UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE BOQUEIRÃO DO LEÃO/RS

Nain Bianchini Schena

Lajeado/RS, novembro de 2021

Nain Bianchini Schena

DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE BOQUEIRÃO DO LEÃO/RS

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Marcelo Luis Kronbauer.

Lajeado/RS, novembro de 2021

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo detalhado de uma rede de abastecimento de água proveniente de uma fonte alternativa, localizada na zona rural do município de Boqueirão do Leão. O aumento da demanda de água na região e a expansão da rede podem acarretar em problemas nas vazões e pressões no sistema de rede de abastecimento. A rede escolhida para o estudo é gerenciada pela associação hídrica de Linha Araçá - Irerê, que abastece as comunidades de Linha Araçá, Alto Irerê, somando um número de 63 famílias associadas. O objetivo principal deste trabalho é mapear e diagnosticar a rede existente. Para a realização deste trabalho foram realizadas visitas às localidades e moradias atendidas pela associação, coletando coordenadas com a utilização do aplicativo GeoTracker para realização do mapeamento, dados de consumo e localização da rede, a fim de avaliar o sistema, buscando soluções através de simulações no software Epanet 2.0. Os resultados apresentaram velocidades de fluxo muito abaixo do mínimo exigido, além de pressões ineficientes em vários trechos da rede de abastecimento. As propostas de melhoria apresentadas sugerem a elevação do reservatório, entretanto nas simulações realizadas, a mesma não se mostrou eficiente para todos os pontos do sistema, sendo indicada a instalação de VRPs e pressurizadores em pontos específicos, como uma alternativa mais viável.

Palavras-chave: Abastecimento de água. Diagnóstico de rede. Mapeamento de rede. Rede de abastecimento em zona rural.

ABSTRACT

This paper presents a detailed study of a water supply network from an alternative source, located in the rural area of the municipality of Boqueirão do Leão. and pressures on the supply network system. The network chosen for the study is managed by the water association of Linha Araçá - Irerê, which supplies communities in Linha Araçá, Alto Irerê, totaling 63 associated families. The main objective of this work is to map and diagnose the existing network. To carry out this work, visits were made to the locations and houses served by the association, collecting results to carry out mapping using the GeoTracker application, consumption data and network location, in order to evaluate the system, seeking solutions through simulations in the Epanet 2.0 software. The aggregate results in flow far below the minimum required, in addition to inefficient pressures in various stretches of the supply network. The proposals to improve the improvement of the elevation of the reservoir, however, in the simulations carried out, it is not efficient for all points of the system, being attributed the installation of VRPs and pressurizers in specific points, as a more viable alternative.

Keywords: Water supply, Network diagnostics. Network mapping, rural supply network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aquífero Livre e Confinado 17
Figura 2 – Classificação dos reservatórios de acordo com a posição no terreno 20
Figura 3 – Rede Ramificada 21
Figura 4 – Rede malhada 21
Figura 5 – Rede mista 22
Figura 6 – Mapa de localização de Boqueirão do Leão 25
Figura 7 – Localização da área de estudo 26
Figura 8 – Curva de vazão x altura da bomba de captação 33
Figura 9 – Poço artesiano que abastece a rede de água 34
Figura 10 – Situação do poço artesiano 35
Figura 11 – Situação do reservatório 36
Figura 12 – Situação da rede de abastecimento de água 39
Figura 13 – Velocidade e Pressão nos trechos com elevação do reservatório 42
Figura 14 – Cotas dos trechos após elevação do reservatório 42
Figura 15 – Pressões na rede atual com instalação das VRPs 45
Figura 16 – Hidrômetro para o reservatório 47
Figura 17 – Modelo de pressurizador sugerido para a rede 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões da rede de abastecimento 367
Tabela 2 – Resultados da rede de abastecimento de água 38
Tabela 3 – Velocidades e pressões por nós obtidos no Epanet 2.0 43
Tabela 4 – Resultados da planilha com elevação do reservatório 44
Tabela 5 – Orçamento dos materiais para elevação do reservatório 46
Tabela 6 – Orçamento de serviços para elevação do reservatório 46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
1.1 Objetivos 9
1.1.1 Objetivos Gerais 9
1.1.2 Objetivos específicos 9
1.2 Justificativa 9
2 REVISÃO TEÓRICA 11
2.1 Saneamento 11

2.2 Saneamento básico no Brasil 12
2.3 Abastecimento de água nas zonas rurais 14
2.4 Sistemas de abastecimento de água 16
2.4.1 Manancial 16
2.4.2 Captação 18
2.4.3 Adução 19
2.4.4 Desinfecção da água 19
2.4.5 Reservatório 20
2.4.6 Rede de Distribuição 21
2.5 Simulações Hidráulicas 23

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 25
3.1 Caracterização da área de estudo 25
3.2 Levantamento de dados 26
3.3 Mapeamento da rede de abastecimento de água 27
3.4 Dimensionamento da rede de abastecimento de água 27
3.5 Simulações no Software Epanet 2.0 30

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 31
4.1 Manancial e poço artesiano 31
4.2 Reservatório 34
4.3 Diagnóstico da rede de distribuição de água 36
4.4 Melhorias indicadas para o sistema de abastecimento 39
4.4.1 Elevação do reservatório 39
4.4.2 Instalação de válvulas redutoras de pressão e pressurizadores sem elevação do reservatório 43
4.4.3 Custos aproximados das melhorias com elevação do reservatório 44
4.4.4 Custos aproximados das melhorias sem elevação do reservatório 47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 48
REFERÊNCIAS 50

APÊNDICES 54

APÊNDICE A – MAPA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO 55

APÊNDICE B – PLANILHA DE SITUAÇÃO 57

APÊNDICE C – ELEVAÇÃO DO RESERVATÓRIO 60

1 INTRODUÇÃO

Como sabemos, a água é essencial ao bem estar dos seres vivos e mais ainda à vida, entretanto, quando utilizada com qualidades inapropriadas pode significar problemas à saúde humana. Assim sendo, melhorar as condições de abastecimento da população, significa uma grande melhoria na saúde da mesma (BARCELLOS, 2006).

No decorrer da história da humanidade, as necessidades do uso de água foram se tornando mais diversificadas e complexas, exigindo assim, mais tecnologia e mais segurança no abastecimento, e também como consequência, uma maior quantidade de água (SILVA, 1998). A Organização Mundial da Saúde estima que são necessários entre 50 e 100 litros de água por pessoa por dia, para garantir as necessidades básicas de cada um, entretanto, grande parte da população apresenta problemas relacionados ao acesso a água limpa.

Neste cenário, observa-se a importância do diagnóstico do uso da água e o conhecimento das pessoas nessas áreas, uma vez que as mesmas possuem menor acesso ao abastecimento e saneamento e também pela presença de atividades que causam grande impacto ambiental, como por exemplo, o uso de agrotóxicos, que podem acabar impactando nos mananciais utilizados para o abastecimento (DERISIO, 2015).

O abastecimento de água em uma comunidade rural geralmente é composto através de associações que contemplam soluções individuais, soluções alternativas e sistemas de redes de abastecimento. A junção dessas alternativas é essencial para garantir o acesso de toda a população ao abastecimento de água (HELLER, 2006). Entretanto, as redes de abastecimento de água situadas nas zonas rurais por

vezes são precárias, não apresentando nenhum tipo de controle e nenhum projeto de dimensionamento.

Nesse sentido, este estudo apresenta o mapeamento e dimensionamento de uma rede de abastecimento de água localizada na área rural do município de Boqueirão do Leão, realizando um diagnóstico da mesma utilizando planilhas e softwares, além de dados obtidos através de visitas às comunidades com abrangência da rede.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho tem por objetivo diagnosticar e apresentar proposta de solução para eventuais problemas relacionados ao abastecimento de água nas localidades de Linha Araçá e Alto Irerê, na área rural do município de Boqueirão do Leão, no estado do Rio Grande do Sul.

1.1.2 Objetivos específicos

a) realizar uma análise do sistema de abastecimento de água presente na área;
b) mapear a rede de distribuição existente na área selecionada para o estudo;
c) verificar a eficiência do dimensionamento de rede existente, quanto às vazões e pressões do sistema;
d) presentar proposta de solução para eventuais problemas encontrados no abastecimento na área do estudo.

1.2 Justificativa

A justificativa do presente trabalho se deve a necessidade de uma comunidade no interior do município de Boqueirão do Leão - RS, que apresenta falta de recursos de água potável, tendo que instalar uma rede de distribuição proveniente de poço de outra comunidade, o que torna a rede extensa e propensa a alguns problemas de perda de carga e deficiência nas vazões e pressões, tornando o diagnóstico da rede importante para a manutenção e o bom funcionamento da

mesma. A comunidade em questão possuía rede proveniente de poço artesiano próprio, que acabou secando, a opção então foi criar a sociedade hídrica juntamente com a comunidade vizinha, buscando fornecer água potável para 63 famílias da região.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Saneamento

Define-se Saneamento como um conjunto de medidas que busca melhorar a saúde e prevenir doenças, melhorando a qualidade de vida dos indivíduos do planeta. A Organização Nacional da Saúde define saneamento como um conjunto de ações socioeconômicas com o objetivo de alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição de resíduos, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural. (OMS, 2004)

De acordo com a Lei nº. 11.445 de 2007, o saneamento básico consiste em um conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A origem do saneamento data da antiguidade. Com a percepção de que a água suja e o acúmulo dos excrementos e resíduos poderiam causar doenças, surge a necessidade de criar técnicas para a obtenção de água limpa e destinação dos resíduos gerados, exemplo disso são as redes de esgoto na Antiga Babilônia datadas de 3.750 a.C. e redes de água na Assiria de 690 a.C (CAVINATTO, 2003).

As técnicas desenvolvidas variavam de acordo com as regiões. Na antiga Roma, algumas ruas que apresentavam encanamento serviam de fonte pública para a população. Os Egípcios utilizavam o Rio Nilo para irrigação e utilizaram tubos de cobre para encanar água para o palácio do Faraó Keóps. O império Romano foi a

primeira grande civilização a se preocupar com saneamento, construíram reservatórios, criaram aquedutos, banheiros públicos conhecidos como parlatórios, e nomearam um Superintendente de águas de Roma, tudo isso em 312 a.C (BARROS, 2014).

Após esse período, com a queda de Roma, temos a chegada da Idade Média e um retrocesso no saneamento básico. O abastecimento de água deixa de ser responsabilidade do governo e passa a ser dos cidadãos enquanto o conhecimento das técnicas romanas permanece arquivado em monastérios. Esse foi um período de grandes epidemias, derivadas da falta de saneamento, a maior delas a de peste bubônica, que vitimou grande parte da população europeia (CAVINATTO, 2003).

No final do século XV a distribuição de água em Paris era feita através de canalizações e controladas pelo município. Pouco depois, esse sistema foi incrementado com a criação de canos de ferro fundido e a invenção da bomba centrífuga e do vaso sanitário (CAVINATTO, 2003).

Com a chegada da revolução industrial e o crescimento dos centros urbanos no final século XVIII, tornou-se necessária a criação de um sistema de água e esgoto que suportasse o desenvolvimento gerado. Em 1829 foi construída a primeira estação de tratamento de água em Londres, e na França foram criadas as primeiras leis proibindo o lançamento de resíduos nos rios (BARROS, 2014).

2.2 Saneamento básico no Brasil

A história do saneamento no Brasil começa em 1561, com a escavação do primeiro poço para abastecer a cidade do Rio de Janeiro. Segundo Cavinatto (2003), era visível na chegada dos portugueses a boa qualidade da saúde do povo indígena, o que foi modificado com a chegada dos europeus e africanos, que trouxeram com eles doenças que se espalharam rapidamente pelo país. Foram construídos fontes e chafarizes em praças públicas, que serviam de recurso para a população, sendo a distribuição feita por escravos.

A chegada da Família Real portuguesa em 1808 trouxe avanço no saneamento. Os portos passaram a ser fiscalizados evitando a entrada de doenças e também foram implantadas redes de coleta de água da chuva para abastecimento. Escravos recolhiam potes de fezes e os lavavam nos rios para que

fossem reutilizados, entre 1830 e 1840 ressurgiram as epidemias de cólera e tifo (CAVINATTO, 2003).

Após o termino da escravidão em 1888, sem contar com os escravos para abastecimento de água e limpeza das fezes, novas tecnologias em saneamento básico tiveram que ser buscadas. Baseado nisso, o diretor geral de saúde pública do governo federal, Oswaldo Cruz, iniciou em 1903, no Rio de Janeiro, a luta para erradicar as pandemias no território nacional (SAKER, 2007).

Em 1930, nos centros de todas as capitais já existiam sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos, na grande maioria obras de Saturnino de Brito, que é considerado o primeiro engenheiro sanitarista do país. A partir de 1950, com o incentivo ao desenvolvimento e a migração dos habitantes das áreas rurais para os centros urbanos, ocorreu o surgimento das periferias e favelas, sem qualquer sistema de saneamento, com grande geração de resíduos sem destinação adequada, o que acarretava na poluição dos recursos hídricos dessas áreas, tornando necessária a busca por abastecimento em regiões cada vez mais distantes (CAVINATTO, 2003).

Apenas em 1973 foi criado o plano de saneamento nacional, chamado de PLANASA, que tinha o objetivo de melhorar as condições de vida da população e incentivar obras de saneamento básico, e em 1981, foi criado a Política Nacional do Meio Ambiente, visando evitar danos aos recursos naturais através de leis mais severas. Entretanto, ainda hoje encontramos problemas relacionados ao abastecimento de água potável para a população, de coleta de lixo e tratamento de esgoto, uma vez que o crescimento na infraestrutura e incentivo público em saneamento nunca conseguiu acompanhar o ritmo de crescimento dos centros urbanos (SAKER, 2007).

No ano de 1992, aconteceu no Rio de Janeiro a ECO-92, onde foi criada a Agenda 21, que consistiu em um plano de ações globais com objetivos ambientais. Contudo, a Lei Nacional de Saneamento foi publicada no dia 5 de janeiro de 2007, sendo definida como Lei nº 11.445, definindo as diretrizes nacionais de saneamento, dividindo o mesmo em quatro itens:

a) abastecimento de água potável: formado pelas instalações necessárias pelo abastecimento, desde a captação da água, passando por toda

infraestrutura até chegar nos instrumentos medidores das ligações prediais;

b) drenagem e manejo de resíduos sólidos: é formado pelas instalações de operação de drenagem de águas pluviais urbanas, por toda infraestrutura, transporte, retenção ou detenção para amortecer vazões de cheias, tratamento e disposição final dessas águas que são drenadas em áreas urbanas;
c) esgotamento sanitário: é formado pelas instalações de operação para coleta, por toda infraestrutura, transporte e tratamento até que seja dada a disposição final dos esgotos sanitários a partir das ligações prediais até o lançamento ao meio ambiente;
d) manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana: é formado pelas instalações de operação de coleta, por toda a infraestrutura, transporte, tratamento e transbordo até a destinação final dos lixos domésticos, de limpeza de logradouros e de vias públicas.

Tendo em vista que o abastecimento de água é parte indispensável do saneamento, serão aprofundados no estudo as dificuldades encontradas para o abastecimento de água nas zonas rurais, além dos sistemas e componentes que fazem parte do mesmo.

2.3 Abastecimento de água nas zonas rurais

As zonas rurais são geralmente áreas mais isoladas, apresentando densidade demográfica menor quando comparadas aos centros urbanos. Nessas regiões há o predomínio das atividades da agricultura e pecuária, e o problema relacionado ao saneamento básico, que já é amplo na área das cidades, tende a ser maior nessas localidades.

De acordo com SILVA (2019), a construção de grandes redes de abastecimento de água nas áreas rurais se torna inviável, uma vez que a oferta deste serviço pelas grandes empresas privadas tem custos de implantação elevados, além do fato de haver uma grande dispersão das localidades e geralmente poder aquisitivo reduzido.

Assim sendo, nas áreas rurais o abastecimento de água geralmente é feito a partir de fontes alternativas de abastecimento. A Portaria de Consolidação Nº 5 de

28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, define sistema de abastecimento de água para consumo humano como “instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição”, e também define solução alternativa coletiva de abastecimento, sendo “modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição”.

No Brasil, segundo dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, em 2019, apenas 83,7% das residências nacionais continham rede de distribuição de água, considerando tanto a área urbana, quanto a área rural. Segundo a PNSB 2017 (2020), 5 517 Municípios brasileiros possuíam no mínimo uma executora com serviço de abastecimento de água por rede geral em funcionamento no ano de 2017, destes 93,5% captavam a água no próprio município. Em 33 deles, o serviço ainda estava sendo implantado por uma ou mais entidades, e em 68 esse serviço encontrava-se suspenso. Conforme observado, a paralisação dos serviços ocorre principalmente devido à seca, e se concentra na Região Nordeste do país.

Segundo dados do IBGE, na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios realizada em 2015, com relação ao abastecimento de água por rede de canalização, no Brasil, 93,9% dos domicílios urbanos apresentam cobertura desses serviços, enquanto na área rural esse número cai para 34,5%, sendo que 14,9% da população do Rio Grande do Sul residem na zona rural, e assim, acabam sofrendo com problemas relacionados à falta de acesso à água potável.

De acordo com o SNIS, analisando o painel de indicadores 2019, é possível verificar que 86,73% da população do Rio Grande do Sul tem acesso efetivo à rede de abastecimento de água. Já no município de Boqueirão do Leão, onde será realizado o referido trabalho, o percentual cai para apenas 21,79%.

CASALI (2008) relata que no Estado do Rio Grande do Sul 18,5% da população, principalmente da área rural, não tem acesso à rede de abastecimento de água, devido ao fato de apresentar um maior número de distritos que exploram as águas subterrâneas através de poços tubulares.

Nosso estado apresenta 1.147 distritos, dos quais 206 não apresentam rede de abastecimento de água. Dos 941 distritos que possuem rede de distribuição, 214 utilizam água superficial, 59 usam poço raso e 798 são abastecidos através de poço profundo. Destes 941 distritos, apenas 32,5% apresentam algum sistema de tratamento para a água utilizada no abastecimento, sendo a média nacional de 69,8% (CASALI, 2008).

As áreas rurais do presente estudo caracterizam-se pelo uso de fontes alternativas, mais especificamente, poços subterrâneos, para a resolução do problema do abastecimento de água visando atender a população e suas necessidades, a seguir será aprimorado o estudo sobre os sistemas de abastecimento de água e seus componentes.

2.4 Sistemas de abastecimento de água

Gomes (2004) define sistema de abastecimento de água como tudo que leva água que será utilizada para consumo, seja industrial ou residencial, entre outros usos, envolvendo todos os equipamentos, obras e serviços necessários para realização do abastecimento.

Podemos caracterizar o sistema de abastecimento de água pelos seguintes processos: captação, que consiste na retirada da água dos mananciais; tratamento, que consiste na adequação a qualidade necessária para consumo; armazenamento e distribuição. (PNSB, 2017).

2.4.1 Manancial

Denominam-se mananciais as reservas de água disponíveis na natureza. (CAVINATTO, 2003). Em um sistema de abastecimento de água, o manancial representa a fonte de água de onde é realizada a captação, e pode ser subterrâneo, superficial, ou ainda água da chuva (LÉO HELLER, 2006).

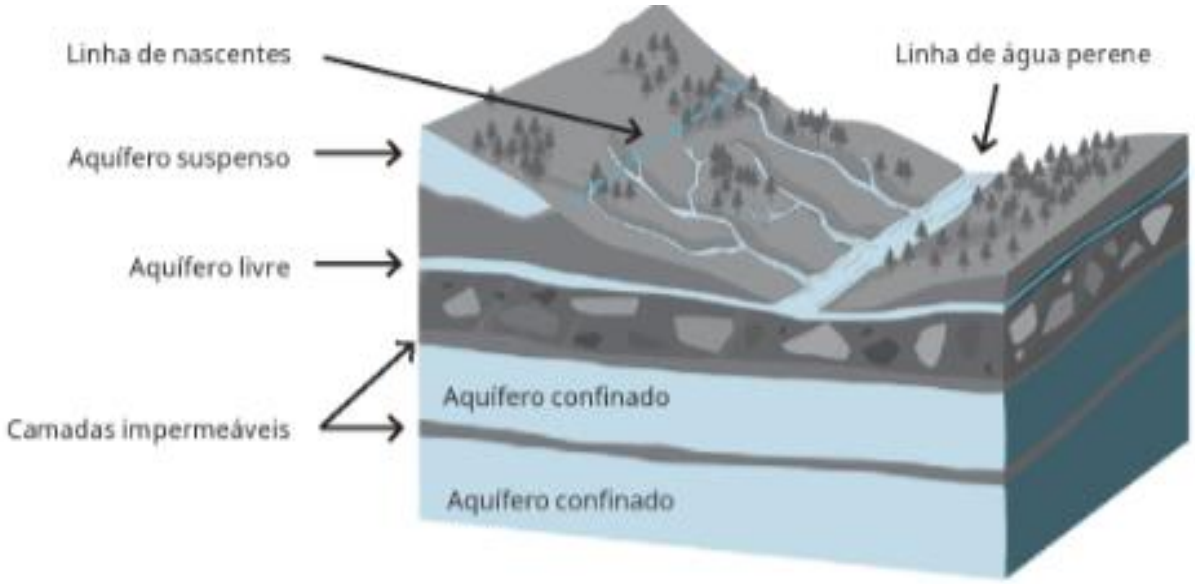
O manancial utilizado para abastecimento no presente estudo é classificado como subterrâneo, ficando localizado abaixo da superfície terrestre, sendo captado através de poço artesiano. As principais vantagens da utilização deste tipo de manancial é o baixo custo dos poços em relação aos de mananciais superficiais, bem como o fato de que geralmente á água subterrânea apresenta boa qualidade e

são renováveis, apresentando boa qualidade para consumo, sendo a intervenção humana o principal aspecto que afeta diretamente em sua qualidade e disponibilidade (GRAY, 1994).

De acordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017), a área do poço artesiano deve apresentar um perímetro de proteção sanitária que possa garantir as condições de segurança, disponibilidade de espaço e facilidades na superfície para instalação do poço.

Os aquíferos podem ser definidos como uma formação geológica que armazena água em seus espaços vazios, podendo ser livres ou freáticos, quando ficam localizados na primeira camada impermeável do solo e recebem pressão da atmosfera, ou ainda confinados, que se localizam abaixo de uma camada impermeável, perfurada na construção do poço artesiano ou poço tubular profundo (Figura 1). (SOARES, 2015).

Figura 1 – Aquífero Livre e Confinado



Fonte: Soares (2015).

Os mananciais subterrâneos se tornam uma fonte alternativa de abastecimento de água, principalmente nas áreas rurais, devido ao fato de que as águas superficiais costumam não apresentar qualidade para consumo, ou ainda poluição, principalmente causada pela ocupação desordenada e pela falta de planejamento em relação às bacias hidrográficas (CAPUCCI et al. 2001).

As águas subterrâneas são muito utilizadas para abastecimento, pois apresenta reservas renováveis, tornando difícil a sua extinção. Os mananciais podem abranger extensas áreas e fornecer água com boa qualidade sem a necessidade de tratamentos complexos, e também permitem reduzir a distância da área de captação até a utilização (FEITOSA et al., 2008).

2.4.2 Captação

A captação consiste nos equipamentos e estruturas necessárias para a remoção da água do manancial, com o intuito de disponibilizar a mesma para o processo do transporte. Pode ser feita de várias maneiras, e o seu projeto varia de acordo com a escolha da fonte de água (LÉO HELLER, 2006).

De acordo com a NBR 12213 (ABNT, 1992) deve ser realizado um estudo com as condições hidráulicas e geológicas do manancial a ser utilizado, e ainda da área ao seu entorno. Também devem ser analisados os eventuais focos poluidores e áreas sujeitas a inundação.

A captação da água é onde se inicia o sistema de abastecimento de água, quando feita a partir de um manancial de água subterrânea, buscando atender a demanda de água, faz-se necessária a perfuração de um poço tubular, considerado o meio mais eficiente e prático de se captar água subterrânea de uma formação aquífera (SILVA, 2019).

Ainda segundo SILVA (2019), um poço tubular nada mais é que um poço perfurado com a utilização de máquina perfuratriz, com alguns centímetros de abertura, revestido com canos de plástico ou ainda de metal. A regulamentação para a construção de poços de captação de água subterrânea é feita pela NBR 12244 (ABNT, 1990), que normatiza as condições de perfuração visando abastecimento público, sendo as obras realizadas por empresas com credenciamento junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) e com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da obra emitida pelo profissional responsável técnico.

2.4.3 Adução

A adução tem o objetivo de transportar a água entre todas as unidades de um sistema de abastecimento, podendo ser classificada como adutora de água bruta ou tratada, dependendo do tipo de água que transporta, ou ainda como recalque, conduto forçado pela gravidade, ou conduto livre, de acordo com suas características hidráulicas (LÉO HELLER, 2006).

Segundo MARTINS (2014) a adução pode ser feita através de canais e galerias, em superfícies livres e condutas em pressão, chamadas adutoras, podendo ser o escoamento através da gravidade ou ainda de bombeamento, sendo uma etapa de grande importância no sistema de abastecimento de água.

De acordo com Tsutiya (2006), as adutoras são as tubulações responsáveis por transportar a água entre os componentes do sistema que antecedem a rede distribuidora do sistema, interligando a captação com a estação de tratamento e o reservatório, não sendo responsável pela distribuição da água as economias.

Os parâmetros de projeto para a construção das adutoras são normatizados pela NBR 12215 (ABNT, 1991), que estipula a definição do trajeto das tubulações de acordo com a topografia do terreno, regulamenta a determinação da vazão e o dimensionamento da estrutura, e ainda define os elementos de segurança, manutenção e operação.

2.4.4 Desinfecção da água

Desinfecção da água é o processo que tem por finalidade eliminar os patógenos presentes na água que será utilizada para o abastecimento. O principal produto utilizado para realizar a desinfecção é o cloro, sendo importante o uso de dosadores para a adição dos produtos, devendo - se atentar para os limites mínimos de 0,2 mg/l de cloro residual livre, definidos pela Portaria de Consolidação n° 5, do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017.

De acordo com a mesma Portaria de Consolidação n° 5, do Ministério da Saúde aprovada em 28 de setembro de 2017, toda e qualquer água que será utilizada para consumo humano precisa passar pelo processo de desinfecção ou cloração.

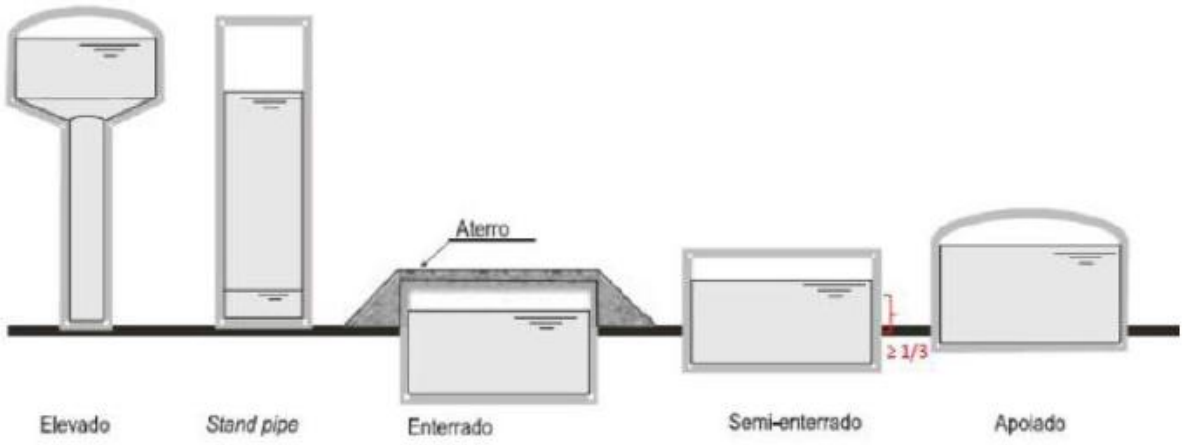
2.4.5 Reservatório

O principal objetivo das unidades de reservação é o acúmulo de água, visando atender as demandas em horários de pico de consumo, bem como situações de manutenção da rede, combate a incêndios e outras emergências. Também são importantes para a manutenção da pressão no sistema de distribuição e se bem planejados podem contribuir para a redução dos custos da rede de distribuição (Barros, 1995).

Segundo Léo Heller (2006), os reservatórios são utilizados para realizar a compensação entre a vazão de captação, que praticamente não tem variação, e a vazão de consumo, que varia de acordo com as necessidades da população abastecida.

Tsutiya (2005) classifica os reservatórios quanto à sua localização no sistema, podendo ser reservatórios de montante, jusante ou de posição intermediária, e ainda de acordo com a localização no terreno onde são instalados, podendo ser classificados como elevados, apoiados, enterrados e semienterrados, de acordo com Figura 2.

Figura 2 – Classificação dos reservatórios de acordo com a posição no terreno



Fonte: Tsutiya (2005).

A norma que regulamenta a construção dos reservatórios utilizados para abastecimento humano é a NBR 12217 (ABNT, 1994).

2.4.6 Rede de Distribuição

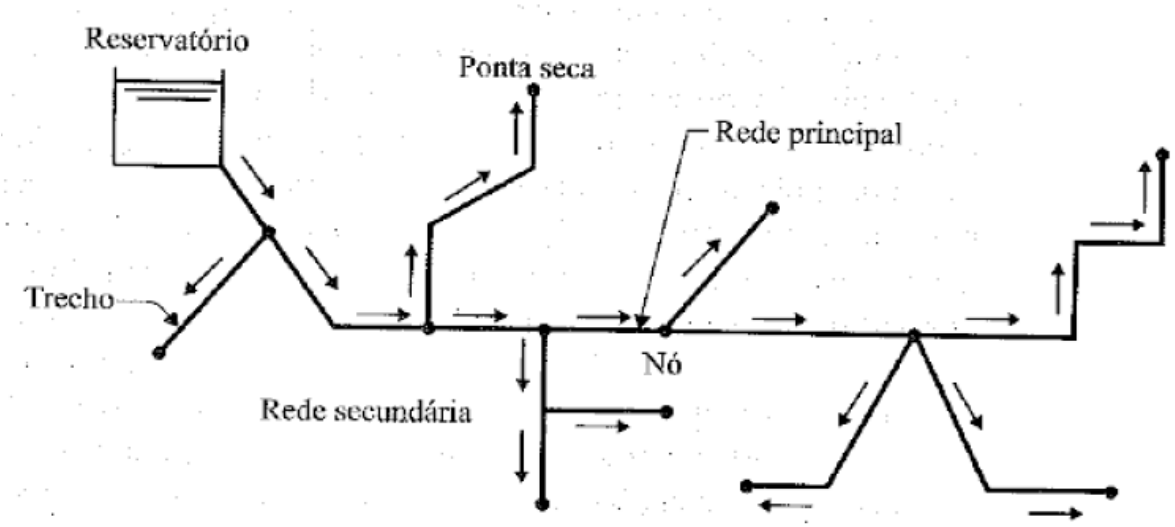
O último componente do sistema é chamado de rede de distribuição, composta das tubulações e peças especiais necessárias para levar a água tratada até as residências, instalações comerciais e até locais públicos. A rede de distribuição pode variar de complexidade de acordo com o porte, densidade demográfica e topografia da área de instalação (LÉO HELLER, 2006).

Segundo BRASIL (2006), a função da rede de distribuição é levar a água de abastecimento até os pontos de consumo. Existem dois principais tipos de condutos, os principais, chamados de troncos ou mestres, apresentam maior diâmetro e alimentam os condutos secundários, que são os tubos de menor diâmetro que alimentam os pontos de consumo.

Em relação a classificação, Tsutiya (2006) define as redes de distribuição como ramificadas, malhadas e mistas. A utilização de cada tipo de rede depende das características topográficas e da ocupação do local onde a rede será implantada.

a) Rede Ramificada: são formadas por uma tubulação principal e por tubulações secundárias com traçados em forma de “grelha ou espinha de peixe” (Figura 3).

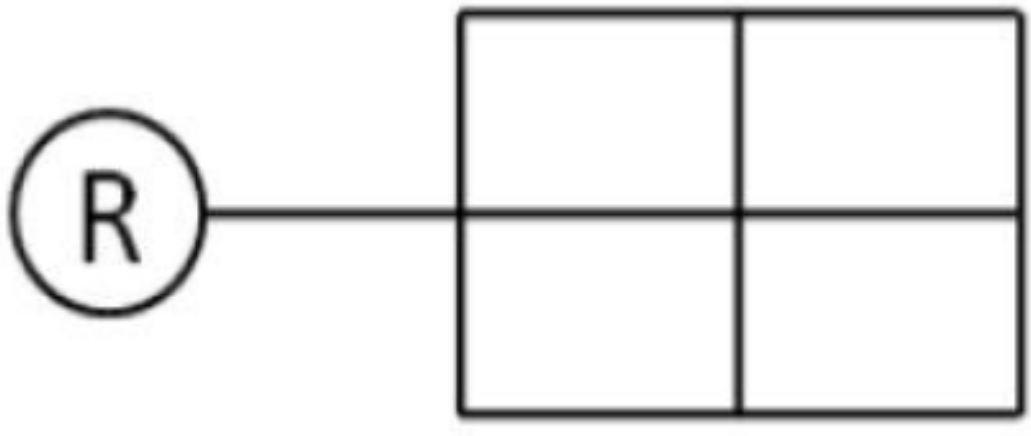
Figura 3 – Rede Ramificada



Fonte: Tsutiya (2006, p. 390).

b) Rede Malhada: apresenta uma tubulação principal de onde partem as tubulações secundárias que se intercomunicam, com traçados em forma de blocos ou anéis (Figura 4).

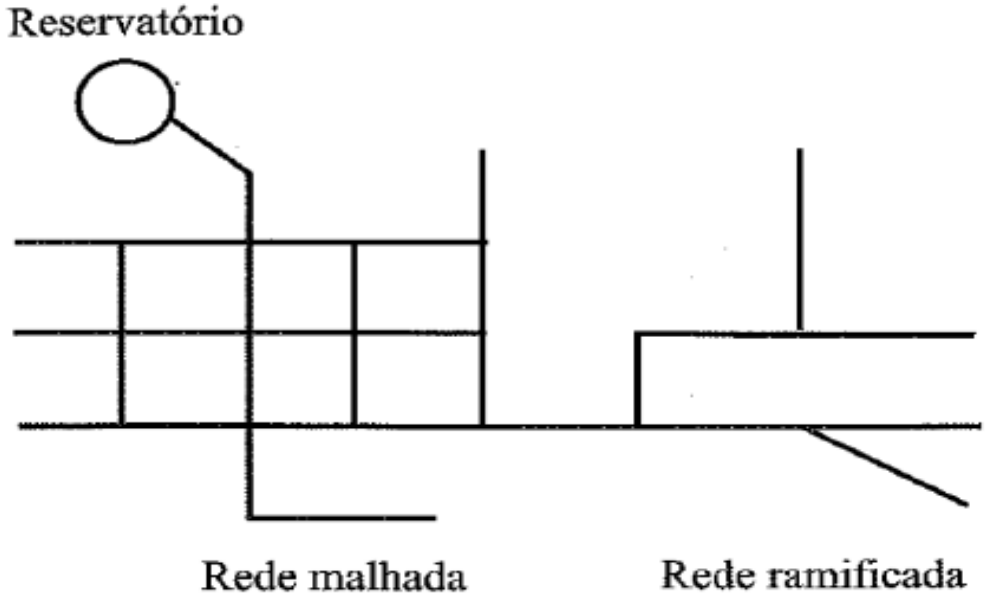
Figura 4 – Rede malhada



Fonte: Gomes (2004).

c) Rede Mista: trata-se de uma combinação dos dois sistemas anteriores (Figura 5).

Figura 5 – Rede mista



Fonte: Tsutiya (2006, p. 395).

A norma regulamentadora vigente, que é NBR 12218 (ABNT, 1994), fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Em relação à pressão na rede, a pressão estática máxima deve ser de 500kPa, e a pressão dinâmica mínima de 100kPa. A velocidade mínima na tubulação da rede deve ser de 0,6 m/s e a máxima de 3,5 m/s.

2.5 Simulações Hidráulicas

Segundo Coelho et al. (2006), um modelo de simulação consiste em um conjunto de dados das características físicas do sistema, das solicitações requeridas e da forma como são operadas, e também o conjunto de equações que vão reproduzir o comportamento hidráulico de todo sistema bem como de seus componentes individuais.

As simulações são utilizadas para planejar e projetar uma rede, fornecendo os dados para operação, manutenção e reabilitação dos sistemas. Um software simulador pode resolver equações de continuidade e energia com base em dados fornecidos, e pode se garantir que quanto maior a qualidade dos dados obtidos, maior será a precisão da simulação (FERNANDES; MARQUES, 2011). A coleta de dados da forma correta é muito importante para o bom funcionamento do software, contendo desde os trechos até os acessórios da rede, como válvulas, reservatórios, redutores de pressão, entre outros.

Existem diversos simuladores para os sistemas de abastecimento de água, dentre os principais é possível citar o Epanet, Watercad, Hidrocad e Strumap, sendo que a escolha do programa a ser utilizado vai depender de qual tipo de projeto será adotado. Para o presente trabalho, foi escolhido o Programa Epanet, aplicativo gratuito mais utilizado no Brasil.

O EPANET, um software de modelagem hidráulica e de qualidade de água desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, sendo o programa de modelagem hidráulica e de qualidade de água mais empregado no mundo, principalmente por possuir versões nos principais idiomas, além de ser disponibilizado gratuitamente e apresentar facilidades no seu uso (ROSSMAN, 2000).

Gomes (2004) destaca que partindo dos dados de comprimento e cotas dos nós de rede, além de características como o tipo de material, espessuras das

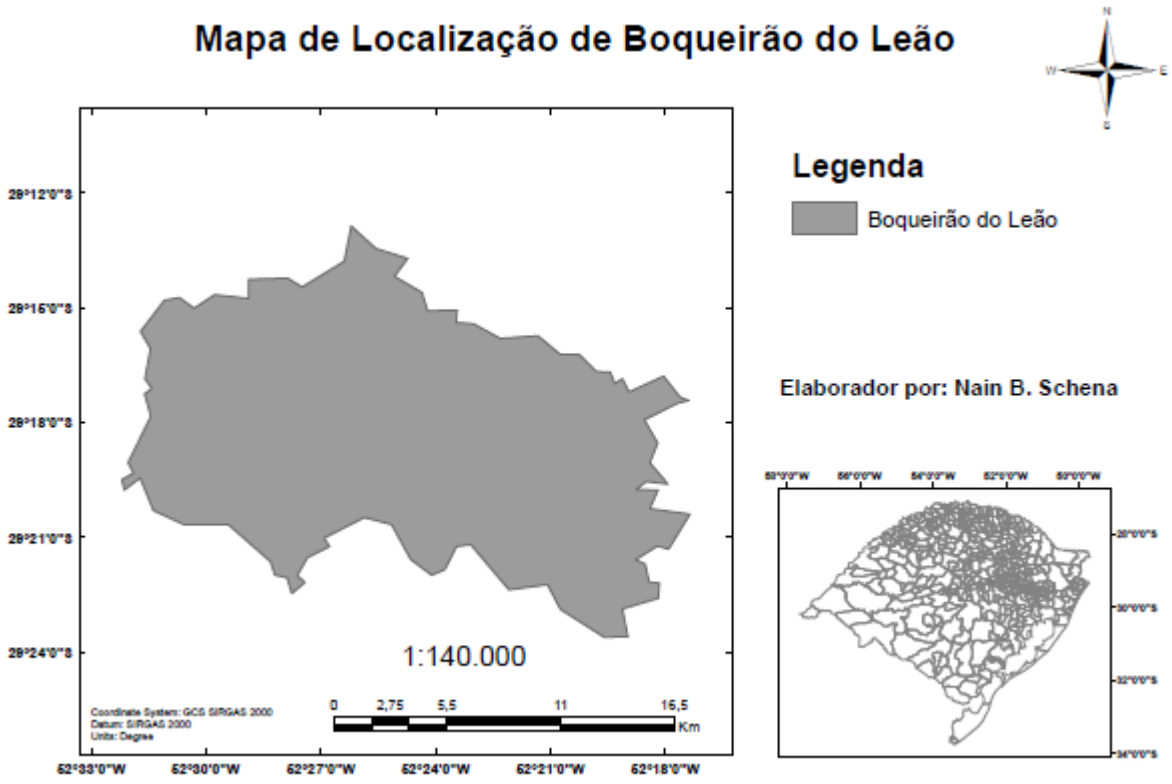
tubulações e demanda dos nós, é possível se obter valores de perda de carga, vazão e velocidade em cada um dos trechos simulados, bem como de pressão e carga hidráulica em cada nó ao longo do percurso. Para cálculos de perda de carga, o programa apresenta as equações de Hazen-Williams, de Chezy-Manning e de Darcy-Weisbach.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Boqueirão do Leão fica localizado na região Centro Oriental do estado, situado a aproximadamente 70 km do município de Lajeado, considerada a cidade polo do Vale do Taquari, conforme figura 6.

Figura 6 – Mapa de localização de Boqueirão do Leão



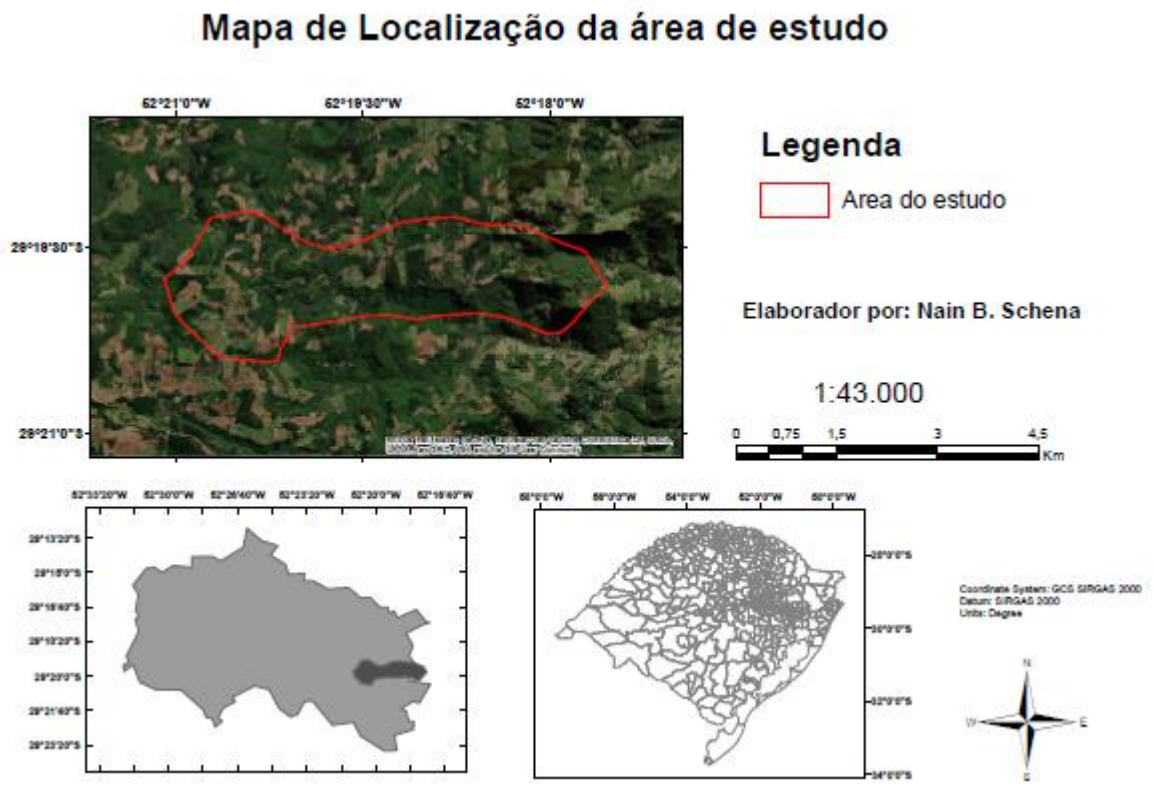
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O município possui uma área territorial total de 265,427 km², sendo 1,74 km² classificados como área urbana e 263,79 km² correspondentes à área rural, fazendo divisa com os municípios de Progresso, Sério, Canudos do Vale, Barros Cassal, Sinimbu e Gramado Xavier.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, a população do município era de 7.673 habitantes, sendo a maior parte distribuída na área rural do mesmo. A população da área urbana representava 21,79% do total de habitantes e a da zona rural 78,21%, com uma densidade demográfica de 28,91 habitantes por quilômetro quadrado.

A associação hídrica do estudo está localizada na área rural do município, abrangendo as comunidades de Linha Araçá e Alto Irerê, a aproximadamente 15 km do centro da cidade, conforme Figura 7.

Figura 7 - Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.2 Levantamento de dados

O levantamento de dados da rede de distribuição de água foi realizado através de visitas às comunidades e à Secretaria de Obras e Meio Ambiente do

município, além de acessar as informações disponíveis nos registros da associação responsável pelo sistema de abastecimento. Foram obtidos dados de economias atendidas, consumo, profundidade do poço e potência da bomba, entre outros.

Para a pesquisa de campo, foi utilizado o aplicativo Geo Tracker, disponível gratuitamente para sistema Android, com o qual é possível obter as coordenadas de cada ponto visitado. Foram realizadas visitas a todos os pontos da rede de abastecimento, além do poço e do reservatório, realizando levantamento fotográfico para posterior análise. O atual traçado da rede foi definido através de indicações dos responsáveis pelo gerenciamento e manutenção da mesma.

A análise da condição do reservatório foi realizada através da NBR 12217 (ABNT, 1994), que fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Em relação ao poço, o mesmo foi analisado de acordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017), que define os parâmetros de projeto de poço para captação de água subterrânea.

3.3 Mapeamento da rede de abastecimento de água

Após a coleta de dados através do Geo Tracker, os mesmos foram transferidos para o software AutoCAD, onde o mapeamento foi realizado com a ajuda de imagens do Google Earth Pro. Algumas informações, dentre elas o trajeto aproximado da rede e o diâmetro das tubulações, foram adquiridas diretamente com o responsável pela rede de abastecimento.

O traçado da rede foi realizado sobre a imagem do Google Earth, encaixando a tubulação da rede de acordo com o que foi indicado pelo responsável pelo sistema. As economias que são abastecidas pela rede de abastecimento foram indicadas através de pontos, e a rede traçada através de linhas contínuas, mais espessas ou mais finas, de acordo com o diâmetro da tubulação utilizada.

A rede de abastecimento foi dividida em trechos de acordo com o terreno e com a distribuição das economias que são atendidas.

3.4 Dimensionamento da rede de abastecimento de água

Para o dimensionamento da rede foi utilizada planilha eletrônica do Microsoft Excel, realizando os cálculos necessários, com a utilização dos dados obtidos nas

visitas e também no mapeamento, entre eles o consumo de água total mensal na rede de distribuição e a quantidade de casas atendidas.

Para analisar o dimensionamento do reservatório, através do volume mensal consumido, foi efetuado o cálculo do consumo total diário, sendo o mesmo dividido por 3, uma vez que o reservatório deve comportar no mínimo 1/3 da vazão total necessária para um dia de consumo.

O diagnóstico das vazões foi efetuado através da relação entre o consumo total da rede e o número de casas que ela atende, conforme a equação 1.

$$\frac{Volume\ total\ mensal\ consumido\ em\ litros}{Quantidade\ de\ casas\ na\ rede} \quad (1)$$

A partir deste valor de consumo médio por casa, foi possível calcular a taxa de consumo por casa em litros por segundo, que foi então utilizada para a geração da planilha das vazões, que permite um diagnóstico da rede e do dimensionamento das tubulações e bomba. A taxa de consumo foi encontrada a partir da seguinte equação 2.

$$\frac{Consumo\ médio\ mensal\ por\ casa}{30\ dias\ .86400s} \quad (2)$$

A partir disso, o próximo passo foi encontrar a vazão de jusante que é a vazão do fim de cada trecho no sentido do fluxo da água, e a vazão de montante que será a soma vazão jusante com a taxa de consumo multiplicada pelo número de casas de cada trecho. Com a vazão de cada trecho definida, foi calculada a vazão fictícia de acordo com a equação 3.

$$Q\ fictícia = \frac{Q\ mon + Q\ jus}{2} \quad (3)$$

Onde:

Q fictícia: Vazão fictícia de cálculo (m³/s);

Q mon: Vazão montante do trecho (m³/s);

Q jus: Vazão jusante do trecho (m³/s).

Os diâmetros utilizados na rede, de acordo com os dados obtidos nas visitas e utilizados para a planilha de dimensionamento da rede, são de 60 mm no trecho

da adutora, e nos trechos de principais da rede de distribuição, a tubulação utilizada foi de 40 mm.

No cálculo das velocidades de escoamento em cada trecho delimitado, foi utilizada a equação 4, que divide a vazão fictícia pela área da tubulação na secção.

$$v = \frac{Qfictícia}{\left(\frac{(\pi \, x \, d^2)}{4}\right)} \quad (4)$$

Onde:

v: Velocidade (m/s);

d: Diâmetro do trecho da tubulação (m).

O passo seguinte foi o cálculo da perda de carga ao longo das tubulações da rede de abastecimento, para o mesmo, foi utilizada a fórmula de Hazen-Williams, conforme equação 5, que utiliza a vazão fictícia, o diâmetro das tubulações e um coeficiente de rugosidade definido com o valor de 140.

$$hf = 10{,}65 \times Q^{1{,}85} \times C^{-1{,}85} \times D^{-4{,}87} \quad (5)$$

Onde:

hf: Perda de carga unitária (m/m);

Q: Vazão fictícia tubulação (m^3/s);

C: Coeficiente de rugosidade (140);

D: Diâmetro do trecho da tubulação (m).

A perda de carga por trecho da tubulação foi definida pela equação 6.

$$Hft = Hf \; x \; L \; do \; trecho \quad (6)$$

Onde:

hft: Perda de carga em cada trecho (mca);

L trecho: Extensão do trecho (m).

As cotas do terreno foram definidas a partir do perfil de elevação do Google Earth, localizando cada trecho e seus respectivos nós. A partir destas, de acordo com a NBR 12218 (ABNT, 1994), na cota mais alta do terreno é necessária uma pressão mínima de 10 m.c.a.(metros de coluna de água), de onde são calculadas as cotas piazométricas de montante e de jusante, somando ou diminuindo os valores

de perda de carga calculados, de acordo com o fluxo da rede, conforme mostra as equações 7 e 8.

$$Cota\ piazométrica\ jusante = Cota\ piazométrica\ montante \pm Hf\ do\ trecho \quad (7)$$

$$Cota\ piazométrica\ montante = Cota\ piazométrica\ jusante \pm Hf\ do\ trecho \quad (8)$$

A partir destes valores de cota foi possível definir a pressão disponível em cada trecho. A pressão foi obtida através da diferença entre as cotas piazométricas e as cotas do terreno, a montante e a jusante.

3.5 Simulações no Software Epanet 2.0

Os dados obtidos também foram utilizados para realizar simulações no software Epanet 2.0. Através dos dados do mapeamento foi possível realizar o traçado da rede no software, utilizando a taxa de consumo por casa, e as cotas de nível do terreno para simular o funcionamento da rede de distribuição existente.

O software permite inserir todos os dados dos nós e dos trechos, inclusive casas atendidas por trecho, em toda a extensão da rede de abastecimento de água, bem como do reservatório, a partir disso, a simulação gera dados de pressão, vazão e velocidade, que foram utilizados para comparativo com os dados gerados em planilha e para definir pontos da rede onde eram necessárias melhorias.

Foi realizado o traçado da rede no software, com base no mapeamento realizado no estudo, onde foram definidos o reservatório, os nós e os trechos. Os dados de entrada foram as cotas de cada nó e do reservatório, a extensão dos trechos e a quantidade de casas por trecho e ainda o diâmetro da tubulação da rede, outro dado importante é a taxa de consumo por casa. A partir destes dados, o software gera dados de velocidade, pressão, vazão, entre outros, para cada trecho e nó da rede.

Também foi simulada a rede de abastecimento com a elevação do reservatório, como possível melhoria para problemas de pressão na rede, e ainda instaladas em alguns trechos, válvulas de redução de pressão, onde a mesma foi superior ao permitido pela normativa. Os resultados obtidos através das simulações, são apresentados no capítulo seguinte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

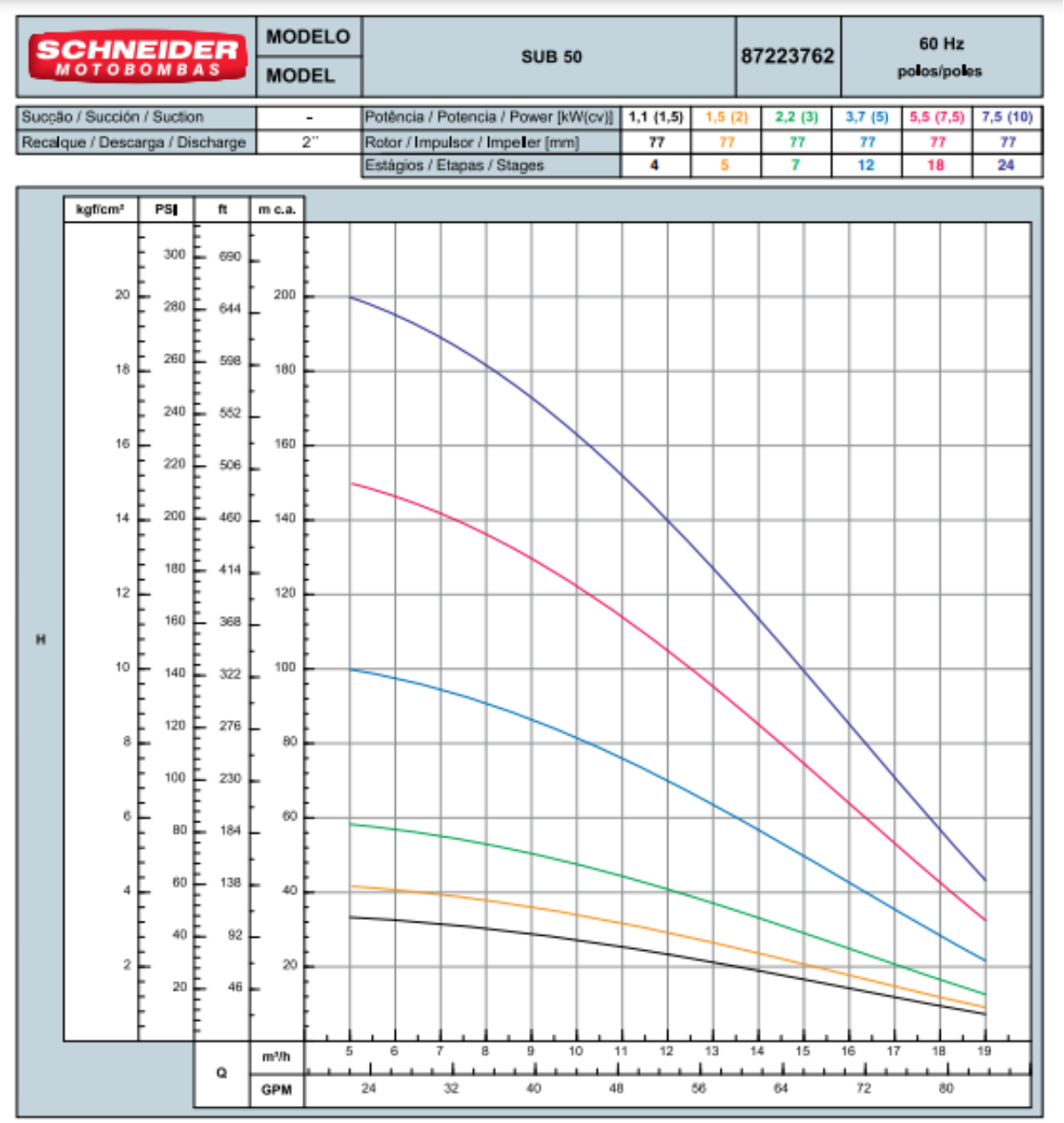
Nesta etapa do trabalho, são apresentados os resultados obtidos, sendo os mesmos analisados e discutidos, observando cada aspecto da rede de distribuição de água do estudo, para na sequência indicar possíveis soluções e melhorias para o sistema.

4.1 Manancial e poço artesiano

O manancial utilizado para a rede de abastecimento de água existente é subterrâneo, com a captação feita através de poço artesiano, cuja Outorga Nº 2018/034.864-1, encontra-se em situação regular para abastecimento humano. O mesmo fica localizado na comunidade de Alto Irerê, na coordenada 371981.39 m E e 6755233.18 m S, na cota planialtimétrica 590 m, possui 84 metros de profundidade, utilizando para a captação uma bomba com potência de 5 HP, de acordo com os responsáveis pelo sistema.

O poço apresenta hidrômetro, entretanto não é realizada medição da vazão de captação, assim sendo, estima-se de acordo com a curva de vazão de uma bomba da mesma potência e mesmo fabricante (Figura 8), uma vazão aproximada de 9 m³/h, que é aduzida até o reservatório por uma tubulação de PVC de 60 mm.

Figura 8 – Curva de vazão x altura da bomba de captação



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de catálogo da Schneider (2021).

O local de instalação do poço é plano, com bom espaço físico, fácil acesso e livre de fontes de poluição, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Poço artesiano que abastece a rede de água



Fonte: Autor (2021).

Podemos observar que há uma um perímetro isolado por cerca, visando a proteção sanitária do poço, os portões se encontravam lacrados com corrente e cadeado, estando de acordo com a NBR 12212 (ABNT, 2017), que trata condições de segurança, disponibilidade de espaço e facilidades na superfície para instalação de um poço artesiano. Ainda podemos citar que é a realizada a desinfecção da água captada com a utilização de cloro, havendo no local uma casa de química para estoque do produto, também em conformidade com a norma (Figura 10).

Figura 10 – Situação do poço artesiano



Fonte: autor (2021).

Ainda é válido ressaltar que é realizada a desinfecção através de cloramento na captação, sendo realizadas análises mensais para verificar a qualidade da água que é consumida, entretanto, o autor não teve acesso ao resultado das análises.

4.2 Reservatório

O reservatório que abastece a rede de distribuição de água está localizado na entrada da comunidade de Linha Araçá, na coordenada 369632.00 m E e 6754342.22 m S, a aproximadamente 3 quilômetros de distância do poço artesiano, sendo do tipo elevado, a uma altura de 5 metros do terreno. O reservatório possui uma capacidade de 20 metros cúbicos, e abastece todo o sistema de abastecimento de água.

Observando a NBR 12217 (ABNT, 1994), que estabelece os parâmetros para projeto de reservatório de distribuição de água, o reservatório está em desacordo com a norma, quanto à proteção contra a entrada de pessoas não

autorizadas e para evitar contaminação, ficando em área de livre acesso, com a escada que não impede a subida de terceiros ao mesmo (Figura 11).

Figura 11 – Situação do reservatório



Fonte: autor (2021).

É importante ressaltar que o reservatório pode ser classificado como elevado, estando a aproximadamente 5 metros de altura do solo, e em relação ao seu dimensionamento, conforme mencionado na metodologia, ele atende com sobras ao volume necessário para o correto funcionamento da rede de distribuição, que seria

de 5,5 metros cúbicos, o que pode acarretar numa deterioração da qualidade da água, pois o tempo de detenção hidráulica é maior do que o necessário.

4.3 Diagnóstico da rede de distribuição de água

A partir do mapeamento realizado no software AutoCAD, conforme o mapa em Apêndice A, foram obtidos 19 trechos e 12 nós, abastecendo 63 famílias. A rede é classificada como ramificada, apresentando extensão total aproximada de 9.668 metros, com tubulação de PVC de 40 mm em toda a sua extensão, com as cotas planialtimétricas variando de 545 a 630 metros.

A Tabela 1 apresenta os dados de extensão, diâmetros, cotas planialtimétricas, e economias atendidas, obtidos através das medições.

Tabela 1 – Dimensões da rede de abastecimento

Nº Trecho	Extensão (m)	Nº Economias	Cota Terreno Montante (m)	Cota Terreno Jusante (m)
1	225	3	626,0	630,0
2	116	5	623,0	626,0
3	260	5	617,0	616,0
4	349	3	623,0	617,0
5	128	4	621,0	623,0
6	422	3	621,0	616,0
7	129	11	626,0	621,0
8	681	1	562,0	591,0
9	315	1	562,0	545,0
10	870	3	620,0	562,0
11	602	3	603,0	620,0
12	735	1	603,0	591,0
13	529	2	590,0	603,0
14	561	3	575,0	590,0
15	986	3	589,0	575,0
16	1175	5	589,0	487,0
17	854	1	622,0	589,0
18	641	3	622,0	583,0
19	90	1	626,0	622,0

Fonte: autor (2021).

O consumo mensal das 63 famílias abastecidas pela rede de distribuição, obtido através dos registros da associação responsável pela rede foi de 494 m³, definido através de leituras mensais nos hidrômetros das residências, a partir deste, aplicando as equações e cálculos descritos na metodologia foi possível chegar aos valores de vazão, velocidade e perda de carga, conforme Apêndice B, que podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da rede de abastecimento de água

Taxa de Consumo: 0,003 l/s.casa Vazão total da rede: 0,188 l/s C = 140

Nº Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Pressão Montante (mca)	Pressão Jusante (mca)
1	40	0,009	0,007	4,98	0,98
2	40	0,024	0,019	7,98	4,98
3	40	0,015	0,012	13,98	14,98
4	40	0,024	0,019	7,98	13,98
5	40	0,061	0,048	9,99	7,98
6	40	0,009	0,007	9,99	14,99
7	40	0,103	0,082	5,00	9,99
8	40	0,003	0,002	68,91	39,91
9	40	0,003	0,002	68,91	85,91
10	40	0,015	0,012	10,91	68,91
11	40	0,024	0,019	27,91	10,91
12	40	0,003	0,002	27,91	39,91
13	40	0,036	0,029	40,92	27,91
14	40	0,045	0,036	55,93	40,92
15	40	0,054	0,043	41,96	55,93
16	40	0,015	0,012	41,96	143,95
17	40	0,073	0,058	8,99	41,96
18	40	0,009	0,007	8,99	47,99
19	40	0,085	0,067	5,00	8,99

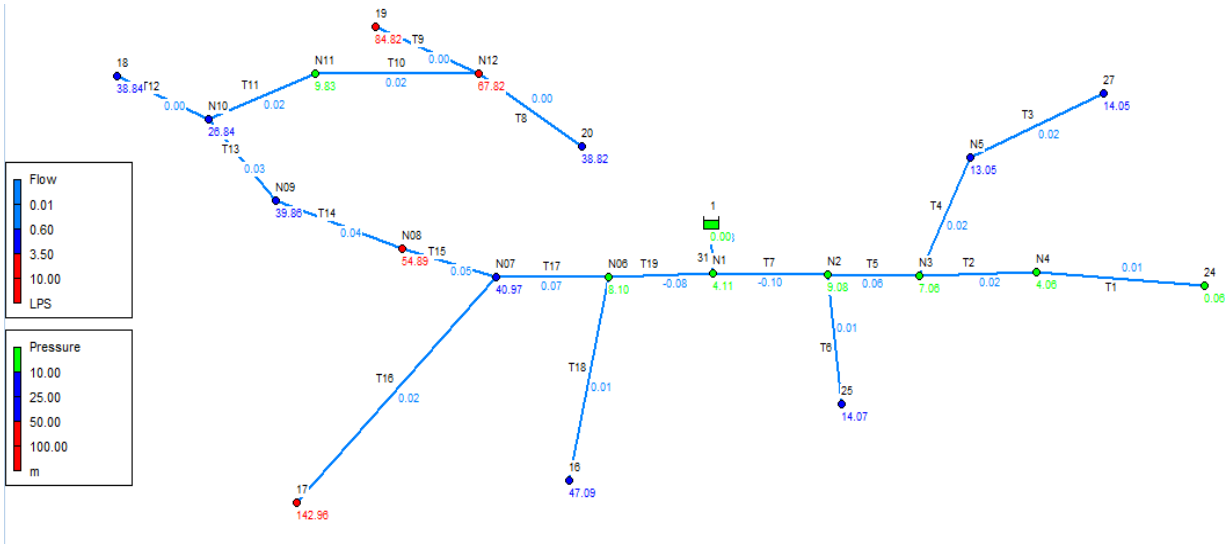
Fonte: autor (2021).

Como é possível observar, as velocidades de todos os trechos estão abaixo do mínimo de 0,6 m/s que é apontado pela NBR 12218 (ABNT, 1994), isso ocorre porque a vazão dos trechos é muito pequena e o diâmetro utilizado para a tubulação é grande.

Com relação às pressões na rede de distribuição, segundo a NBR 12218 (ABNT, 2017), a pressão mínima em cada nó não deve ser inferior a 10 mca e superior a 50 mca no final de cada um dos trechos para não afetar as características da água e rompimentos em tubulações, apenas os trechos 3, 6, 11 , 12 e 13, se encontram em conformidade com a norma, os trechos restantes apresentam pressões maiores ou menores nos nós a jusante ou a montante.

Foram realizadas simulações no software Epanet 2.0 (Figura 12), conforme descrito na metodologia, sendo os resultados convergentes com os apresentados nas planilhas, havendo pequenas diferenças nos valores. É possível observar a inconformidade nas velocidades já citada, e que as pressões são superiores ao estipulado na norma à jusante dos trechos 9, 10, 15, 16, enquanto nos trechos 1, 2, 5, 7, 11 e 19, as mesmas são menores do que fixa a NBR 12218 (ABNT, 2017).

Figura 12 – Situação da rede de abastecimento de água



Fonte: autor (2021).

Vale ressaltar que os valores de pressões mais baixos ocorrem nas áreas mais próximas ao reservatório, onde há pouca diferença nas cotas do terreno, enquanto os valores acima do permitido ocorrem nas regiões mais baixas, devido a grande variação de cotas. Os valores encontrados estão alinhados com os relatos

dos moradores dos trechos, que relatam a deficiência na pressão na água de abastecimento, principalmente nos pontos do trecho 01.

No próximo capítulo do presente trabalho, serão descritas algumas propostas de melhorias, para as inconformidades da rede descritas anteriormente.

4.4 Melhorias indicadas para o sistema de abastecimento

A partir dos resultados acima descritos, foram propostas soluções de melhorias para os problemas de pressões nos trechos onde ocorrem. Em relação à velocidade, foram simuladas no software Epanet 2.0 reduções nos diâmetros das tubulações da rede de abastecimento, ainda assim não foi possível resolver os problemas encontrados, uma vez que a vazão de consumo é muito baixa. Isso ocorre porque a maior parte das economias da rede, ainda possuem outra fonte alternativa de abastecimento, que já utilizavam anteriormente à existência da rede, a qual continuam utilizando para fins não potáveis.

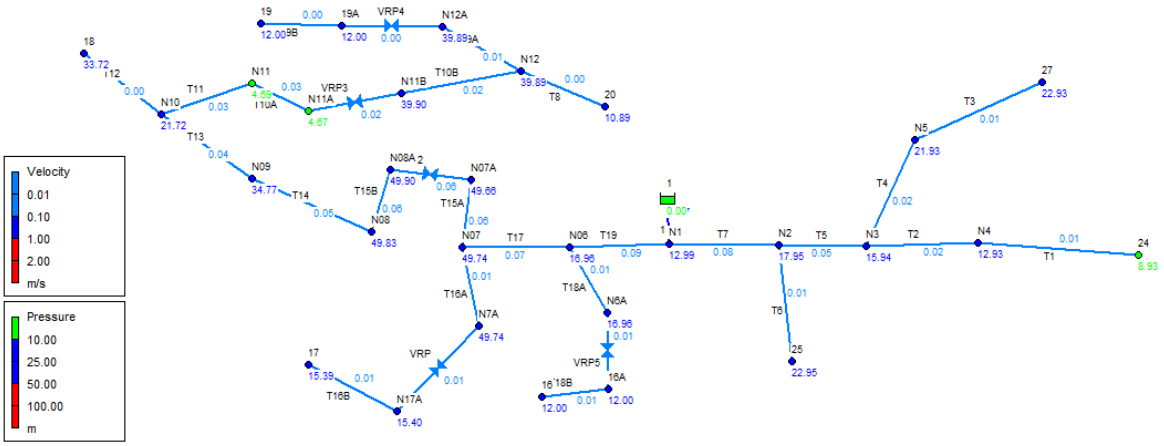
Também é recomendada como uma melhoria na etapa de captação a instalação de hidrômetro na saída da bomba que abastece o reservatório da rede, para que se possa medir a quantidade de água que é aduzida, facilitando a medição de possíveis perdas e vazamentos na rede de distribuição de água.

4.4.1 Elevação do reservatório

Conforme relatado nos resultados deste trabalho, alguns trechos apresentaram pressões abaixo e outros acima do que estipula a NBR 12218 (ABNT, 2017). Buscando atender os requisitos de pressão necessários para a rede de abastecimento do estudo, foram realizadas simulações no software Epanet 2.0, e também gerada planilha no Microsoft Excel, conforme Apêndice C, com os cálculos descritos na metodologia, com elevação do reservatório da altura de 5 metros na qual se encontra, para uma altura de 14 metros, chegando a cota de 640 m.

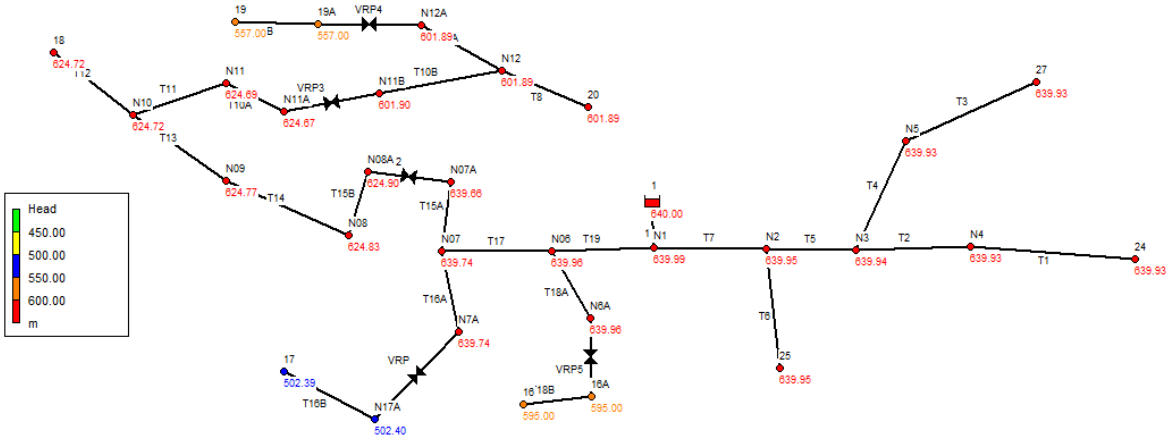
Os resultados das velocidades e pressões nos trechos, bem como o valor das cotas após a elevação, gerados na simulação do software Epanet 2.0 podem ser visualizados nas figuras 13 e 14, respectivamente.

Figura 13 – Velocidade e Pressão nos trechos com elevação do reservatório



Fonte: Autor (2021).

Figura 14 – Cotas dos trechos após elevação do reservatório



Fonte: autor (2021).

Podemos observar que é necessária a instalação de válvulas de redução de pressão nos trechos 9, 10, 15, 16 e 18, uma vez que as pressões ultrapassam os valores de 50 m.c.a fixados como máximos pela NBR 12218 (ABNT, 2017). Ainda é necessária a instalação de pressurizadores nos trechos 1 e 11, devido ao fato de que as pressões não chegam ao mínimo estipulado de 10 m.c.a. Os valores de pressão e velocidade obtidos através da simulação nos nós da rede de abastecimento de água, podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Velocidades e pressões por nós obtidos no Epanet 2.0

Taxa de Consumo: 0,00302 l/s.casa Vazão total da rede: 0,188 l/s C = 140

Nº Trecho	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Pressão Montante (mca)	Pressão Jusante (mca)
1	40	0,01	12,93	8,93
2	40	0,02	15,94	12,93
3	40	0,01	21,93	22,93
4	40	0,02	15,94	21,93
5	40	0,05	17,95	15,94
6	40	0,01	17,95	22,95
7	40	0,08	12,99	17,95
8	40	0,002	39,89	10,89
9	40	0,002	39,89	12,00
10	40	0,01	4,69	39,89
11	40	0,02	21,72	4,69
12	40	0,002	21,72	33,72
13	40	0,03	34,77	21,72
14	40	0,04	49,83	34,77
15	40	0,06	49,74	49,83
16	40	0,01	49,74	15,39
17	40	0,07	16,96	49,74
18	40	0,01	16,96	12,00
19	40	0,09	12,99	16,96

Fonte: Autor (2021).

Os resultados da melhoria nas pressões na planilha do Microsoft Excel, conforme Apêndice C, podem ser observados a seguir na Tabela 4. É possível perceber que não há variação nos valores de vazão e velocidade, uma vez que o diâmetro da tubulação permanece o mesmo.

Tabela 4 – Resultados da planilha com elevação do reservatório

Taxa de Consumo: 0,00302 l/s.casa Vazão total da rede: 0,188 l/s C = 140

Nº Trecho	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Pressão Montante (mca)	Pressão Jusante (mca)
1	40	0,009	0,007	14,00	10,00
2	40	0,024	0,019	17,00	14,00
3	40	0,015	0,012	23,00	24,00
4	40	0,024	0,019	17,00	23,00
5	40	0,061	0,048	19,00	17,00
6	40	0,009	0,007	19,00	24,00
7	40	0,103	0,082	14,02	19,00
8	40	0,003	0,002	77,92	48,92
9	40	0,003	0,002	77,92	94,92
10	40	0,015	0,012	19,93	77,92
11	40	0,024	0,019	36,93	19,93
12	40	0,003	0,002	36,93	48,93
13	40	0,036	0,029	49,94	36,93
14	40	0,045	0,036	64,95	49,94
15	40	0,054	0,043	50,97	64,95
16	40	0,015	0,012	50,97	152,97
17	40	0,073	0,058	18,01	50,97
18	40	0,009	0,007	18,01	57,01
19	40	0,085	0,067	14,02	18,01

Fonte: autor (2021).

Podemos notar que há uma pequena variação nos valores encontrados no software em relação aos da planilha, entretanto os valores convergem para os mesmos resultados e na grande maioria as diferenças são resultados de arredondamentos realizados automaticamente pelo software. Entretanto, nota-se uma divergência considerável na pressão no nó jusante do trecho 11, onde na planilha do Excel, a pressão apontada é de 19,93 m.c.a. e já nos dados gerados

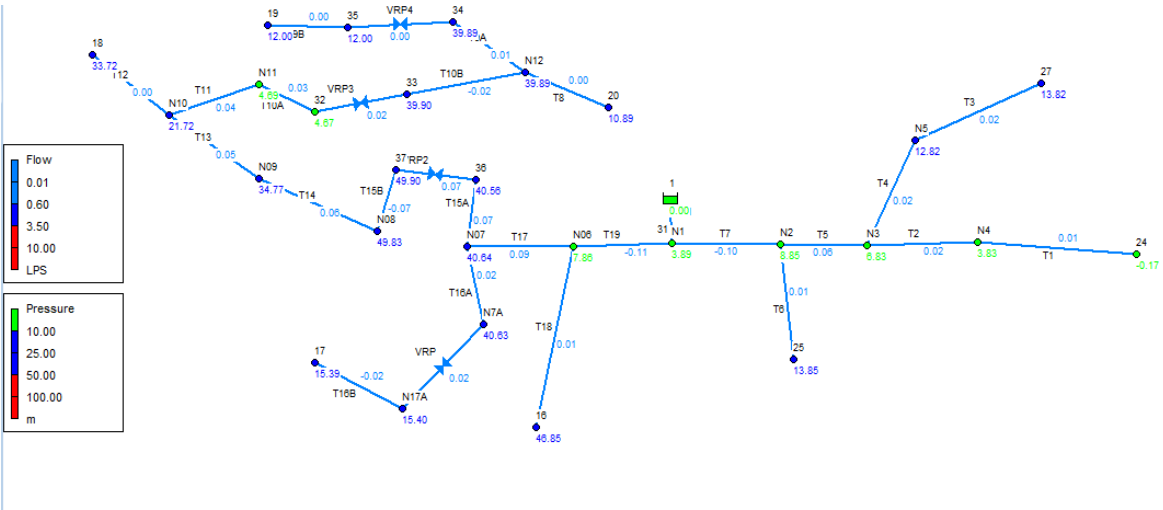
pelo Epanet 2.0, o mesmo ponto apresenta pressão de 4,69, que não se enquadra na NBR 12218, o que ocorre a partir da instalação das válvulas de redução de pressão nos trechos que antecedem o mesmo.

Ao fim desta etapa, podemos concluir que para resolver os problemas nas pressões na rede de abastecimento de água são necessárias as três medidas consorciadas, a elevação do reservatório apenas, não resolve o problema, necessitando a instalação das válvulas de redução de pressão nos trechos 9, 10, 15, 16 e 18, e ainda o uso de pressurizador nas residências a jusante do trecho 1 e do trecho 11.

4.4.2 Instalação de válvulas redutoras de pressão e pressurizadores sem elevação do reservatório

Uma vez que a elevação do reservatório não resolve todos os problemas das pressões na rede de abastecimento de água, a partir da simulação no Epanet 2.0 pode-se avaliar a alternativa de instalação de válvulas de redução de pressão e pressurizadores mantendo o reservatório no nível atual (Figura 15).

Figura 15 – Pressões na rede atual com instalação das VRPs



Fonte: autor (2021).

Percebe-se que, com o reservatório no nível atual, é necessária a instalação de válvulas nos trechos 9, 10, 15, e 16 e pressurizadores nos trechos 1, 2, 5, 7, 11 e 19.

Na próxima seção apresentaremos os custos aproximados para a implantação das melhorias descritas anteriormente, fazendo um comparativo entre as alternativas.

4.4.3 Custos aproximados das melhorias com elevação do reservatório

Com o objetivo de apresentar aos integrantes da associação hídrica responsável pela rede, foi realizado um levantamento de custos para determinar uma base de valores que seriam gastos para a implementação das melhorias descritas na etapa anterior do presente projeto. Entrou-se em contato com uma empresa de engenharia da cidade de Lajeado, que montou orçamento, conforme tabelas 5 e 6, de uma estrutura de concreto com 14 metros de altura, onde seria alocado o reservatório atual, além de uma cerca para isolamento do local para fins de segurança.

Tabela 5 – Orçamento dos materiais para elevação do reservatório

Qtde	Material	Valor Unitário	Valor Total
80 un	barras de aço 10 mm	70,00	5.600,00
84 un	barras de aço 5 mm	26,00	2.200,00
45 kg	arame recozido 16	22,00	990,00
1 un	Fôrmas	1.000,00	1.000,00
7 m³	concreto fck 20	400,00	2.800,00
1 un	tela painel	500,00	500,00
1 un	laje pré moldada	2.000,00	2.000,00
1 un	tubulação	2.000,00	2.000,00
1 un	rolo de tela para cerca 25 x 1,5 m	750,00	750,00
6 un	postes para a cerca	150,00	900,00

Fonte: autor (2021).

Tabela 6 – Orçamento de serviços para elevação do reservatório

Serviços	Valor
fundações: maquinário + 3 dias de 4 pessoas	4.000,00
pilares: andaimes + 12 dias de 4 pessoas	13.000,00
vigas: andaimes + 12 dias de 4 pessoas	13.000,00

laje: maquinário + 5 dias de 4 pessoas	7.000,00
tubulações: andaimes + 2 dias de 4 pessoas	2.000,00
instalação do reservatório: maquinário + 1 dia de 4 pessoas	1.500,00

Fonte: Autor (2021).

O custo total dos serviços, de acordo com o orçamento, seria de R$40.500,00 reais, sendo ainda acrescentado a este mais R$18.740,00 do custo dos materiais, totalizando R$59.240,00.

Para monitorar a vazão da rede de abastecimento de água, faz-se necessária a instalação de um hidrômetro no reservatório, conforme Figura 16, com um valor aproximado de R$1.300,00.

Figura 16 – Hidrômetro para reservatório



Fonte: Adaptado pelo autor com base em catálogo da Hidrovolt (2021).

Ainda são necessárias a instalação de válvulas redutoras de pressão nos trechos 9, 10, 15, 16 e 18, que permite reduzir uma pressão primária a montante para uma pressão a jusante, mantendo a mesma constante independente da variação do fluxo, sendo instaladas 1 unidade em cada um dos trechos, com valor

de R$590,00, adicionando R$400,00 de mão de obra e materiais, o que totaliza um valor aproximado de R$4.950,00.

Também são necessários pressurizadores nas 6 economias abastecidas nos trechos 1 e 11, onde as pressões, mesmo com a elevação do reservatório, continuam abaixo de 10 m.c.a. O modelo orçado, da marca Worker (Figura 17), custa R$500,00, somando-se a estes R$400,00 de mão de obra e R$100,00 em materiais de instalação, o que acarreta um valor total de R$6.000,00.

Figura 17 – Modelo de pressurizador sugerido para a rede



Fonte: Adaptado pelo autor com base em manual da Worker (2021).

O valor total para a instalação das melhorias, somando todos custos descritos seria de aproximadamente R$71.490,00, que poderiam ser divididos entre as 63 economias que formam a associação hídrica, gerando um custo de R$1.134,76 para cada família da rede de abastecimento de água, havendo ainda a possibilidade da associação buscar alguma ajuda de custo, ou até de algum parcelamento ou parceria com bancos da região.

4.4.4 Custos aproximados das melhorias sem elevação do reservatório

Para a adequação da rede de abastecimento de água sem elevação do reservatório, são necessárias a instalação de VRPs nos trechos 9, 10, 15 e 16, totalizando um valor de R$3.960,00 e pressurizadores nas 27 economias residentes nos trechos 1, 2, 5, 7, 11 e 19, gerando um custo de R$27.000,00, devendo ainda se somar a estes o gasto de R$1.300,00 com o hidrômetro e o valor de R$1.650,00 utilizado para o cercamento do reservatório.

Assim sendo, o gasto total para implementação desta melhoria será de R$33.910,00, valor que se dividido entre as 63 economias participantes da associação hídrica, teria um custo aproximado de R$538,25 para cada, tornando-se a alternativa mais viável, uma vez que resolve os problemas da mesma forma, com um custo e tempo de implantação bem mais baixo em relação a alternativa com a elevação do reservatório.

A partir do diagnóstico descrito, a solução indicada pelo autor para a resolução dos problemas da rede, atualmente, é a instalação de pressurizadores e válvulas redutoras sem a elevação do reservatório, entretanto a longo prazo, o consumo dos pressurizadores e os gastos com manutenção dos mesmos, podem tornar a alternativa da elevação do reservatório viável.

No que diz respeito ao pagamento das melhorias, o mesmo deveria ser realizado com um valor de caixa retido pela associação, porém, uma vez que a associação cobra apenas uma taxa de R$40,00 por economia, este valor é gasto eventualmente com um salário para o responsável pela rede de abastecimento de água e ainda reparos necessários, assim sendo, os valores podem ser divididos entre as famílias associadas, ou o pagamento pode ser parcelado como forma de aumento de taxa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste estudo foi o mapeamento, diagnóstico, análise e proposta de melhorias para uma rede de abastecimento de água na zona rural do município de Boqueirão do Leão.

Através de visitas aos pontos da rede e conversas com os responsáveis pelo gerenciamento da mesma, foi possível obter dados para a realização do mapeamento, apontando tubulações de 40 mm para toda a rede de distribuição de água, um reservatório de 20 m³, abastecendo 63 economias dispersas pelas comunidades de Linha Araçá e Alto Irerê, com um consumo mensal de 494 m³ de água, um consumo médio por residência de 7,84 m³, e extensão aproximada de 9.668 metros.

Foram diagnosticadas, através das simulações hidráulicas em software e cálculos em planilha, pressões inferiores ao que fixa a normativa da ABNT responsável pelo projeto de redes de abastecimento de água, a montante e jusante dos trechos 1, 2, 5, 7, 19, e ainda a jusante do trecho 11, devido ao baixo nível do reservatório em relação às economias. Também observam-se pressões superiores a 50 m.c.a nas jusantes dos trechos 9, 10, 15 e 16, por influência da grande variação das cotas de nível do terreno no decorrer da rede, com a rede apresentando ainda velocidades muito inferiores ao estipulado pela mesma normativa em todos os trechos, em virtude da baixa vazão de consumo e também ao diâmetro utilizado na implantação da rede.

A partir desse diagnóstico foram definidas melhorias para os problemas de pressão encontrados no sistema. As melhorias propostas consistem na elevação do

reservatório, que demonstrou não resolver totalmente o problema das pressões na rede, tendo que ser consorciada com instalação de pressurizadores e VRPs em vários pontos da rede, gerando alto custo para a associação hídrica responsável. Com isso, para reduzir os custos e resolver os problemas de forma pontual, é indicada pelo autor a instalação de pressurizadores e VRPs nos pontos onde os problemas de pressão ocorrem, conforme descrito anteriormente, obtendo assim uma economia de $37.580,00.

Com relação às velocidades de fluxo na rede de abastecimento de água do estudo, as simulações e cálculos realizados visando melhorias que atendessem os valores mínimos de 0,6 m/s fixados pela NBR 12218 (ABNT, 2017) não foram divulgados pois não apresentaram variações significativas. Apesar de favoráveis à integridade das tubulações, velocidades baixas podem causar interrupção do abastecimento através do acúmulo de materiais e ainda perda da qualidade da água.

Para os responsáveis pela associação hídrica em questão, recomenda-se a instalação de um hidrômetro no reservatório, e o monitoramento do hidrômetro do poço, para que possa ser registrada a quantidade de água que está sendo aduzida e assim realizado um registro das perdas em relação ao consumo, uma vez que a rede apresenta tubulações de grande extensão, dificultando o monitoramento de vazamentos. E ainda instalação de cercamento junto ao reservatório, evitando assim possíveis contaminações

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se que seja realizado o mapeamento e diagnóstico de todas as redes existentes no município, sendo que a grande maioria não dispunha nem de projeto no momento da execução, havendo assim inconformidades que podem ser diagnosticadas através deste modelo de estudo, vindo no futuro a serem corrigidas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212/2017**: Projeto de poço tubular para captação de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 12213** – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12215** – Projeto de adutora de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12217** – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 12218/94**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. **NBR 12244** – Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1994.

BARCELLOS, C. M. et al. **Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais,** Brasil, 1999-2000. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n.9, p.1967-1978, set. 2006.

BARROS, Raphael T. de V. et al. **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico no Brasil**. Publicado em: Dezembro de 2014. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/> Acesso em: 17 de abril de 2021.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Contemporânea**. Publicado em: Dezembro de 2014. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-contemporanea/> Acesso em: 17 de abril de 2021.

BARROS, Rodrigo**. A história do saneamento básico na Idade Antiga**. Publicado em: Dezembro de 2014. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/historia-saneamento-basico-na-idade-antiga/> Acesso em: 17 de abril de 2021

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Portal da Qualidade das Águas. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas.** Brasília. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/default.aspx>Acesso em: 04 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília, 2011 b. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da água para consumo humano.** Brasília. Ministério da Saúde, 2006.

CASALI, Carlos Aberto. **Qualidade da Água para Consumo Humano Ofertada em Escolas e Comunidades Rurais da Região Central do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Químicos e Ciclagem de Elementos, da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2008. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5472

CAPUCCI, Egmont; MARTINS, Anderson Martins; MANSUR, Kátia Leite; MONSORES, André Luiz Mussel. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas - orientação aos usuários**. Rio de Janeiro: SEMADS/SEINPE, 2001.

CAVINATTO, Vilma Maria. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem estar** / Vilma Maria Cavinatto – 2 ed – São Paulo: Moderna, 2003.

COELHO, S. T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. **Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água.** Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2006.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 5. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FEITOSA, Fernando A. C; MANOEL-FILHO, João; FEITOSA, Edilton Carneiro; DEMETRIO, J. Gleison. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM. 2008.

FERNANDES, N.; MARQUES, G. **Integration of GIS and hydraulic modeling to evaluate the cost of ecological stream flow recovery in Irapé Dam, Brazil.** World Environmental and Water Resources Congress. 2011.
GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água**: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias. 2a Edição. Editora Universitária / UFPB, 2004.

GRAY, N. F. **Calidad del agua potable**: problemas y soluciones. Zaragosa: Acribia, 1994. CETESB. **Água subterrânea e poços tubulares**. 482p.: il. São Paulo,1978. 3ed.

LÉO HELLER, Valter. **Abastecimento de Água para Consumo Humano** / Léo Heller, Valter; Lúcio de Pádua. Editora UFMG. Belo Horizonte, 2006.
LIMA, Bárbara Alves de. **Saneamento Ambiental e Sustentabilidade Local** / Editora Contentus. Curitiba, 2002.

MARTINS, Tiago José Carrilho. **Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada.** Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental. Bragança, 2014.

Ministério do Desenvolvimento Regional. **SNIS.** SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Painel de informações sobre saneamento**. 2019. Disponível em: <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>.

Pesquisa nacional de saneamento básico 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

Prefeitura Municipal de Boqueirão do Leão. **Plano Municipal de Saneamento Básico**/ Produto K: Relatório Final, 2015. Disponível em: < https://www.boqueiraodoleao.rs.gov.br/php/home.php>

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. A. **Tratamento de água:** Tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

ROSSMAN, L. A. EPANET 2 - Users manual. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2000. Tradução e Adaptação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

SAKER, João Paulo Pellegrini. **Saneamento básico e desenvolvimento**. Dissertação de mestrado em Direito Político e Econômico – Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2007.

SILVA, Andrea dos Santos. Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita - PB e propostas de melhoria / Andrea Dos Santos Silva. - João Pessoa, 2019.

SILVA, Rodrigues E. Os cursos da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos. Tese de Doutoramento. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 1998.

SOARES, Stela de Almeida. Gestão de Recursos Hídricos / Stela de Almeida Soares. Curitiba. Editora InterSaberes. 2015.

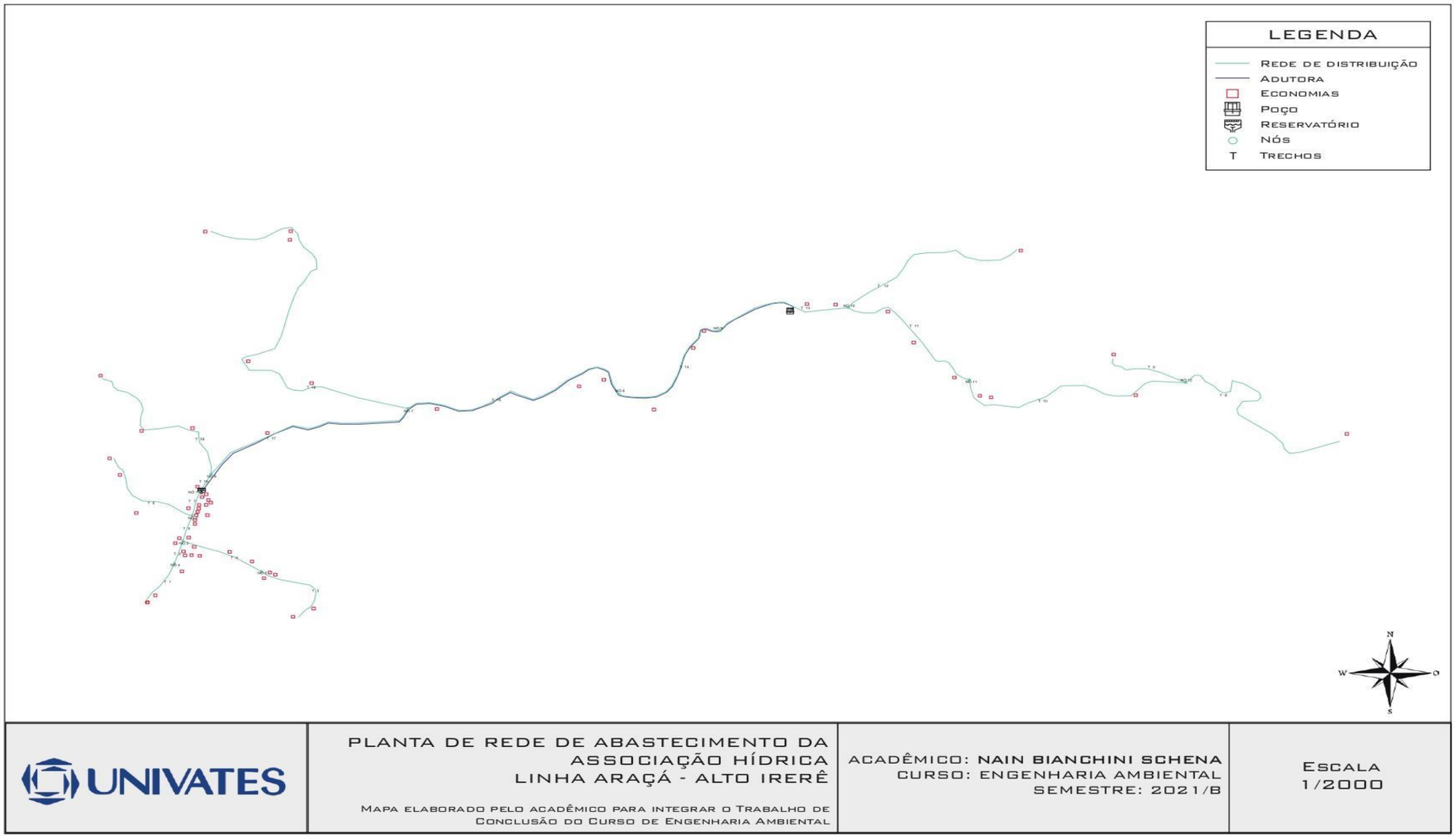
TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 2.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

TSUTIYA, Milton T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

VON SPERLING, Marcos**. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** / Marcos Von Sperling. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MAPA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO



UNIVATES	PLANTA DE REDE DE ABASTECIMENTO DA ASSOCIAÇÃO HÍDRICA LINHA ARAÇÁ - ALTO IRERÊ Mapa elaborado pelo acadêmico para integrar o Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental	ACADÊMICO: NAIN BIANCHINI SCHENA CURSO: ENGENHARIA AMBIENTAL SEMESTRE: 2021/B	Escala 1/2000

Fonte :Autor (2021).

APÊNDICE B – PLANILHA DE SITUAÇÃO

SITUAÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA L. ARAÇÁ/ALTO IRERÊ			Vazão total da rede = 0,188 l/s			Taxa de Consumo = 0,00302518 l/s.casa							C = 140			
Trecho	Extensão (m)	Quant. Casas	Vazão (l/s)				Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Perda Carga Unitária (m/m)	Cota Piezométrica Montante (m)	Perda Carga (mca)	Cota Piezométrica Jusante (m)	Cota do Terreno (m)		Pressão Disponível (mca)	
			Qj. Jusante	Qtr. Marcha	Qm. Montante	Fictícia (l/s)							Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	**225**	**3**	0,000	0,009	0,009	0,005	40	0,007	0,000001	630,9842	0,0002	630,9840	**626,0**	**630,0**	4,98	0,98
2	**116**	**5**	0,009	0,015	0,024	0,012	40	0,019	0,000006	630,9849	0,0007	630,9842	**623,0**	**626,0**	7,98	4,98
3	**260**	**5**	0,000	0,015	0,015	0,008	40	0,012	0,000002	630,9829	0,0006	630,9822	**617,0**	**616,0**	13,98	14,98
4	**349**	**3**	0,015	0,009	0,024	0,012	40	0,019	0,000006	630,9849	0,0020	630,9829	**623,0**	**617,0**	7,98	13,98
5	**128**	**4**	0,048	0,012	0,061	0,030	40	0,048	0,000032	630,9890	0,0041	630,9849	**621,0**	**623,0**	9,99	7,98
6	**422**	**3**	0,000	0,009	0,009	0,005	40	0,007	0,000001	630,9890	0,0004	630,9886	**621,0**	**616,0**	9,99	14,99
7	**129**	**11**	0,070	0,033	0,103	0,051	40	0,082	0,000085	**631,0000**	0,0110	630,9890	**626,0**	**621,0**	5,00	9,99
8	**681**	**1**	0,000	0,003	0,003	0,002	40	0,002	0,000000	630,9077	0,0001	630,9077	**562,0**	**591,0**	68,91	39,91
9	**315**	**1**	0,000	0,003	0,003	0,002	40	0,002	0,000000	630,9077	0,0000	630,9077	**562,0**	**545,0**	68,91	85,91
10	**870**	**3**	0,006	0,009	0,015	0,008	40	0,012	0,000002	630,9099	0,0021	630,9077	**620,0**	**562,0**	10,91	68,91
11	**602**	**3**	0,015	0,009	0,024	0,012	40	0,019	0,000006	630,9134	0,0035	630,9099	**603,0**	**620,0**	27,91	10,91
12	**735**	**1**	0,000	0,003	0,003	0,002	40	0,002	0,000000	630,9134	0,0001	630,9133	**603,0**	**591,0**	27,91	39,91
13	**529**	**2**	0,030	0,006	0,036	0,018	40	0,029	0,000012	630,9200	0,0066	630,9134	**590,0**	**603,0**	40,92	27,91
14	**561**	**3**	0,036	0,009	0,045	0,023	40	0,036	0,000019	630,9305	0,0105	630,9200	**575,0**	**590,0**	55,93	40,92
15	**986**	**3**	0,045	0,009	0,054	0,027	40	0,043	0,000026	630,9564	0,0259	630,9305	**589,0**	**575,0**	41,96	55,93
16	**1175**	**5**	0,000	0,015	0,015	0,008	40	0,012	0,000002	630,9564	0,0029	630,9535	**589,0**	**487,0**	41,96	143,95

Continua

Conclusão

17	**854**	**1**	0,070	0,003	0,073	0,036	40	0,058	0,000045	630,9946	0,0382	630,9564	**622,0**	**589,0**	8,99	41,96
18	**641**	**3**	0,000	0,009	0,009	0,005	40	0,007	0,000001	630,9946	0,0006	630,9940	**622,0**	**583,0**	8,99	47,99
19	**90**	**1**	0,082	0,003	0,085	0,042	40	0,067	0,000060	**631,0000**	0,0054	630,9946	**626,0**	**622,0**	5,00	8,99
LT =	9668	m		Qt =	0,188	l/s										

Fonte: Autor (2021).

APÊNDICE C – ELEVAÇÃO DO RESERVATÓRIO

ELEVAÇÃO DO RESERVATÓRIO DAREDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA						Vazão total da rede = 0,188 l/s		Taxa de Consumo = 0,00302518 l/s.casa			C = 140					
Trecho	Extensão (m)	Quant. Casas	Vazão (l/s)			Fictícia (l/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Perda Carga Unitária (m/m)	Cota Piezométrica Montante (m)	Perda Carga (mca)	Cota Piezométrica Jusante (m)	Cota do Terreno (m)		Pressão Disponível (mca)	
			Qj. Jusante	Qtr. Marcha	Qm. Montante								Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	**225**	**3**	0,000	0,009	0,009	0,005	40	0,007	0,000001	640,0002	0,0002	**640,0000**	**626,0**	**630,0**	14,00	10,00
2	**116**	**5**	0,009	0,015	0,024	0,012	40	0,019	0,000006	640,0009	0,0007	640,0002	**623,0**	**626,0**	17,00	14,00
3	**260**	**5**	0,000	0,015	0,015	0,008	40	0,012	0,000002	639,9988	0,0006	639,9982	**617,0**	**616,0**	23,00	24,00
4	**349**	**3**	0,015	0,009	0,024	0,012	40	0,019	0,000006	640,0009	0,0020	639,9988	**623,0**	**617,0**	17,00	23,00
5	**128**	**4**	0,048	0,012	0,061	0,030	40	0,048	0,000032	640,0050	0,0041	640,0009	**621,0**	**623,0**	19,00	17,00
6	**422**	**3**	0,000	0,009	0,009	0,005	40	0,007	0,000001	640,0050	0,0004	640,0046	**621,0**	**616,0**	19,00	24,00
7	**129**	**11**	0,070	0,033	0,103	0,051	40	0,082	0,000085	640,0160	0,0110	640,0050	**626,0**	**621,0**	14,02	19,00
8	**681**	**1**	0,000	0,003	0,003	0,002	40	0,002	0,000000	639,9237	0,0001	639,9236	**562,0**	**591,0**	77,92	48,92
9	**315**	**1**	0,000	0,003	0,003	0,002	40	0,002	0,000000	639,9237	0,0000	639,9237	**562,0**	**545,0**	77,92	94,92
10	**870**	**3**	0,006	0,009	0,015	0,008	40	0,012	0,000002	639,9259	0,0021	639,9237	**620,0**	**562,0**	19,93	77,92
11	**602**	**3**	0,015	0,009	0,024	0,012	40	0,019	0,000006	639,9294	0,0035	639,9259	**603,0**	**620,0**	36,93	19,93
12	**735**	**1**	0,000	0,003	0,003	0,002	40	0,002	0,000000	639,9294	0,0001	639,9293	**603,0**	**591,0**	36,93	48,93
13	**529**	**2**	0,030	0,006	0,036	0,018	40	0,029	0,000012	639,9360	0,0066	639,9294	**590,0**	**603,0**	49,94	36,93
14	**561**	**3**	0,036	0,009	0,045	0,023	40	0,036	0,000019	639,9465	0,0105	639,9360	**575,0**	**590,0**	64,95	49,94
15	**986**	**3**	0,045	0,009	0,054	0,027	40	0,043	0,000026	639,9724	0,0259	639,9465	**589,0**	**575,0**	50,97	64,95

16	**1175**	**5**	0,000	0,015	0,015	0,008	40	0,012	0,000002	639,9724	0,0029	639,9695	**589,0**	**487,0**	50,97	152,97

Continua

Conclusão

17	**854**	**1**	0,070	0,003	0,073	0,036	40	0,058	0,000045	640,0106	0,0382	639,9724	**622,0**	**589,0**	18,01	50,97
18	**641**	**3**	0,000	0,009	0,009	0,005	40	0,007	0,000001	640,0106	0,0006	640,0100	**622,0**	**583,0**	18,01	57,01
19	**90**	**1**	0,082	0,003	0,085	0,042	40	0,067	0,000060	640,0160	0,0054	640,0106	**626,0**	**622,0**	14,02	18,01
LT	9668	m		Qt =	0,188	l/s										

Fonte: Autor (2021).



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09