exceção da 4ª coleta que chegou em uma média de 4,68 mg/L e valor máximo de 4,92 mg/L. A primeira análise de DBO não foi realizada por depender de testes e resultados biológicos de Coliformes Totais e *Escherichia Coli*, que definiram a quantidade de bactérias e o melhor procedimento para as coletas seguintes.

Portanto, é possível afirmar que os valores de pH e cloretos atendem a classificação de águas naturais para abastecimento público como Tipo B pela NBR 12.216/92 e estão dentro das exigências para a potabilidade pela Portaria de Consolidação nº 05/2017. Porém, a turbidez apresentou valores acima do permitido para a potabilidade da água e a DBO, que atendeu as exigências de potabilidade em todos os pontos, ocorreu um aumento em uma das análises em P1, que ultrapassou o valor médio e máximo da classe Tipo B, mas que se deve considerar a possibilidade

de ocorrências de fatores adversos, como calibração do equipamento, contaminantes, armazenamento, erros humanos e interferência de outros compostos, estando apto para ser classificado como águas naturais Tipo B.

Tabela 3 – Resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

	Análise no período de inverno					Análise no período de verão			
	Pontos (n=3)	OD inicial	OD final	DBO mg/L		Pontos (n=3)	OD inicial	OD final	DBO mg/L
1ª Coleta (21/06/22)	P1A	-	-	-	4ª Coleta (17/01/23)	P1A	5,67	1,02	4,65
	P1B	-	-	-		P1B	5,91	0,99	4,92
	P1C	-	-	-		P1C	5,66	0,98	4,68
	Média	-	-	-		Média	-	-	4,68
	P2A	-	-	-		P2A	6,12	1,55	4,57
	P2B	-	-	-		P2B	5,65	4,79	0,86
	P2C	-	-	-		P2C	5,34	4,71	0,63
	Média	-	-	-		Média	-	-	2,02
2ª Coleta (05/07/22)	P1A	7,63	4,92	2,71	5ª Coleta (31/01/23)	P1A	6,49	4,32	2,17
	P1B	7,34	5,83	1,51		P1B	6,53	4,11	2,42
	P1C	6,84	4,70	2,14		P1C	6,56	4,03	2,53
	Média	-	-	2,12		Média	-	-	2,37
	P2A	5,09	5,05	0,04		P2A	4,63	4,60	0,03
	P2B	4,99	4,52	0,47		P2B	4,78	4,52	0,26
	P2C	5,13	5,02	0,11		P2C	4,54	4,41	0,13
	Média	-	-	0,21		Média	-	-	0,14
3ª Coleta (19/07/22)	P1A	7,47	4,87	2,60	6ª Coleta (23/02/23)	P1A	5,31	4,71	0,60
	P1B	5,76	5,19	0,57		P1B	5,34	4,41	0,93
	P1C	7,58	5,01	2,57		P1C	6,04	4,38	1,66
	Média	-	-	1,91		Média	-	-	1,06
	P2A	5,54	4,90	0,64		P2A	6,12	4,98	1,14
	P2B	5,45	5,07	0,38		P2B	6,11	4,89	1,22
	P2C	5,26	5,13	0,13		P2C	5,93	5,01	0,92
	Média	-	-	0,38		Média	-	-	1,09

Tabela 4 – Resultados das análises físico-químicas.

	Pontos (n=3)	Análise no período de inverno			Análise no período de verão		
		1ª coleta (21/06/22)	2ª coleta (05/07/22)	3ª coleta (19/07/22)	4ª coleta (17/01/23)	5ª coleta (31/01/23)	6ª coleta (23/02/23)
pH (15°C)	P1	7,75	7,06	8,10	7,85	7,58	7,66
	P2	7,92	7,22	7,81	7,76	7,52	7,70
	P3	7,93	7,33	7,76	7,82	7,23	7,64
	P4	7,95	7,41	7,68	7,80	7,18	7,46
	Média	7,93	7,28	7,79	7,81	7,38	7,65
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	P1	11,49	14,99	-	-	-	-
	P2	10,99	12,49	-	-	-	-
	P3	10,99	13,49	-	-	-	-
	P4	11,49	12,99	-	-	-	-
	Média	11,24	13,24	-	-	-	-
Turbidez (NTU)	P1	2,34	0,59	2,43	111,00	11,30	20,40
	P2	1,30	0,89	2,11	12,40	17,30	21,80
	P3	1,52	1,45	2,49	4,98	19,30	23,00
	P4	2,09	1,07	3,71	6,61	15,60	27,50
	Média	1,81	1,00	2,69	33,75	15,86	23,18

4.2.4.2 Biológica

As análises biológicas foram realizadas em 4 pontos, o primeiro na captação (P1) e os demais após o tanque de cloração (P2, P3 e P4), sendo coletadas 3 amostras em cada um deles. O objetivo foi definir a classificação da água natural de acordo com a quantidade de Coliformes Totais presentes a cada 100 mL de amostra, seguindo a NBR 12.216/92, e a eficiência do atual sistema de captação quanto à potabilidade, relacionando a ausência ou presença de Coliformes Totais e *Escherichia Coli* com parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 05/2017.

Os resultados dos Coliformes Totais correspondente aos parâmetros da classificação Tipo B para águas naturais, devem respeitar o valor médio entre 100NMP e 5.000NMP. Durante o período do inverno, constatou-se que os valores estão de acordo com o exigido, já o período do verão não consta um valor exato por ter sido feito um comparativo entre as duas estações.

Entretanto, é possível observar na tabela 5 que em ambas as estações do ano, o sistema de cloração que opera atualmente não está sendo efetivo e em todos os pontos há presença de Coliformes Totais, indicativo de contaminação que não atende aos parâmetros de potabilidade, onde o consumo dessa água caracteriza riscos à saúde pública.

Tabela 5 – Resultados das análises de Coliformes Totais.

	Pontos (n=3)	Análise no período de inverno			Análise no período de verão		
		1ª coleta (21/06/22)	2ª coleta (05/07/22)	3ª coleta (19/07/22)	4ª coleta (17/01/23)	5ª coleta (31/01/23)	6ª coleta (23/02/23)
COLIFORMES TOTAIS (NMP)	P1A	1.504,12	387,30	547,50	>2.419,60	>2.419,60	>2.419,60
	P1B	908,75	435,20	980,40	>2.419,60	>2.419,60	>2.419,60
	P1C	858,37	365,40	779,10	>2.419,60	>2.419,60	>2.419,60
	Média	1.090,41	395,97	769,00	>2.419,60	>2.419,60	>2.419,60
	P2A	2,00	<1	<1	22,60	1,00	76,70
	P2B	2,00	<1	<1	24,10	2,00	>2.419,60
	P2C	<1	<1	2,00	37,30	1,00	1.413,60
	Média	<1,67	<1	<1,33	28,00	1,33	> 1.303,30
	P3A	<1	<1	<1	<1	<1	>2.419,60
	P3B	6,10	<1	<1	>2.419,60	1,00	1,00
	P3C	<1	<1	<1	<1	1,00	4,10
	Média	<2,70	<1	<1	> 806,53	<1	> 808,23
	P4A	<1	<1	3,10	19,50	<1	6,30
	P4B	<1	<1	<1	18,70	<1	7,50
	P4C	<1	<1	<1	9,60	<1	178,90
	Média	<1	<1	<1,70	15,93	<1	64,23

Para a classificação da água, não há parâmetros quanto à *Escherichia Coli*, mas foram analisadas as amostras de águas naturais com a intenção de comparar a efetividade após a cloração, que resultou em valores favoráveis para a potabilidade, visto na tabela 6, onde não há presença desse microrganismo no percurso de distribuição para as residências.

Tabela 6 – Resultados das análises de *Escherichia Coli*.

Pontos (n=3)	Análise no período de inverno			Análise no período de verão			
	1ª coleta (21/06/22)	2ª coleta (05/07/22)	3ª coleta (19/07/22)	4ª coleta (17/01/23)	5ª coleta (31/01/23)	6ª coleta (23/02/23)	
ESCHERICHIA COLI (NPM)	P1A	28,50	4,10	30,50	>2.419,60	167,00	56,10
	P1B	25,37	2,00	19,90	>2.419,60	151,50	38,40
	P1C	21,12	3,10	23,10	>2.419,60	218,70	27,50
	Média	24,99	3,07	24,50	>2.419,60	179,07	40,67
	P2A	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P2B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P2C	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Média	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P3A	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P3B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P3C	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Média	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P4A	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P4B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	P4C	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Média	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Portanto, é possível classificar a água como Tipo B, considerando as análises físico-químicas e o dimensionamento de um novo sistema com filtros e cloração, que irão garantir parâmetros exigidos para abastecimento público e consumo humano.

4.2.4.3 Vazão

O dimensionamento de uma estação de tratamento de água necessita do cálculo da vazão, para que seja captada uma quantidade de água que preserve o leito do rio. A partir da edificação existente na região de estudo, foram medidas a área da represa, a caixa de captação e o diâmetro das tubulações, posteriormente definidas as sessões à montante e à jusante, visto na figura 16. Como a água captada segue direto para o tanque de cloração, o mesmo foi medido, visto na figura 17, para relacionar a vazão de entrada na captação e no tanque.

Figura 16 – Captação existente. A) Região de estudo. B) Planta baixa.

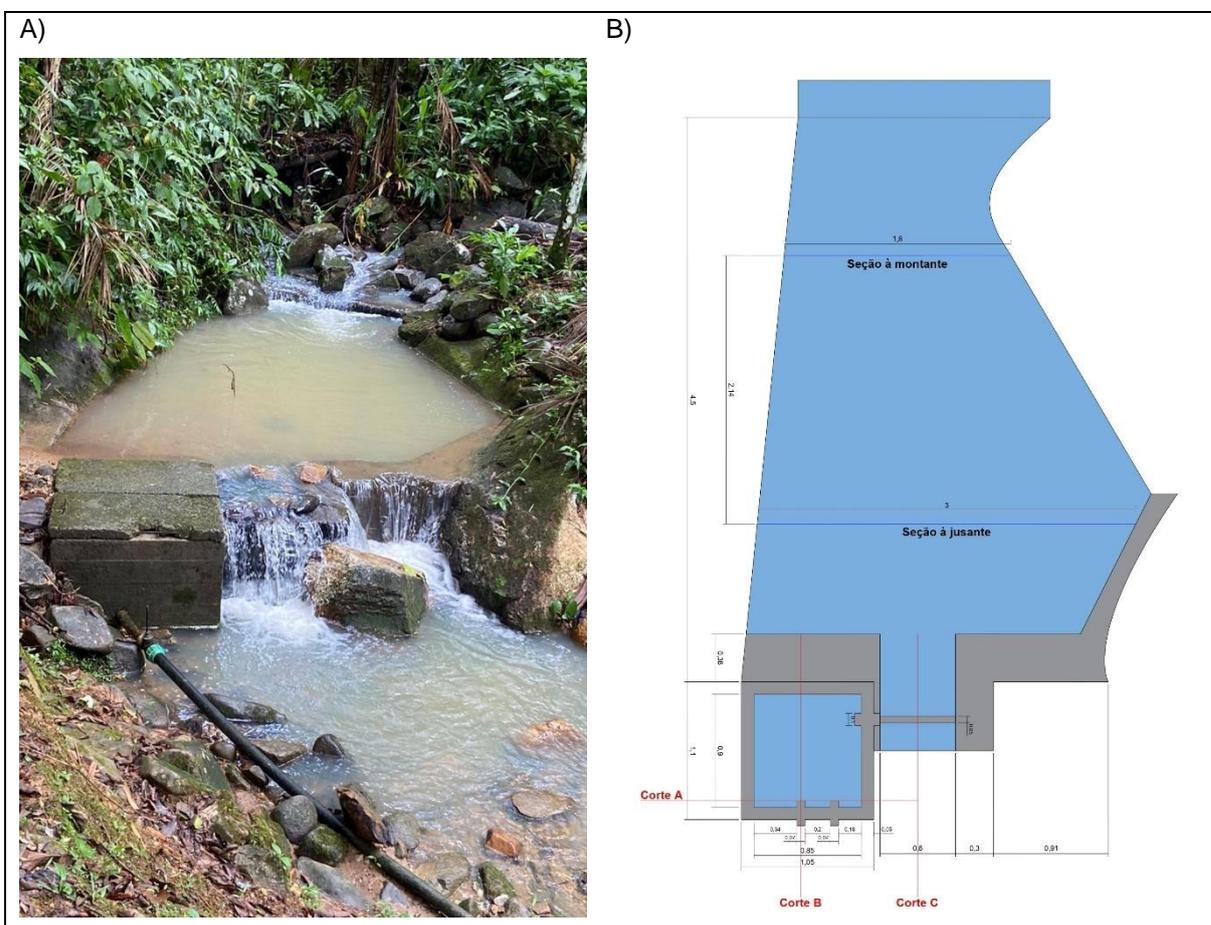


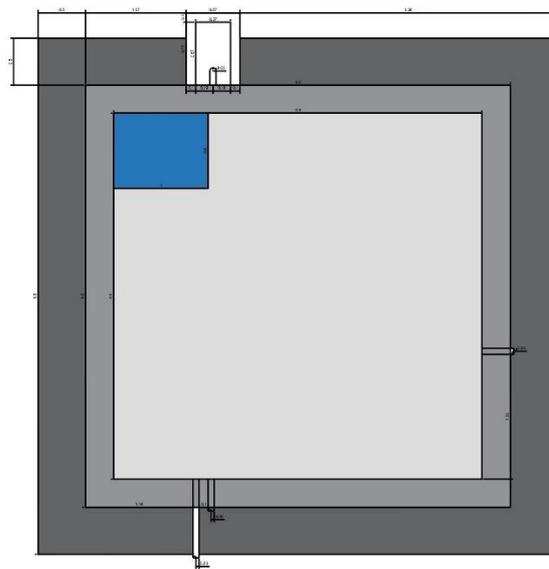
Figura 17 – Tanque de cloração existente. A) Edificação frontal. B) Edificação dos fundos. C) Área de acesso interno. D) Planta baixa. E) Vista frontal. F) Vista lateral. G) Vista dos fundos.



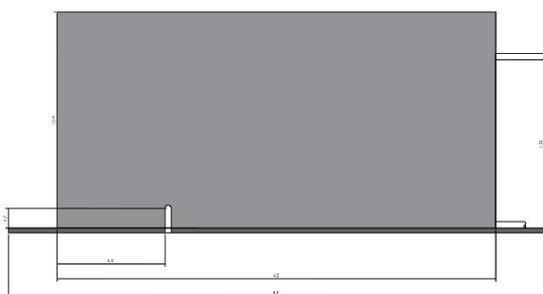
C)



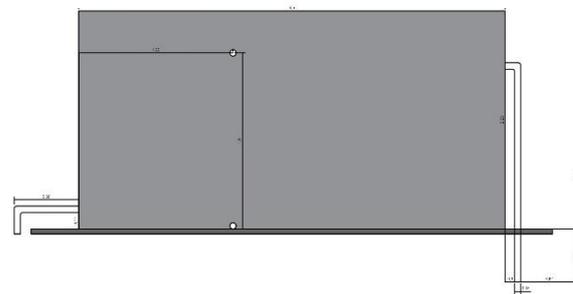
D)



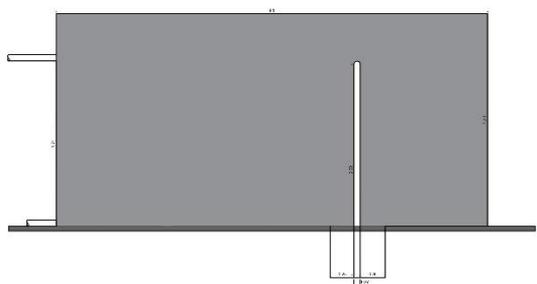
E)



F)



G)



Os valores obtidos durante as medições que não sofrem variação correspondem à largura externa e interna, comprimento externo e interno, área interna de cada estrutura, diâmetros das tubulações e suas áreas de entrada e saída, dispostos nas tabelas 7 e 8. Já os valores que podem sofrer alterações de acordo com

fatores climáticos, como altura da coluna d'água, volumes de água (calculados a partir da equação (9)) e tempo de enchimento, e foram dispostos na tabela 9.

$$V = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,58 = 0,4437 \text{ m}^3$$

$$V = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,615 = 0,4705 \text{ m}^3$$

Para visualizar as medidas que variaram em dias distintos, foram apresentados cortes transversais e longitudinais correspondentes à planta baixa da figura 16, vistos nas figuras 18, 19 e 20.

Tabela 7 – Dimensão das estruturas de captação e tanque de cloração.

Estrutura	Largura Externa (Le)	Largura Interna (Li)	Comprimento Externo (Ce)	Comprimento Interno (Ci)	Área Interna (Ai)
Caixa de Captação (Cc)	1,050	0,850	1,10	0,90	0,765
Tanque de Cloração (Tc)	4,50	3,90	4,50	3,90	15,21

Tabela 8 – Dimensão das tubulações.

Tubulações	Diâmetro (Dt)	Área (At)
Entrada da Cc	0,10 x 0,050	0,0050
Saída da Cc	0,0650	0,0033
Entrada do Tc	0,0650	0,0033
Saída do Tc	0,0650	0,0033

Tabela 9 – Medidas referentes à vazão do sistema de tratamento.

Medidas	Valores		
	26/02/23	12/03/23	26/03/23
Coluna d'água da Cc até o centro da tubulação (Hc) (m)	0,410	0,4450	0,410
Coluna d'água total da Cc (Hc) (m)	0,580	0,6150	0,580
Volume interno da Cc (ViC) (m³)	0,44370	0,47050	0,44370
Tempo de enchimento da Cc (Tec2) (s)	-	188,94	248,82
Coluna d'água da Tc até o centro da tubulação (Ht) (m)	1,430	1,430	1,430
Coluna d'água total do Tc (Ht) (m)	1,730	1,730	1,730
Volume interno da Tc (ViT) (m³)	26,3130	26,3130	26,3130
Tempo de enchimento do Tc (Tet) (s)	13.200,0	-	12.710,20
Coefficiente de descarga (Cd)	0,610	0,610	0,610
Aceleração da gravidade (g) (m/s²)	9,810	9,810	9,810

Figura 18 – Corte transversal “A” da planta baixa da captação. A) 26/02/2023. B) 12/03/2023. C) 26/03/2023.

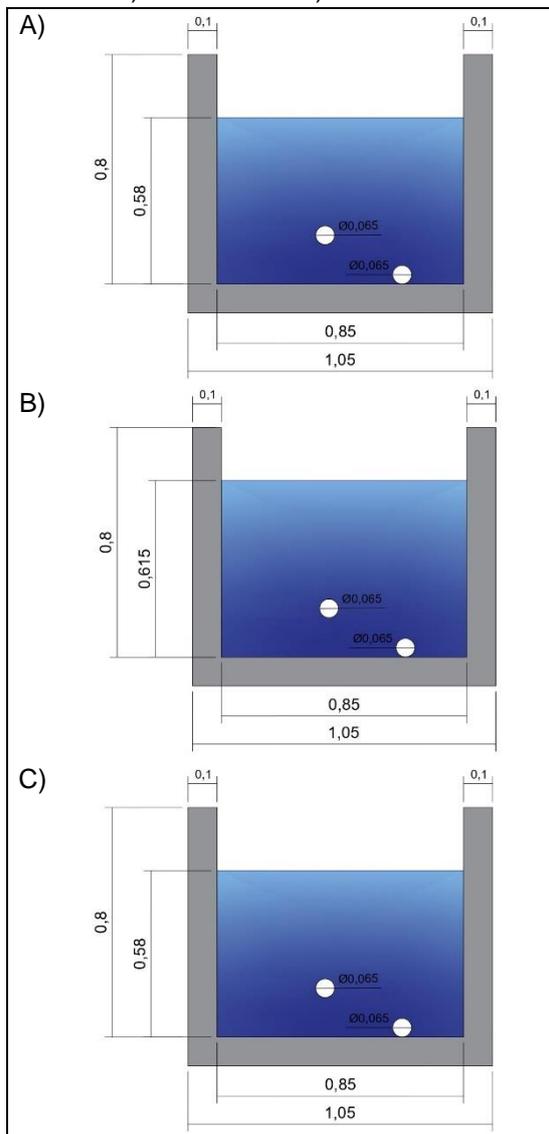


Figura 19 – Corte longitudinal “B” da planta baixa da captação. A) 26/02/2023. B) 12/03/2023. C) 26/03/2023.

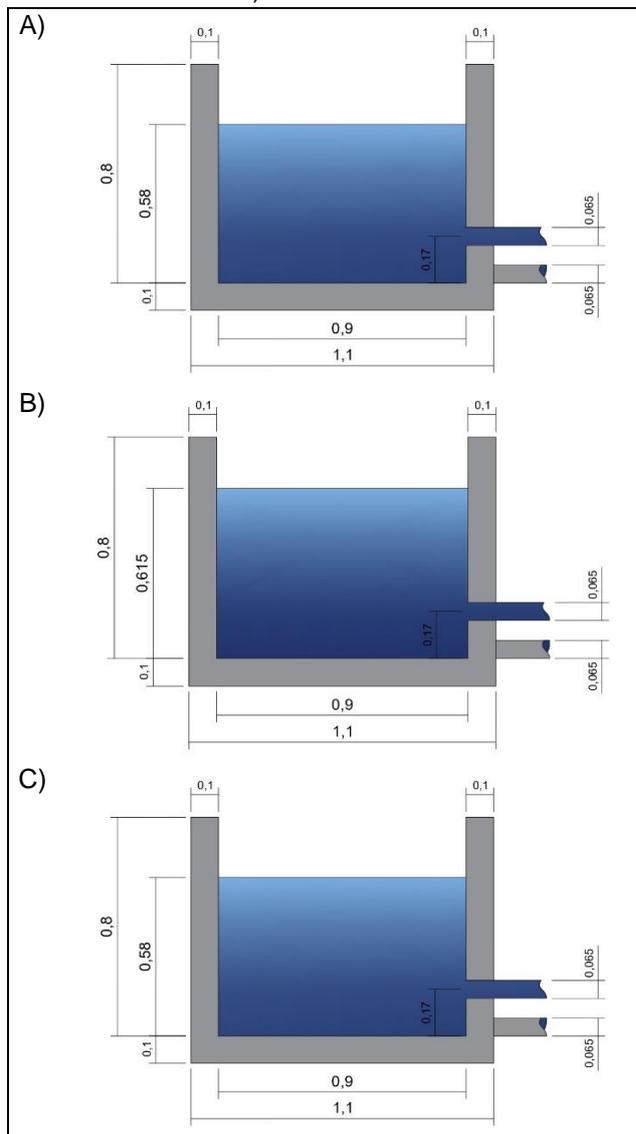
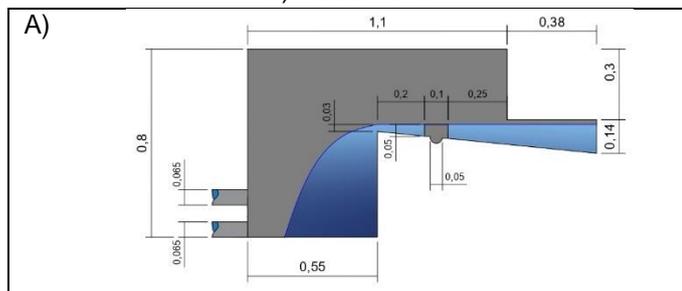
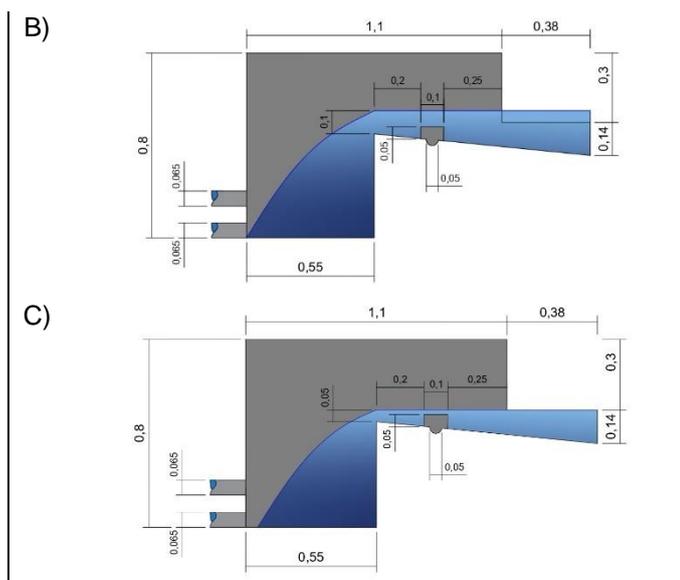


Figura 20 – Corte longitudinal “C” da planta baixa da captação. A) 26/02/2023. B) 12/03/2023. C) 26/03/2023.





Para calcular o volume de água que adentra na represa, foram definidas duas sessões, essas que foram dispostas à distância de 2,14 m entre a montante, com 1,80 m de largura, e à jusante, com 3,0 m de largura, e divididas a cada 0,50 m para medir suas respectivas profundidades em três dias quinzenais. Os valores obtidos foram dispostos na tabela 10 e utilizados no *Software AutoCad* para calcular o perímetro e a área de cada uma delas, com os resultados dispostos na tabela 11 e observados nos cortes transversais das figuras 21 e 22.

Tabela 10 – Dimensão das sessões de acordo com os dias medidos.

Sessão à montante		Profundidade (m)		
Pontos	Distância (m)	26/02/23	12/03/23	26/03/23
1	0,00	0,300	0,370	0,335
2	0,30	0,320	0,410	0,380
3	0,50	0,605	0,630	0,580
4	0,50	0,470	0,510	0,400
5	0,50	0,200	0,400	0,390
Sessão à jusante		Profundidade (m)		
Pontos	Distância (m)	26/02/23	12/03/23	26/03/23
1	0,00	0,110	0,125	0,150
2	0,50	0,230	0,280	0,260
3	0,50	0,280	0,350	0,350
4	0,50	0,310	0,370	0,390
5	0,50	0,505	0,570	0,530
6	0,50	0,390	0,510	0,440
7	0,50	0,245	0,300	0,270

Tabela 11 – Perímetro e área das sessões.

Sessão	Comprimento (m)	Perímetro (m)			Área (m ²)		
		26/02/23	12/03/23	26/03/23	26/02/23	12/03/23	26/03/23
Montante (S1)	1,80	4,2777	4,4539	4,4107	0,7754	0,8972	0,7918
Jusante (S2)	3,00	6,4527	6,5485	6,5027	0,9572	1,1632	1,1018
ΔS	2,14						

Figura 21 – Corte transversal da sessão à montante. A) 26/02/2023. B) 12/03/2023. C) 26/03/2023.

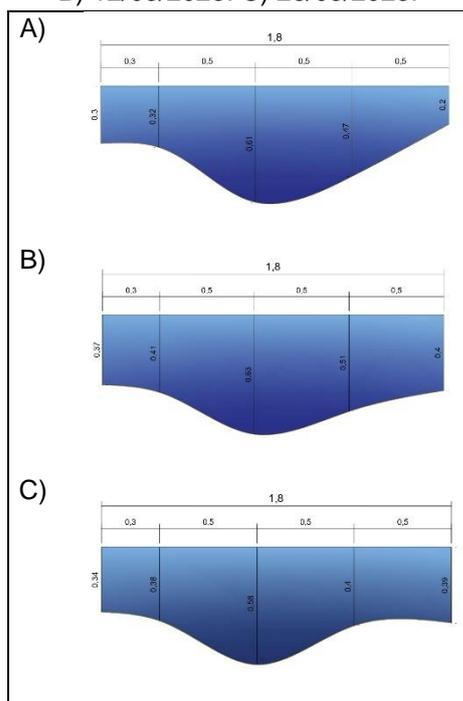
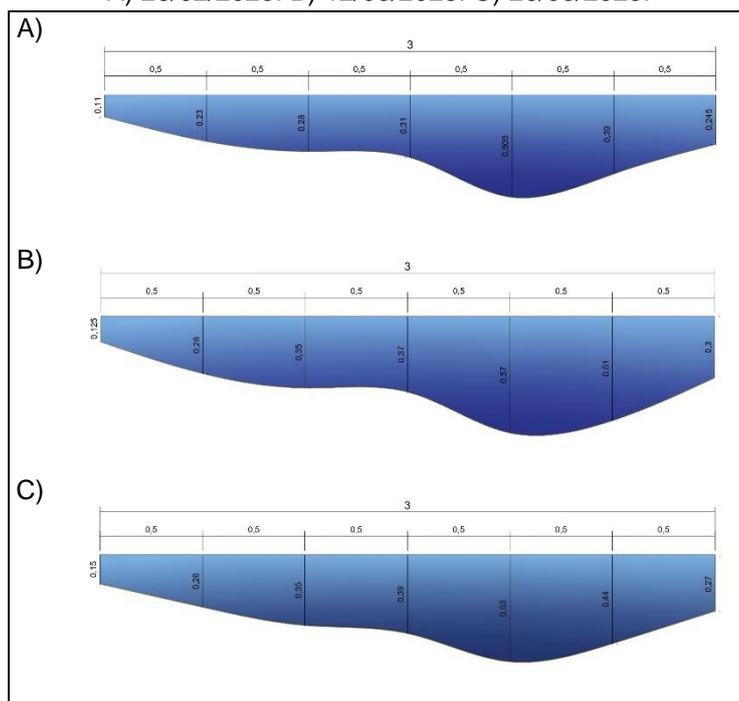


Figura 22 – Corte transversal da sessão à jusante. A) 26/02/2023. B) 12/03/2023. C) 26/03/2023.



Utilizando o método do flutuador para a vazão, foram feitos 10 lançamentos de pequenas esferas de isopor, com diâmetro de aproximadamente 0,05 m, e cronometrado o tempo necessário para completar o percurso de 2,14 m entre as sessões. Após a coleta dos dados, foi definido um tempo médio em segundos e calculada a velocidade média, utilizando a equação (5), sendo os valores dispostos na tabela 12.

$$v_{méd} = \frac{2,14}{73,38} = 0,0292 \quad v_{méd} = \frac{2,14}{13,89} = 0,1541 \quad v_{méd} = \frac{2,14}{67,30} = 0,0318$$

Tabela 12 – Tempo e velocidade das esferas pelo método do flutuador.

	26/02/23	12/03/23	26/03/23
Nº de ensaios	Tempo (s)	Tempo (s)	Tempo (s)
1	42,03	21,81	49,01
2	94,17	14,50	81,00
3	71,39	21,56	39,90
4	95,45	11,87	75,00
5	68,64	8,40	68,00
6	63,84	11,50	90,00
7	97,85	12,53	57,10
8	81,59	11,58	61,00
9	57,33	11,93	81,00
10	61,51	13,20	71,00
T_{méd} (s)	73,38	13,89	67,30
v_{méd} (m/s²)	0,0292	0,1541	0,0318

Com todos os dados coletados em campo, foram definidas diferentes vazões, sendo a da sessão à montante (Q_{S1}) e à jusante (Q_{S2}), da água que adentra na captação (Q_1), na caixa de captação (Q_2 (Cc)), no tanque de cloração (Q_2 (Tc)) e, por fim, que segue o leito do rio (Q_3).

Para as sessões, foram utilizadas as equações (6) e (7), relacionando suas respectivas áreas com a velocidade média para cada dia medido.

$$Q_{S1} = 0,7754 \cdot 0,0292 = 0,022613 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{S1} = 0,8972 \cdot 0,1541 = 0,138249 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{S1} = 0,7918 \cdot 0,0318 = 0,025177 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{S1 \text{ médio}} = 0,062013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{S2} = 0,9572 \cdot 0,0292 = 0,027915 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{S2} = 1,1632 \cdot 0,1541 = 0,179237 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{S2} = 1,1018 \cdot 0,0318 = 0,035034 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{S2 \text{ médio}} = 0,080729 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir dos valores de vazão obtidos nas sessões, as vazões de entrada na represa foram calculadas utilizando a equação (8).

$$Q_1 = \frac{0,022613 + 0,027915}{2} = 0,025264 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = \frac{0,138249 + 0,179237}{2} = 0,158743 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = \frac{0,025177 + 0,035034}{2} = 0,030106 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{1 \text{ médio}} = 0,071371 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazões que são captadas para abastecimento público foram calculadas de duas maneiras, a primeira pelo tempo necessário para completar o volume estabelecido na caixa de captação e a segunda, com o mesmo conceito, mas para o tanque de cloração. Com dos valores obtidos, foi possível compará-los para definir se eram compatíveis.

Na primeira medição em campo, foi utilizada a Lei dos orifícios para a caixa de captação, mas esse método foi descartado após os resultados extrapolarem a realidade. Já na segunda medição, por ser necessário o rompimento do abastecimento de água para a população da comunidade, a APRUMUS, que deve respeitar o estatuto regente e comunicar aos associados com no mínimo 10 dias de antecedência, não emitiu o comunicado e não foi possível realizar a atividade prevista.

Portanto, trabalhou-se com duas variáveis para cada estrutura, dispostas na tabela 13, mas que foram suficientes para definir valores aceitáveis dentro de uma margem de erro baixa, utilizando a equação (10).

$$Q_2(Cc) = \frac{0,4705}{188,94} = 0,00249 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_2(Cc) = \frac{0,4437}{248,82} = 0,001783 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{2 \text{ médio}}(Cc) = 0,002137 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2(Tc) = \frac{26,313}{13.200} = 0,001993 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_2(Tc) = \frac{26,313}{12.710,20} = 0,00207 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{2 \text{ médio}}(Tc) = 0,002032 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{2 \text{ médio}} = 0,002085 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para calcular a vazão que segue o leito do rio, basta diminuir a vazão média que é captada da vazão média inicial da represa, seguindo a equação (11).

$$Q_3 = 0,071371 - 0,002085 = 0,069286 \text{ m}^3/\text{s}$$

Os valores das vazões calculados foram dispostos na tabela 13 com as respectivas datas e médias.

Tabela 13 – Vazões calculadas.

Vazão (m³/s)	26/02/23	12/03/23	26/03/23	Média
Q_{S1}	0,022613	0,138249	0,025177	0,062013
Q_{S2}	0,027915	0,179237	0,035034	0,080729
Q_1	0,025264	0,158743	0,030106	0,071371
Q_2 (Cc)	-	0,002490	0,001783	0,002137
Q_2 (Tc)	0,001993	-	0,002070	0,002032
Q_3	-	-	-	0,069286

4.2.5 Captação de Água

Visto que a demanda do recurso hídrico deve atender um horizonte de projeto para 30 anos e considerando o crescimento populacional para esse período com o consumo populacional de 165 m³/dia, uma nova captação deve ser dimensionada atendendo a NBR 12.213/92.

Sabendo que durante as medições das vazões, o valor mínimo da vazão de entrada na represa foi de 0,025264 m³/s, o Instituto Água e Terra permite que a vazão para captação com finalidade para o abastecimento público seja de aproximadamente 47% da vazão, calculado a partir da equação (12). Considerando a diminuição da vazão durante o período de estiagem, foi adotado 20% da vazão mínima durante o período analisado.

$$Q_{outorgável} = 0,5 \cdot (0,95 \cdot 0,025264) = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{outorgável\ necessário} = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir das medições de campo, foi determinado que a velocidade média da água na represa é de 0,0717 m/s, que ao ser aplicado esse valor na equação (15) considerando a vazão de 0,005 m³/s, é possível definir a área de entrada de água na captação.

$$A = \frac{0,005}{0,0717} \approx 0,07 \text{ m}^2$$

Como há disponibilidade de área para construção, este projeto prevê uma captação com largura de 1,0 m, comprimento de 2,0 m e altura de 1,20 m para a edificação e de 1,0 m para a coluna d'água, totalizando um volume de água de 2m³. Para garantir a coluna com a medida ideal em situações de aumento de vazão, cinco drenos deverão ser instalados nas laterais, com diâmetro das tubulações de 0,05 m e espaçamento de 0,3 m.

Na área interna da captação, serão dispostas barras e telas de aço inoxidável para gradeamento. As barras foram definidas para este projeto com formato Tipo A e espessura de 6 mm, segundo a NBR 12.213/92, com ângulo de 80° em relação à horizontal, sendo para as grades grosseiras o espaçamento transversal de 0,10 m e duas sessões com espaçamento longitudinal de 0,30 m, e para as grades finas, o espaçamento transversal é de 0,03 m e, assim como as grosseiras, duas sessões com o mesmo espaçamento. Já para as telas, deverão conter malha 12 fios por decímetro, com formato quadrado e diâmetro de 3 mm, também com duas sessões de mesma distância que as grades.

As perdas de carga nas grades podem ser calculadas utilizando as equações (16) e (17) e a perda na tela pode ser calculada pelas equações (18), (19) e (20).

$$h_g (\text{grade grosseira}) = 0,0565 \frac{0,0717^2}{2 \cdot 9,81} = 1,48 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$k (\text{grade grosseira}) = 2,42 \cdot \left(\frac{0,006}{0,1}\right)^{1,33} \cdot \text{sen}(80^\circ) = 0,0565$$

$$h_g (\text{grade fina}) = 0,28 \frac{0,0717^2}{2 \cdot 9,81} = 7,34 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$k (\text{grade fina}) = 2,42 \cdot \left(\frac{0,006}{0,03}\right)^{1,33} \cdot \text{sen}(80^\circ) = 0,28$$

$$h_g (\text{tela}) = 0,0873 \frac{0,0717^2}{2 \cdot 9,81} = 2,29 \times 10^{-5}$$

$$k = 0,55 \cdot \frac{1 - 0,929^2}{0,929^2} = 0,0873$$

$$\varepsilon = [1 - (12 \cdot 0,003)]^2 = 0,929$$

A tubulação que servirá como adutora para transportar a água da captação para os filtros, com material de PVC, deverá ser disposta na parte inferior da caixa, pois a pressão é necessária para compensar as perdas de carga durante a passagem pelas grades e telas, calculada a partir da equação (21) de Bernoulli. Além disso, para manter a vazão de 0,005 m³/s, o cálculo do diâmetro pode ser calculado a partir da equação (22), utilizando a área de 0,07 m².

$$\Delta H = 2.148 \times 10^{-5} + 2.734 \times 10^{-5} + 2.229 \times 10^{-5} = 22,22 \times 10^{-5} \text{ m}$$

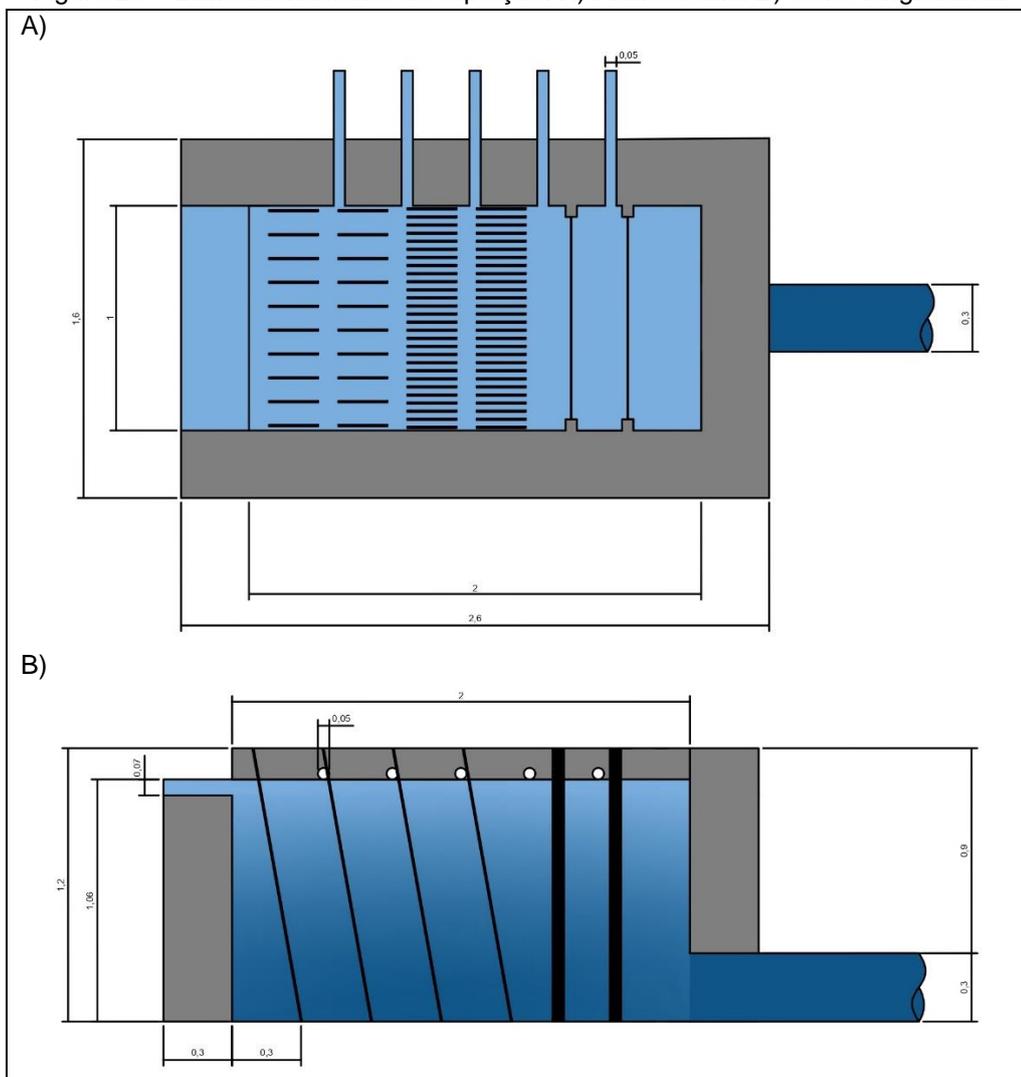
$$101,325 + \frac{1,5^2}{2.9,81} + 0 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1,5^2}{2.9,81} - 1 + (22,22 \times 10^{-5})$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 102,325 \text{ Pa}$$

$$R = \sqrt{\frac{0,07}{\pi}} = 0,15 \text{ m}$$

A partir dos cálculos realizados, o diâmetro da tubulação para comportar a vazão de interesse, deve ser de 0,30 m. O dimensionamento da captação, de acordo com os valores obtidos, pode ser observado na figura 23.

Figura 23 – Dimensionamento da captação. A) Planta baixa. B) Corte longitudinal.



4.2.6 Filtros

Os filtros são essenciais em um sistema de tratamento de água, devem ser dimensionados de acordo com a vazão destinada para o abastecimento e com o consumo diário da população. Considerando também as exigências da NBR 12.216/92 e adaptando dimensionamentos de trabalhos semelhantes (NASCIMENTO, 2019) (ROSA, 2018), foi definido o valor para taxa de filtração de até 180 m³/m².dia, por se tratar de uma filtragem rápida, com sentido descendente, com uma camada filtrante e que atende a demanda para um horizonte de projeto de 30 anos.

Para este projeto, foram adotados valores para as camadas do filtro, sendo de borda livre, com 0,20 m, nível da coluna d'água, com 1,10 m, de areia (meio filtrante), com 0,70 m, suporte com brita, com 0,40 m, e drenagem, com 0,10 m. O tamanho efetivo dos grãos de areia deve estar entre 0,40 mm e 0,45 mm, já o tamanho efetivo da brita deve estar entre 63,50 mm e 127,0 mm. A Altura total do filtro, nessas condições, é de 2,50 m e todos os valores foram dispostos na tabela 14.

Tabela 14 – Dimensionamento das camadas do filtro.

	Valores		
	Mínimo	Máximo	Definido
Taxa de filtração	-	180 m ³ /m ² .dia	-
Borda livre	0,10 m	0,20 m	0,20 m
Nível da coluna d'água	1,0 m	1,20 m	1,10 m
Espessura da camada de areia	0,45 m	1,0 m	0,65 m
Espessura da camada suporte com brita	0,40 m	0,60 m	0,40 m
Espessura da camada de drenagem	0,10 m	0,20 m	0,15 m
Tamanho efetivo dos grãos de areia	0,40 mm	0,45 mm	-
Tamanho efetivo da brita	63,50 mm	127,0 mm	-
Altura total do filtro (H _F)	-	-	2,50 m

A quantidade de filtros deve ser igual ou superior à duas edificações, isso porque as legislações determinam que o abastecimento não deve ser interrompido durante a limpeza, ou seja, enquanto um filtro está em manutenção, o outro estará operando. Por conta disso, foi definido o número de filtros igual a 2, utilizado na equação (23) para calcular o comprimento e largura de cada um deles, que devem ser iguais.

$$\frac{L_F}{C_F} = \frac{2 + 1}{2 \cdot 2} = \frac{3}{4} = \frac{1,35}{1,80}$$

A largura dos filtros resultou em 1,35 m e o comprimento em 1,80 m, assim, a área é de 2,43 m². Esse valor foi utilizado nas equações (24) e (25) para calcular o volume e a taxa de filtração do filtro, considerando as camadas já definidas e a nova vazão da captação dimensionada.

$$V_F = 2,43 \cdot (2,5 - 0,2) = 5,589 \text{ m}^3$$

$$T_F = \frac{432}{2 \cdot 2,43} = 88,89 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$$

O fluido sofre retenção hidráulica durante a filtração, para calcular o tempo de retenção foi aplicada a equação (26). Esse cálculo é importante para avaliar a eficiência do processo de retenção de partículas e impurezas suspensas na água a ser tratada, sendo ideal que permaneça por no mínimo 15 minutos, de acordo com a Portaria de Consolidação nº05/2017.

$$T_R = \frac{5,589}{\frac{0,005}{2}} = 2.235,6 \text{ s}$$

$$T_R \approx 37 \text{ min}$$

Durante a filtração, é necessário calcular a velocidade do fluido pelas camadas filtrantes para comprovar que os cálculos de tempo de retenção e altura do filtro estão sendo efetivos. Para isso, foi utilizada a equação (27), onde o resultado ideal, considerando o tempo de retenção de aproximadamente 37 min e a altura do filtro de 2,3 m, seria de uma velocidade de aproximadamente 3,71 m/h.

$$v_F = \frac{0,005}{2 \cdot 2,43} = 0,001029 \text{ m/s}$$

$$v_F = 3,70 \text{ m/h}$$

Durante a passagem da água pelos meios filtrantes, há perdas de cargas que influenciam na vazão da adutora até o tanque de cloração. Para calcular as perdas, foram utilizadas as equações (28), (29) e (30), que correspondem respectivamente à camada de areia e de brita, altura mínima entre a camada de suporte e a borda e a altura do nível d'água até a camada de drenagem do filtro.

$$h_{areia} = 0,005 \cdot 88,89 \cdot 0,65 = 0,2889 \text{ m}$$

$$h_{brita} = 0,004 \cdot 88,89 \cdot 0,4 = 0,1422 \text{ m}$$

$$H_{mín} = 0,15 \cdot (2,5 - 0,2) = 0,345 \text{ m}$$

Como os filtros retêm partículas, com o passar do tempo ocorre o acúmulo nas camadas que impossibilitam a passagem da água e interferem na eficiência do sistema, sendo necessária a limpeza em sentido ascendente. Durante esse processo há a expansão do leito, que é calculada pela equação (31), onde o índice de expansão adotado é de 25%, de acordo com a NBR 12.216/92. Além disso, é necessário calcular a carga hidráulica disponível acima da camada de drenagem, utilizando a equação (32), em que o valor deve corresponder no máximo à espessura da camada de drenagem.

$$H_{expansão} = 0,25 \cdot 0,15 = 0,0375 \text{ m}$$

$$h_{disponível} = 0,345 + 0,0375 = 0,3825 \text{ m}$$

A partir da captação, o diâmetro da tubulação deve conter uma conexão com formato T, onde o diâmetro nominal de 0,30 m será dividido igualmente para os filtros a partir de reduções para 0,15 m, garantindo a mesma vazão para ambos os sistemas de filtragem e atendendo todos os cálculos de dimensionamento.

De acordo com o perfil topográfico, o percurso entre a captação e os filtros possui aproximadamente distância de 250 m e desnível de 8,7 m, onde há conexões na tubulação e algumas perdas de carga unitárias, calculados a partir das equações (33) e (21) de Hazen-Williams e Bernoulli, com coeficiente do PVC igual a 150 (PORTO, 2006).

$$J = \sqrt[0,54]{\frac{0,005}{0,278531 \cdot 150 \cdot 0,3^{2,63}}} = 1,92 \times 10^{-5} \text{ m/m}$$

$$J_{250\text{ m}} = 4,8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$101,325 + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 8,7 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 0 + (4,8 \times 10^{-3})$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 110,02 \text{ Pa}$$

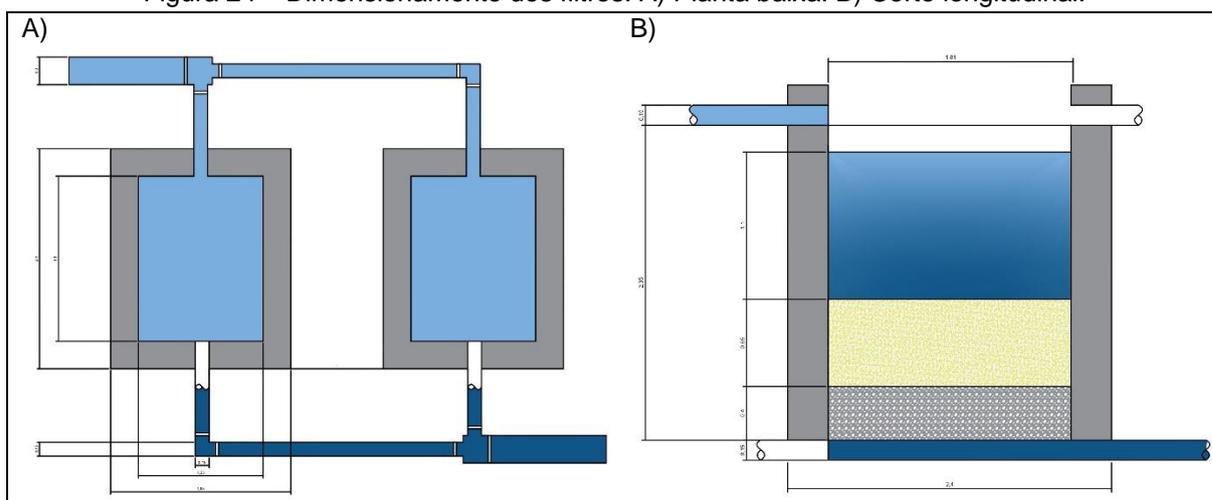
A pressão da água ao chegar nos filtros é maior, garantindo assim a eficiência entre os dois sistemas sem a necessidade de bombeamento. Durante a filtração, o fluido passa a sofrer pressão inicial apenas da atmosfera por encontrar-se em uma área livre de condutos. Assim, para calcular a pressão no final do sistema de filtração, é utilizada novamente a equação (21) de Bernoulli, onde adota-se os valores de pressão inicial igual a pressão atmosférica de 101,325 Pa, a aceleração da gravidade (g) igual a 9,81 m/s², a velocidade inicial (V_1) e final (V_2) iguais, a altura inicial (Z_1) igual à altura do nível d'água até a camada de drenagem do filtro, a altura final (Z_2) igual a zero e a somatória das perdas de carga na camada de areia e brita.

$$101,325 + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 2,3 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 0 + (0,2889 + 0,1422)$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 103,194 \text{ Pa}$$

Visto que todos os valores obtidos atendem às legislações, entende-se que o dimensionamento desses filtros é eficiente e a aplicação é favorável para o sistema de tratamento de água simplificado para a referida comunidade rural deste projeto, visto na figura 24. Além disso, a taxa de filtração comporta o fechamento de um dos filtros para a manutenção, enquanto o outro opera dentro do limite de 180 m³/m².dia.

Figura 24 – Dimensionamento dos filtros. A) Planta baixa. B) Corte longitudinal.



4.2.7 Tanque de Cloração e Casa de Química

Como atualmente é utilizado hipoclorito de sódio 10%, o sistema de mistura é por gotejamento e feito manualmente. Funcionários da APRUMUS, sem as devidas instruções técnicas, fazem a diluição de 3,0 L de NaClO em caixas de PVC a cada 48 horas, estas que estão expostas à radiação solar e altas temperaturas durante o verão, sofrendo a perda gradual do cloro ativo na solução.

Para o novo dimensionamento, é essencial a instalação de novos equipamentos que não necessitem da capacitação de funcionários e de energia elétrica para a mistura, tornando o sistema automatizado e eficiente. Pode ser adquirido pelos responsáveis pela operação um dosador de cloro por gravidade, visto na figura 25, que utiliza pastilhas de cloro, em que a dosagem e mistura variam de acordo com o fabricante.

Figura 25 – Dosador de cloro por gravidade.



Fonte: Adaptado de Hydro Solo Ambiental.

As pastilhas utilizadas nesse equipamento são compostas por hipoclorito de cálcio, indicado pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) para desinfecção em áreas rurais. A quantidade do produto químico pode ser calculada pela equação (34), considerando a concentração mínima de 0,5 mg/L de cloro e a vazão diária em que o sistema irá operar.

$$mg \text{ Cl} = 0,5 \cdot 432 = 216 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{dia}$$

Comumente é encontrada a concentração de hipoclorito de cálcio pode variar entre 65 e 90% de sua composição, dependendo do fabricante (Hidro TR; Fast Filtros), o que significa que o tempo mínimo de contato do produto com a água deve ser de no mínimo 10 minutos, podendo ser calculado pela equação (35).

$$T_{\text{contato}} = \frac{26,313}{0,005} = 5.262,6 \text{ s}$$

$$T_{\text{contato}} \approx 1 \text{ h } 30 \text{ min}$$

A tubulação existente possui diâmetro de 0,065 m, que precisa ser substituída para atender a vazão calculada para este projeto. Como o tanque de cloração será disposto após os filtros, o diâmetro correspondente é de 0,3 m e foram calculadas a pressão e as perdas de carga a fim de garantir a eficiência da adutora pelas equações (33) e (21) de Hazen-Williams e Bernoulli, considerando a distância e desnível entre os sistemas, de 250 m e desnível de 8,7 m, respectivamente, e a pressão inicial igual ao valor calculado no final do sistema de filtragem por ser um conduto forçado.

$$J = \frac{0,54 \sqrt{0,005}}{\sqrt{0,278531 \cdot 150 \cdot 0,3^{2,63}}} = 1,92 \times 10^{-5} \text{ m/m}$$

$$J_{250 \text{ m}} = 4,8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$103,194 + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 8,7 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 0 + (4,8 \times 10^{-3})$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 111,889 \text{ Pa}$$

Como o fluido passa de um conduto forçado para uma área livre, a pressão sofrida torna-se apenas da atmosférica, assim, a equação (21) de Bernoulli é novamente aplicada para determinar a pressão em que a água sairá do tanque para o reservatório, a partir da altura da coluna d'água do mesmo e sem perdas de carga.

$$101,325 + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 1,73 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 0$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 103,055 \text{ Pa}$$

Para o armazenamento dos produtos químicos, a NBR 12.216/92 exige que o sistema contenha uma casa de química, edificação essa que já existe no local de estudo, com largura de 2,0 m e comprimento de 1,0 m, com aberturas nas paredes para ventilação. A norma também orienta que ocorra a ventilação forçada, porém, não há energia elétrica disponível para atender essa exigência e a quantidade de produto não representa riscos à saúde e ao meio ambiente.

4.2.8 Reservatório

O sistema de tratamento de água para abastecimento público conta com um reservatório dimensionado para atender a população que receberá água devidamente tratada. A comunidade rural do Mundo Novo do Saquarema sofre com a falta dessa estrutura, pois atualmente recebem água diretamente do tanque de cloração, que não reserva a quantidade de água necessária para abastecer todas as residências ao longo do dia.

Com a projeção de crescimento populacional da referida comunidade, em um horizonte de projeto para 30 anos, a demanda hídrica é de 165 m³/dia, que determina o volume mínimo que o reservatório deverá comportar, utilizando a equação (36).

$$V_R = 165 \text{ m}^3$$

A partir do valor calculado, a dimensão que atende os critérios é de largura igual à 5,0 m, comprimento de 8,50 m e altura de 4,40 m, considerando uma borda de 0,50 m, ou seja, a coluna d'água será de 3,90 m, atendendo a demanda.

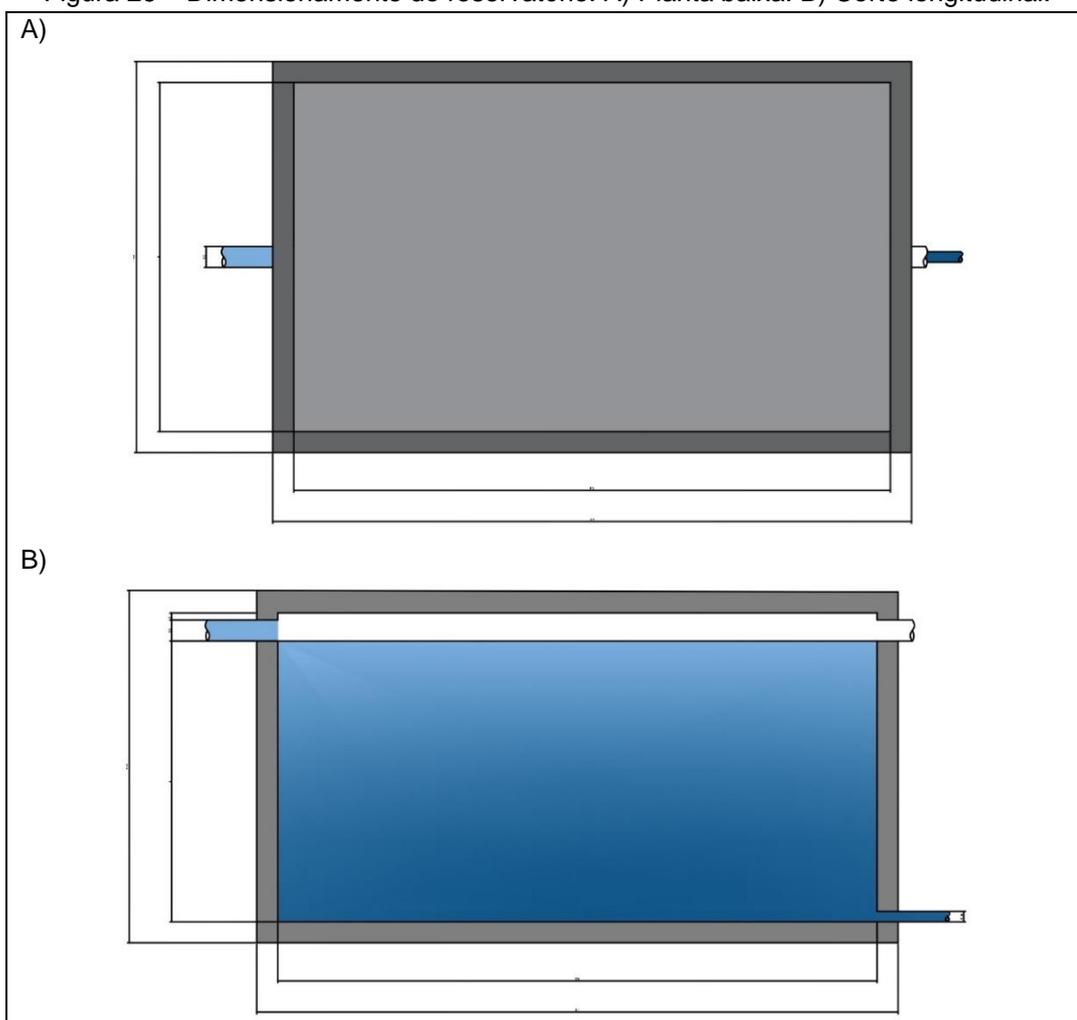
A estrutura do reservatório deve ser disposta de acordo com a altura do tanque de cloração, isso pelo dimensionamento do projeto ter sido calculado utilizando a gravidade, sem bombeamento por não ter disponibilidade de energia elétrica na região. Portanto, a área superior ficará no mesmo nível da saída tanque, necessitando de terraplanagem para disposição de aproximadamente 4,0 m abaixo da superfície do solo.

Para garantir a distribuição de água em todas as residências, mais uma vez foi aplicada a equação (21) de Bernoulli, que resultou em uma pressão considerável. O dimensionamento pode ser observado na figura 26.

$$103,055 + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 4 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} + 0$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 107,055 \text{ Pa}$$

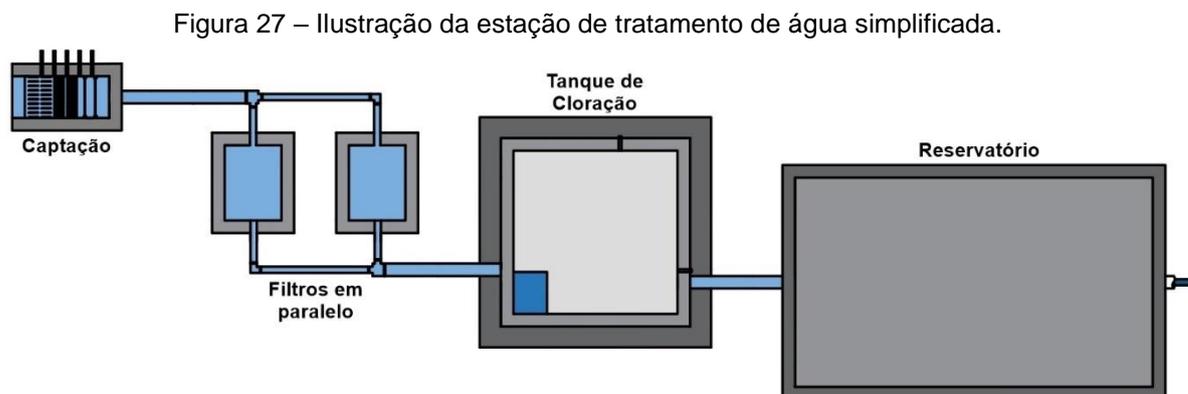
Figura 26 – Dimensionamento do reservatório. A) Planta baixa. B) Corte longitudinal.



5 DISCUSSÕES

As análises físico-químicas e biológicas foram essenciais para classificar a água e determinar o sistema adequado para atender com eficiência as necessidades e demandas dos moradores da comunidade rural Mundo Novo do Saquarema, no município de Morretes-PR. Além da cooperação da diretoria da APRUMUS em auxiliar nas coletas de dados dos moradores e das amostras de água.

O dimensionamento da estação de tratamento de água simplificada foi calculado atendendo todas as legislações pertinentes. Para visualizar a disposição dos sistemas, a figura 27 ilustra de forma representativa a sequência da captação, filtros, tanque de cloração e reservatório.



Considerando a execução deste projeto, foram quantificados os materiais de acordo com as áreas, volumes, distâncias dos diferentes sistemas que compõe a ETA dimensionada e a mão-de-obra, bem como seus respectivos valores e características, de acordo com orçamentos realizados junto à empresas da área, dispostos no APÊNDICE IV.

6 CONCLUSÃO

A defasagem do projeto implantado há anos, que ainda opera sem nenhuma melhoria, e o crescimento populacional, bem como estabelecimentos que utilizam água para suas atividades diárias, desencadeou uma série de problemas na qualidade e quantidade de água que abastece a região. Foram necessárias coletas de dados atuais dos moradores, de amostras de água e análises em laboratório, que comprovaram a importância do dimensionamento de uma ETA simplificada na comunidade rural do Mundo Novo do Saquarema, no município de Morretes – PR, com a finalidade de atender a demanda da população e seus direitos ao saneamento básico.

Este trabalho vem subsidiar os órgãos públicos para garantir a qualidade de vida dos habitantes e, dessa forma, reduzir doenças causadas por contaminação natural da água por microrganismos e gastos com o setor de saúde. Tendo em vista as medidas compensatórias, instituições privadas também podem investir na execução desse sistema por caracterizar benefícios à população e ao meio ambiente.

Para manter a potabilidade da água, é recomendável que a APRUMUS busque orientações de especialistas e capacite os funcionários responsáveis pela operação e manutenção do sistema, com finalidade de cumprir todas as obrigações legais e regulatórias relacionadas ao abastecimento público.

Apesar do local de estudo estar inserido em meio à Mata Atlântica, a SANEPAR já executou uma obra de canalização em parceria com a APRUMUS no ano de 2007, deixando a área disponível para a execução deste projeto sem necessidade de suprimir qualquer espécie. Por isso, dispensa autorização do IAT quanto a essa atividade, entretanto, deve-se considerar o uso do recurso hídrico, solicitando à mesma instituição a outorga para seu uso, mesmo sendo destinado ao abastecimento de água para a população.

Por fim, este trabalho atende todas as normas nacionais, estaduais e municipais, além dos cálculos para um dimensionamento simplificado e de baixo custo comparado aos inúmeros benefícios para a população, tornando-o eficiente e acessível para assegurar a potabilidade da água para consumo humano, respeitando os direitos ao saneamento básico previstos na Constituição brasileira de 1988.

7 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.649: Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.213: Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.216: Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1992.

BAPTISTA, Márcio Benedito; LARA, Márcia. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003. 471 p.

BARRETO, D. **Perfil do Consumo Residencial e Uso Finais da Água**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília – DF: Senado Federal, 2020. p. 496. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 18 de maio de 2023.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. **Resolução nº 357, 17 de Março de 2005**. Ministério do Meio Ambiente.

CAVALCANTE, C. A. M. T.; FONTES, C. H. O.; FERREIRA, A. M. S.; FERREIRA, P. I. S.; VIEIRA, L. S. **Reconhecimento de Padrões de Consumo Diário de Água**. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BR. p. 13. Out/2013

Cloro em Pastilha. **Hidro TR Soluções em Tratamento de Água**. Nova Lima – MG. Disponível em < <https://www.hidrotr.com.br/cloro-em-pastilha>> Acesso em 16 de junho de 2023.

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; **Topografia: altimetria**. 3. ed. Viçosa, MG. Editora UFV, 2010. 200 p.

Dados Meteorológicos Históricos e Atuais. **Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná**. Disponível em <<https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Dados-meteorologicos-Historicos-e-Atuais>>. Acesso em 29 de Abril de 2022.

Dosador de Cloro por Gravidade. **Hydro Solo Ambiental**. Ribeirão Preto – SP. Disponível em <<https://www.hydro-solo.com.br/dosador-cloro-gravidade>>. Acesso em 16 de junho de 2023.

GUIDI, J. M. M. **Análise da Variação Do Consumo de Água Utilizando Dados Obtidos por Sistemas Remotos Estudo de Caso: Município de Franca – SP**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Franca – SP. p. 15. 2017.

HOWE, Kerry J. et al. **Principles of water treatment**. 1. ed. Editora John Wiley & Sons, 2012. 672 p.

Júnior, L. F. C., Sulzbach, M. T. **Diagnóstico Socioeconômico do Município de Morretes - Paraná**. (2012). 24 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná, Paraná. Disponível em <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/41218/Luis%20Fernando%20da%20Costa%20Junior.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 28 de Abril de 2022.

MANFREDI, S. M. **Trabalho, Qualificação e Competência Profissional – das Dimensões Conceituais e Políticas**. Educação & Sociedade. Campinas – SP. v.19, n.64, p.15. Set/1998.

Mapa Topográfico. **Topographic Map**. Disponível em <<https://pt-br.topographic-map.com/maps/fqih/Morretes/>>. Acesso em 28 de Abril de 2022.

MEYER, S.T. **O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública**. (1994). p. 99-110. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro. Disponível em <<https://www.scielo.br>

/j/csp/a/pQy9fHxmbtW7Jx7BkxNjttp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 29 de Abril de 2022.

Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria** nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília, 2011.

Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria de Consolidação** nº 5, de 28 de setembro de 2017. Brasília, 2017.

Ministério da Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Cloro Simplificado Desenvolvido pela FUNASA.** Fundação Nacional da Saúde. 1º ed. p. 40. Brasília, 2014.

Ministério da Saúde. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Fundação Nacional da Saúde. p. 25. Brasília, 2016.

Morretes. IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Brasília – DF. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/morretes/panorama>>. Acesso em 28 de abril de 2022.

Morretes, Paraná. **Marco Legal do Saneamento.** Instituto Água e Saneamento. Disponível em: <<https://aguaesaneamento.shinyapps.io/painel-marco-legal/#section-cobertura>>. Acesso em 25 de maio de 2023.

Morretes (PR). **Municípios e Saneamento.** Instituto Água e Saneamento. Disponível em: <<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/pr/morretes>>. Acesso em 25 de maio de 2023.

NASCIMENTO, P. H. L. **Dimensionamento de Filtros Rápidos por Gravidade de uma Estação de Tratamento de Água de Ciclo Completo.** 2019. p. 47. Trabalho de Conclusão de Curso pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2019.

NETTO, Azevedo; Y FERNÁNDEZ, Miguel Fernández. **Manual de hidráulica**. 9. ed. Editora Blucher, 2018. 632 p.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Uma Contribuição Empírica para Geração de Métodos de Planejamento e Gestão**. 2010. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, v.47, n.4., p.699-714, out./nov./dez. 2012.

Organização das Nações Unidas. **Mais de 4,2 Bilhões de Pessoas Vivem Sem Acesso a Saneamento Básico**. Nova Iorque: ONU, 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/101526-mais-de-42-bilh%C3%B5es-de-pessoas-vivem-sem-acesso-saneamento-b%C3%A1sico>>. Acesso em 26 de maio de 2023.

Outorga de Recursos Hídricos. **Instituto Água e Terra**. Disponível em: <<https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Outorga-de-Recursos-Hidricos>>. Acesso em 15 de junho de 2023.

Outorga dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos. **Agência Nacional das Águas**. Brasília – DF. p. 80. 2019.

Pastilhas de Cloro. **Fast Filtros Purificação de Água**. São Paulo – SP. Disponível em <<https://www.fastfiltros.com.br/balde-14-kg-pastilhas-tablete-cloro-hypocal-consumo-humano->>>. Acesso em 16 de junho de 2023.

Pilotto. I.R. **Características do Consumo de Água em uma Propriedade Rural: Estudo de Caso no Município de Orleans/SC**. (2015). 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/160101/TCC%202015-1%20Isabel%20Rangel%20Pilotto.pdf?sequence=1>>. Acesso em 28 de Abril de 2022.

PITERMAN, A.; GRECO, R.M. **A Água e Seus Caminhos e Descaminhos Entre os Povos**. Revista APS. (2005). 29p. Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais. Disponível em <<https://www.ufjf.br/nates/files/2009/12/agua.pdf>>. Acesso em 28 de Abril de 2022.

Por Que Eu Devo Ter Uma Caixa D'Água. **Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá**. Disponível em <<https://saeg.net.br/por-que-eu-devo-ter-uma-caixa-dagua/>>. Acesso em 29 de Abril de 2022.

PORTO, Rodrigo de Melo et al. **Hidráulica básica**. 4. ed. São Carlos: Eesc-USP, 2006. 519 p.

SECKLER, Sidney. **Tratamento de Água: Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento—Um Guia Prático para Alunos e Profissionais**. 1. ed. Editora Elsevier Brasil, 2017. 472 p.

Série Histórica. SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Brasília – DF. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em 30 de maio de 2023.

SHAMMAS, Nazih K.; WANG, Lawrence K. **Abastecimento de água e remoção de resíduos**. 3. ed. Livros Tecnicos e Cientificos Editora Ltda (LTC), Grupo Editorial Nacional (GEN), www.grupogen.com.br, 2013. 751 p.

ROSA, R. V. S. **Dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Água de Ciclo Completo para Abastecimento da Cidade de Campo Florido**. 2018. p. 97. Trabalho de Conclusão de Curso pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2018.

APÊNDICE I

FICHA PARA CADASTRO DE MORADORES Mundo Novo do Saquarema - Morretes/PR

Nome Completo do(a) Proprietário(a): _____
(Usar letra de FORMA)

RG: _____-____	Celular: ()
CPF: _____-____	E-mail: _____
Data de nascimento: ____/____/____	

Demais moradores da residência: _____ **Idade (anos)**

Nome Completo	Parentesco	-02 02-10 11-17 18-59 60+
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Sua família possui quantas residências na comunidade com cavalete operando? 1 2 3 4 5

Possui caixa d'água? Sim Não
Se sim, qual o volume? _____

A residência possui piscina? Sim Não
Se sim, qual o volume? _____

Sua família consome mais água no período da:
 Manhã Tarde Noite

A ÁGUA TRATADA É USADA PARA:

	Sim	Não
Beber?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cozinhar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irrigação de lavoura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lavar automóveis?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lavar roupas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jardinagem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chuveiro e sanitário?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abastecer criações?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outros:		

É sua principal residência?
 Sim Não

Se não, quantas vezes frequenta?
 1x semana 2x sem. 3x sem.
 1x mês 2x mês 3x mês

Recebe visitas com frequência?
 Sim Não

Se sim, quantas vezes?
 1x semana 2x sem. 3x sem.
 1x mês 2x mês 3x mês

Sua residência possui comércio?
 Sim Não

Se sim, utiliza água tratada?
 Sim Não

Sua família sabe como é feito o tratamento da água na comunidade?
 Sim Não

Qual nota para a qualidade da água:
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Qual seu grau de escolaridade?

Fundamental I Fundamental II Médio Superior Incompleto Superior Completo

SUGESTÕES: _____

Obs: Se possuir mais de uma caixa d'água, informar a soma dos volumes;
 Se possuir mais de uma residência, informar a soma dos volumes;
 Qualidade da água: 1 - péssima; 10 - excelente

APÊNDICE II

TRECHO	ESTRADA PRINCIPAL			
	H RÉ	H VANTE	D RÉ	D VANTE
1	1,376	1,796	20,64	22,04
2	1,744	1,207	30,46	32,22
3	1,557	1,363	29,77	30,2
4	1,631	1,297	31	29,58
5	1,486	1,281	30,53	31,71
6	1,641	1,331	30,45	28,12
7	1,615	1,374	30,99	29,83
8	1,542	1,112	30,94	27,4
9	1,598	1,36	31,11	27,75
10	1,679	1,161	31,28	29,69
11	1,52	1,155	31,27	32,97
12	1,658	1,381	30,97	27,58
13	1,263	1,34	30,55	27,14
14	1,646	1,215	30,31	28,21
15	1,913	1,293	31,64	29,78
16	1,691	1,297	31	27,71
17	1,608	1,241	31,39	27,89
18	1,716	1,298	30,88	30,41
19	1,474	1,608	30,7	32,16
20	1,647	1,261	31,13	28,17
21	1,595	1,33	31,38	27,87
22	1,494	0,885	29,83	31,86
23	1,491	1,301	29,76	30,57
24	1,49	1,329	30,66	27,76
25	1,698	1,072	29,75	31,24
26	1,838	1,327	29,25	33,3
27	1,353	1,147	29,56	34,71
28	1,67	1,611	30,69	28,36
29	1,57	0,933	29,88	29,1
30	2,052	1,319	30,25	34,09
31	1,628	1,276	30,59	30,78
32	1,569	1,227	30,34	29,54
33	2,176	0,966	30,85	29,03
34	1,629	1,124	30,84	29,09
35	1,782	1,076	30,07	29,13
36	2,196	1,213	30,41	30,7
37	2,015	1,124	30,12	29,1
38	2,358	1,059	32,1	28,02
39	1,885	0,906	30,96	27,73
40	2,248	0,533	29,69	28,49
41	3,645	0,532	27,75	24,43
42	2,756	0,622	31,56	34,81
43	2,718	0,634	31,82	27,97
44	2,757	0,235	31,97	31,24
45	3,022	0,299	16,61	9,9
46	2,782	0,276	9,49	8,7

APÊNDICE III

CAPTAÇÃO DA ÁGUA				
TRECHO	H RÉ	H VANTE	D RÉ	D VANTE
1	1,668	1,202	19,5	16,19
2	2,322	0,249	10,19	8,02
3	1,386	1,533	15,72	15,6
4	1,64	0,311	17,77	16,58
5	2,33	0,371	10,39	12,7
6	2,255	0,358	12,12	12,83
7	2,001	0,18	11,75	8,3
8	2,465	0,533	9,47	8,9
9	2,413	0,499	13,78	10,54
10	2,902	0,146	14,5	7,19
11	2,476	2,35	11,99	16,49
12	0,902	1,127	13,53	12,86
13	2,034	0,732	9,55	10,11
14	2,442	0,174	10,73	7,85
15	0,231	1,786	14,3	20,21
ESTRADA DE SERVIDÃO 1				
TRECHO	H RÉ	H VANTE	D RÉ	D VANTE
1	0,885	1,832	14,52	24,56
2	1,334	0,681	32,59	21,66
3	1,596	4,59	27,1	5,68
4	2,201	0,102	10,55	14,03
ESTRADA DE SERVIDÃO 2				
TRECHO	H RÉ	H VANTE	D RÉ	D VANTE
1	2,09	1,889	33,39	23,59
2	1,962	0,387	24,59	20,45
3	3,4	0,176	20,87	8,91
ESTRADA DE SERVIDÃO 3				
TRECHO	H RÉ	H VANTE	D RÉ	D VANTE
1	1,748	0,253	16,19	9,17
2	2770	0,168	9,54	11,6
3	2,877	0,105	12,51	8,23
ESTRADA DE SERVIDÃO 4				
TRECHO	H RÉ	H VANTE	D RÉ	D VANTE
1	1,464	1,733	18,73	22,44
2	1,516	0,926	25,5	25,84
3	1,174	0,977	26,23	27,41
4	1,567	2,911	29,94	27,81
5	2,011	0,302	20,06	18,79

APÊNDICE IV

MATERIAIS	CAIXA DE CAPTAÇÃO		2 FILTROS		RESERVATÓRIO	
	QUANTIDADE	VALOR	QUANTIDADE	VALOR	QUANTIDADE	VALOR
TIJOLO 6 FUROS	1.000 un	R\$ 820,00	3.000 un	R\$ 2.460,00	7.500 un	R\$ 6.150,00
CIMENTO	12 sacos	R\$ 441,60	82 sacos	R\$ 3.017,60	135 sacos	R\$ 4.968,00
AREIA MÉDIA	113 sacos de 20 kg	R\$ 706,25	760 sacos de 20 kg	R\$ 4.750,00	1.240 sacos de 20 kg	R\$ 7.750,00
BRITA Nº 1	120 sacos de 20 kg	R\$ 750,00	810 sacos de 20 kg	R\$ 5.062,50	1.320 sacos de 20 kg	R\$ 8.250,00
TOTAL		R\$ 2.717,85		R\$ 15.290,10		R\$ 27.118,00
		QUANTIDADE		VALOR		
BARRAS DE FERRO 10mm	300 metros/25 barras		R\$ 1.530,00			
VÁLVULAS 3"	6 unidades		R\$ 3.600,00			
CANO PVC 100mm	1000 metros/170 canos		R\$ 18.064,20			
LUVAS PVC 100mm	170 unidades		R\$ 1.208,70			
JOELHO 100mm	50 unidades		R\$ 445,50			
TUBO DRENO 100mm	50 metros/9 tubos		R\$ 3.528,27			
TOTAL					R\$ 28.376,67	
VALOR TOTAL DOS MATERIAIS					R\$ 73.502,62	

MÃO-DE-OBRA		
CAIXA DE CAPTAÇÃO	2 FILTROS	RESERVATÓRIO
R\$ 1.400,00	R\$ 16.800,00	R\$ 29.750,00
VALOR TOTAL		R\$ 47.950,00

VALOR TOTAL DA OBRA – R\$ 121.452,62