

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANA PAULA DE OLIVEIRA**

**Impactos da implantação de um sistema simplificado de tratamento de água em área rural: estudo de caso em escola de Monte Verde, Juiz de Fora**

**JUIZ DE FORA**

**2024**

**ANA PAULA DE OLIVEIRA**

**Impactos da implantação de um sistema simplificado de tratamento de água em área rural: estudo de caso em escola de Monte Verde, Juiz de Fora**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Área de concentração: saneamento

Linha de pesquisa: políticas públicas e gestão

Orientador: Nathalia Roland de Souza Ribeiro

**JUIZ DE FORA**

**2024**

**ANA PAULA DE OLIVEIRA**

**Impactos da implantação de um sistema simplificado de tratamento de água em área rural: estudo de caso em escola de Monte Verde, Juiz de Fora**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Aprovado em 7 de outubro de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Profa. Dra. Nathalia Roland de Souza Ribeiro – Orientadora  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Renata de Oliveira Pereira  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Engenheira Keila Tinoco de Souza  
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter me guiado com sabedoria e força ao longo dessa jornada, me sustentando em cada passo e não me deixando desistir, mesmo diante dos desafios.

Aos meus pais, pelo amor incondicional e pelo apoio constante, que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Agradeço também aos meus colegas de curso, que compartilharam essa caminhada comigo, em especial Luana, que tornou esse percurso mais leve e significativo desde o momento em que nos conhecemos.

À equipe da Escola Municipal, minha mais profunda gratidão. Sem o acolhimento e a boa vontade de todos, este projeto não teria sido possível. Obrigada por abrirem as portas, por me receberem com tanto carinho e por contribuírem tão generosamente ao responder minhas perguntas.

Agradeço especialmente à professora Nathália, que colocou em meu caminho este projeto tão transformador. Sua paciência, clareza e orientação foram essenciais para que eu pudesse concretizar este trabalho. O meu sincero e profundo agradecimento.

Às membras da banca, professora Renata e a mestranda Keila, minha gratidão por aceitarem o convite para a avaliação deste trabalho. Obrigada pela disponibilidade e participação. À professora Renata, em especial, que sempre falou com tanto entusiasmo sobre este projeto em suas aulas, ajudando a despertar ainda mais meu interesse pelo tema.

Por fim, expresso minha gratidão a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste trabalho. A cada gesto de apoio, incentivo e colaboração, meu sincero agradecimento. Muito obrigada!

## RESUMO

A água é um recurso vital para a sobrevivência humana e a saúde pública, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento e bem-estar das comunidades. No entanto, a qualidade da água consumida pode estar comprometida em áreas rurais devido à falta de infraestrutura adequada de coleta, tratamento e distribuição de água. Nessas condições, a presença de contaminantes e patógenos na água pode representar sérios riscos à saúde da população, resultando em doenças de veiculação hídrica e outros problemas de saúde pública. Diante desse cenário, a implementação de sistemas de tratamento de água eficientes e acessíveis torna-se uma prioridade para garantir o acesso à água potável em comunidades rurais. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos pós-instalação de um sistema simplificado de tratamento de água em uma escola da área rural de Monte Verde, Juiz de Fora. A metodologia adotada foi uma abordagem qualitativa, com o propósito de explorar em profundidade as experiências dos participantes e suas percepções em relação à implementação do sistema de tratamento de água. A técnica utilizada foi a de entrevistas semiestruturadas, que combina perguntas previamente elaboradas com a flexibilidade para explorar novos tópicos que possam surgir espontaneamente durante a conversa. Os resultados indicaram que a implementação do sistema de tratamento de água gerou impactos positivos em várias áreas. A manutenção do sistema, realizada pela própria comunidade, tem se mostrado eficaz em atividades essenciais, como a limpeza regular do filtro e a aplicação do cloro, embora ainda haja a necessidade de suporte técnico especializado para garantir a continuidade do funcionamento adequado. A aceitação do cloro, que inicialmente encontrou resistência por parte dos usuários, está sendo gradualmente incorporada à rotina escolar, com as crianças se adaptando ao uso da água tratada. Além disso, foi observada uma redução significativa nas queixas de doenças relacionadas à qualidade da água e uma diminuição nas faltas escolares, o que reflete uma melhora considerável na qualidade de vida dos usuários.

**Palavras-chave:** Saneamento Rural. Sistema de tratamento de água. Saúde Pública. Entrevista semiestruturada. Abordagem qualitativa.

## ABSTRACT

Water is a vital resource for human survival and public health, playing a fundamental role in the development and well-being of communities. However, the quality of water consumed can be compromised in rural areas due to the lack of adequate infrastructure for water collection, treatment, and distribution. In these conditions, the presence of contaminants and pathogens in the water can pose serious health risks to the population, leading to waterborne diseases and other public health issues. Given this scenario, the implementation of efficient and accessible water treatment systems becomes a priority to ensure access to safe drinking water in rural communities. In this context, the present study aimed to evaluate the post-installation impacts of a simplified water treatment system in a school in the rural area of Monte Verde, Juiz de Fora. The methodology adopted was a qualitative approach, with the purpose of deeply exploring the experiences of the participants and their perceptions regarding the implementation of the water treatment system. The technique used was semi-structured interviews, which combined pre-prepared questions with the flexibility to explore new topics that might arise spontaneously during the conversation. The results indicated that the implementation of the water treatment system had positive impacts in various areas. The maintenance of the system, carried out by the community itself, has proven to be effective in essential activities such as regular filter cleaning and chlorine application, although there is still a need for specialized technical support to ensure the continued proper functioning of the system. The acceptance of chlorine, which initially faced resistance from users, is gradually being incorporated into the school routine, with children adapting to the use of treated water. Additionally, there was a significant reduction in complaints about water-related illnesses and a decrease in school absences, reflecting a considerable improvement in the quality of life for the users.

**Keywords:** Rural Sanitation. Water Treatment System. Public Health. Semi-structured Interview. Qualitative Approach.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Cobertura de abastecimento de água no Brasil por macrorregião (2022).....	20
<b>Figura 2:</b> Cobertura de esgotamento sanitário no Brasil por macrorregião (2022).....	20
<b>Figura 3:</b> Integração dos eixos Gestão dos serviços, Educação e Participação Social e Tecnologia no Saneamento Rural.....	24
<b>Figura 4:</b> Técnicas usuais de tratamento de água para abastecimento público.....	31
<b>Figura 5:</b> Mapa de Localização do Distrito de Monte Verde.....	37
<b>Figura 6:</b> Sistema simplificado de tratamento de água implementado na escola.....	38
<b>Figura 7:</b> Projeto do pré-filtro.....	39
<b>Figura 8:</b> Projeto do filtro lento.....	40
<b>Figura 9:</b> Clorador.....	40
<b>Figura 10:</b> Nascente que abastece a escola.....	44

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
3.1. O Saneamento no Brasil.....	16
3.2. O Saneamento nas áreas rurais.....	21
3.3. Técnicas de tratamento de água.....	29
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
4.1. Caracterização da área de estudo.....	37
4.2. Coleta e análise dos dados.....	40
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>44</b>
5.1. Manutenção do sistema.....	44
5.2. Aceitação do cloro.....	49
5.3. Impactos na saúde.....	53
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTAS.....</b>	<b>64</b>

## **APRESENTAÇÃO**

O presente trabalho foi elaborado e avaliado no formato de monografia, de acordo com as normas definidas na Resolução nº 17/2023 do Colegiado do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFJF, como pré-requisito para aprovação na disciplina Trabalho Final de Curso II (ESA098).

## 1. INTRODUÇÃO

O acesso à água potável e ao saneamento básico é um direito humano fundamental e uma necessidade essencial para a promoção da saúde pública e do bem-estar das populações. No Brasil, o saneamento básico ainda enfrenta grandes desafios, especialmente em áreas rurais. Historicamente, as políticas de saneamento no país foram predominantemente focadas nas áreas urbanas, em detrimento das áreas rurais, onde a infraestrutura de saneamento é frequentemente inadequada ou inexistente (Heller; Rezende, 2016). Essa disparidade evidencia a necessidade de intervenções eficazes que possam atender às demandas dessas regiões, garantindo a qualidade de vida e a saúde das comunidades.

As áreas rurais no Brasil enfrentam desafios específicos no que diz respeito ao saneamento básico. A cobertura de serviços de água e esgoto nessas regiões é significativamente menor do que em áreas urbanas. Apenas uma pequena parcela da população rural tem acesso a serviços de saneamento adequados, o que impacta diretamente a saúde, a educação e a qualidade de vida dessas comunidades (Bernardino; Costa; Oliveira, 2020). Essa situação é agravada pela distribuição desigual de recursos e pela falta de uma estratégia coordenada que aborde de maneira eficaz as necessidades dessas áreas (Souza; Costa, 2016).

Além disso, a precariedade dos serviços de saneamento nas áreas rurais está fortemente associada a problemas de saúde pública, especialmente relacionados a doenças de veiculação hídrica. O baixo índice de cobertura de serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água de qualidade aumenta a incidência de doenças como diarreia, hepatite A, e parasitoses, que afetam principalmente crianças e populações vulneráveis (Souza; Costa, 2016). Estudos mostram que a melhoria no saneamento básico, mesmo em pequena escala, pode reduzir significativamente os índices de mortalidade infantil e melhorar o desenvolvimento socioeconômico dessas comunidades (Rezende; Heller, 2008).

Segundo dados do DATASUS de 2021, quase 130 mil internações ocorreram devido a doenças de veiculação hídrica, resultando em quase 1.500 óbitos pela mesma causa. Esse panorama revela a grave situação da saúde pública associada à falta de saneamento adequado (DATASUS, 2021). A situação é ainda mais crítica nas zonas rurais do país. De acordo com a Análise Situacional do Saneamento Rural no Brasil, realizada pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) em 2021, apenas 40,5% dos moradores das áreas rurais possuem acesso adequado ao abastecimento de água. Entre os restantes, 33,5% recebem um atendimento precário e 26% não têm acesso algum a esses serviços essenciais (FUNASA, 2021). Essa

carência evidencia a necessidade urgente de soluções práticas e adaptáveis às realidades locais, de modo a reduzir as desigualdades no acesso ao saneamento (Ferreira *et al.*, 2019).

Dentre as diversas tecnologias de tratamento de água disponíveis, o sistema simplificado de Filtração em Múltiplas Etapas - FiME tem se destacado como uma opção promissora para áreas rurais devido à sua simplicidade, baixo custo de manutenção e eficácia na remoção de contaminantes. Este sistema utiliza uma sequência de pré-filtro, filtro lento de areia e desinfecção para tratar a água, eliminando partículas, sedimentos e microrganismos patogênicos (Libânio, 2016). Eles representam uma alternativa sustentável para fornecer água potável a comunidades que atualmente carecem de infraestrutura adequada. No entanto, a implementação e o funcionamento contínuo desses sistemas requerem uma análise cuidadosa dos impactos sociais, econômicos e ambientais, além da aceitação e engajamento da comunidade local (Ferreira *et al.*, 2019). Sem o envolvimento ativo das comunidades, as soluções propostas podem não ser sustentáveis a longo prazo (Ribeiro, 2016). Essa carência evidencia a necessidade de soluções práticas e adaptáveis às realidades locais, de modo a reduzir as desigualdades no acesso ao saneamento (Alves; Dias, 2018).

Para superar os desafios do saneamento básico no Brasil, é imperativo um esforço conjunto dos governos federal, estadual e municipal, além da participação ativa dos prestadores de serviços e da sociedade civil (Brasil, 2019b). No meio rural, especialmente, a participação social é essencial para garantir que as soluções sejam adequadas às necessidades locais e sustentáveis a longo prazo. Sistemas de saneamento implementados sem o envolvimento comunitário, muitas vezes são abandonados, resultando em desperdício de recursos e manutenção inadequada (Ribeiro, 2016). A combinação de tecnologias apropriadas e participação comunitária pode levar a soluções mais eficazes e duradouras para o saneamento nas áreas rurais (Alves; Dias, 2018).

Diante do exposto, este trabalho visa avaliar os impactos pós-instalação de um sistema de tratamento de água em uma escola da área rural de Monte Verde, Juiz de Fora. A escolha dessa localidade se deve ao seu contexto representativo das dificuldades enfrentadas por muitas comunidades rurais brasileiras no acesso a serviços de saneamento básico adequados.

Assim, este trabalho não só avalia a eficácia técnica do sistema de tratamento simplificado, mas também considera os aspectos humanos e sociais, essenciais para o sucesso e sustentabilidade das intervenções em saneamento básico. A análise dos impactos e a discussão dos resultados proporcionarão conhecimentos valiosos para futuras iniciativas de saneamento em contextos similares, promovendo uma melhoria contínua nas condições de vida das populações rurais.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar os impactos pós-instalação de um tratamento simplificado de água em uma escola de Monte Verde, Juiz de Fora - MG.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analisar a capacidade de manutenção realizada pela comunidade escolar no sistema de tratamento simplificado de água.
- Investigar a aceitação do cloro pelos usuários em relação ao sabor do cloro no sistema de tratamento de água.
- Levantar possíveis relatos de impactos na saúde, decorrentes do processo de tratamento de água.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1. O Saneamento no Brasil**

O saneamento básico é um direito humano fundamental, essencial para garantir a dignidade e a qualidade de vida das pessoas. Em 2010, a Organização das Nações Unidas (ONU) reforçou essa importância ao adotar a Resolução Nº 64/292, que reconhece explicitamente o abastecimento de água e o esgotamento sanitário como direitos humanos (ONU, 2010). Este reconhecimento enfatiza a necessidade de políticas públicas eficazes e investimentos contínuos para assegurar que todas as pessoas tenham acesso a esses serviços vitais, promovendo a saúde, o bem-estar e a equidade social.

O Brasil enfrenta décadas de deficiências no saneamento básico, desde meados do século XX, a intensa migração da população para as zonas urbanas induziu a formação de periferias mais carentes, com pouca qualidade de vida. A urbanização rápida e desordenada resultou em áreas densamente povoadas sem a infraestrutura adequada de serviços básicos, como abastecimento de água e esgotamento sanitário, o que agravou os problemas de saúde pública (Heller, 2006).

Visando reduzir os déficits de abastecimento de água e esgoto nas cidades, em 1970, foi instituído o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Este plano foi um marco importante na estruturação dos serviços de saneamento no Brasil, pois estabeleceu a criação de companhias estaduais de saneamento, responsáveis pela operação e expansão dos sistemas de água e esgoto em seus respectivos estados. O PLANASA promoveu a centralização da gestão e do financiamento do saneamento básico, facilitando a captação de recursos e a execução de grandes projetos de infraestrutura, afirma Rocha (2018).

Como ressalta Raid (2017), apesar dos avanços promovidos pelo PLANASA, a cobertura dos serviços de saneamento ainda era insuficiente e desigual. O PLANASA concentrou seus investimentos principalmente em áreas urbanas e em localidades com maior poder econômico, deixando de lado as áreas rurais e as periferias urbanas. Essa concentração de recursos agravou as desigualdades regionais e socioeconômicas no acesso ao saneamento básico, resultando em uma cobertura limitada e ineficiente para as populações mais vulneráveis.

Diante da necessidade urgente de melhorar as condições sanitárias do país e de sanar as disparidades no acesso aos serviços de saneamento, o Brasil deu um passo importante em 2007 com a promulgação da Lei Federal nº 11.445. Esta lei, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, representou um marco histórico ao consolidar um

conjunto de normas e princípios fundamentais para a prestação desses serviços essenciais. A Lei nº 11.445/2007 define o saneamento básico como:

[...] conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. A prestação dos serviços é orientada pela visão integrada dos quatro componentes e sua articulação com políticas de desenvolvimento urbano e regional, habitação, combate à pobreza e de sua erradicação, proteção ambiental, promoção da saúde, recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida para as quais o saneamento básico seja fator determinante (BRASIL, 2007).

A Lei nº 11.445/2007 visa garantir a universalização do acesso ao saneamento básico, promovendo a saúde pública e o desenvolvimento sustentável. Entre suas diretrizes, destacam-se a priorização das áreas de maior vulnerabilidade, a integração das políticas de saneamento com outras políticas setoriais e a promoção da participação social na gestão dos serviços. Esta promoção inclui o controle social dos serviços de saneamento, a criação de conselhos municipais de saneamento e a realização de audiências públicas (Brasil, 2007). Esta legislação moderna e abrangente foi essencial para estabelecer um marco regulatório que orientasse e incentivasse os investimentos necessários para a melhoria e expansão dos serviços de saneamento em todo o país.

Em 2020, o novo Marco Legal do Saneamento, Lei nº 14.026, trouxe importantes atualizações e aprimoramentos à Lei nº 11.445/2007, com o objetivo de atrair mais investimentos para o setor e acelerar a universalização dos serviços. Entre as mudanças, destacam-se a exigência de licitações para a concessão dos serviços de saneamento, a meta de universalização até 2033, e a maior participação da iniciativa privada, visando a ampliação da cobertura e a melhoria da qualidade dos serviços (Brasil, 2020).

A Lei nº 14.026/2020 também introduziu outras inovações significativas. Por exemplo, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) recebeu a atribuição regulatória do setor, com a missão de harmonizar normas e promover a segurança jurídica para investimentos. Além disso, estabeleceu a obrigatoriedade de que municípios e prestadores de serviços comprovem a capacidade econômico-financeira para a universalização e prestação adequada dos serviços de saneamento, incentivando a eficiência e a sustentabilidade dos projetos (Brasil, 2020).

Outra mudança importante foi a incorporação de metas específicas de desempenho, tanto para a expansão da cobertura dos serviços quanto para a melhoria da qualidade. A lei estipula que, até 2033, 99% da população brasileira deve ter acesso a água potável e 90% ao

tratamento e à coleta de esgoto (Brasil, 2020). Para apoiar o cumprimento dessas metas, foram previstas medidas como a ampliação do acesso a financiamentos e a facilitação de parcerias público-privadas.

Com a finalidade de aprimorar os serviços de saneamento e elevar a saúde e a qualidade de vida da população, o Brasil tem implementado políticas de saneamento básico de maneira gradual e contínua ao longo dos últimos anos. Assim foi implantado o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que é um instrumento estratégico criado para orientar as políticas públicas de saneamento básico no Brasil. Instituído pelo Artigo 52 da Lei nº 11.445/2007, o PLANSAB foi desenvolvido sob a coordenação do Ministério das Cidades e publicado em 2013. O plano visa ao desenvolvimento e estabelecimento de diretrizes, metas, ações e meios de fiscalização para o setor de saneamento básico, considerando um horizonte de 20 anos (2014 a 2033) e prevendo a realização de revisões a cada 4 anos (Brasil, 2019a).

Embora o PLANSAB tenha estabelecido uma base sólida para o planejamento e a gestão do saneamento básico no Brasil, sua implementação enfrenta desafios significativos. Entre eles, destacam-se a necessidade de mobilizar recursos financeiros, capacitar gestores e operadores, e superar as barreiras institucionais e burocráticas.

Apesar dos avanços legislativos, o Brasil ainda enfrenta grandes desafios no setor de saneamento básico. De acordo com os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2022, mais de 15% da população brasileira ainda não tem acesso ao sistema de abastecimento de água. Além disso, 44% dos brasileiros vivem sem serviços de esgotamento sanitário adequados (SNIS, 2022).

Em 2022, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) reuniu dados sobre a prestação de serviços públicos de abastecimento de água em 5.451 municípios brasileiros, abrangendo 201,7 milhões de habitantes, o que representa 99,3% da população total do país. Desses municípios, 5.424 contavam com sistemas públicos de abastecimento de água (99,5% da amostra), enquanto 27 municípios (0,5% da amostra) utilizavam soluções alternativas, como poços, cisternas e caminhões-pipa, para atender suas necessidades de abastecimento (SNIS, 2022).

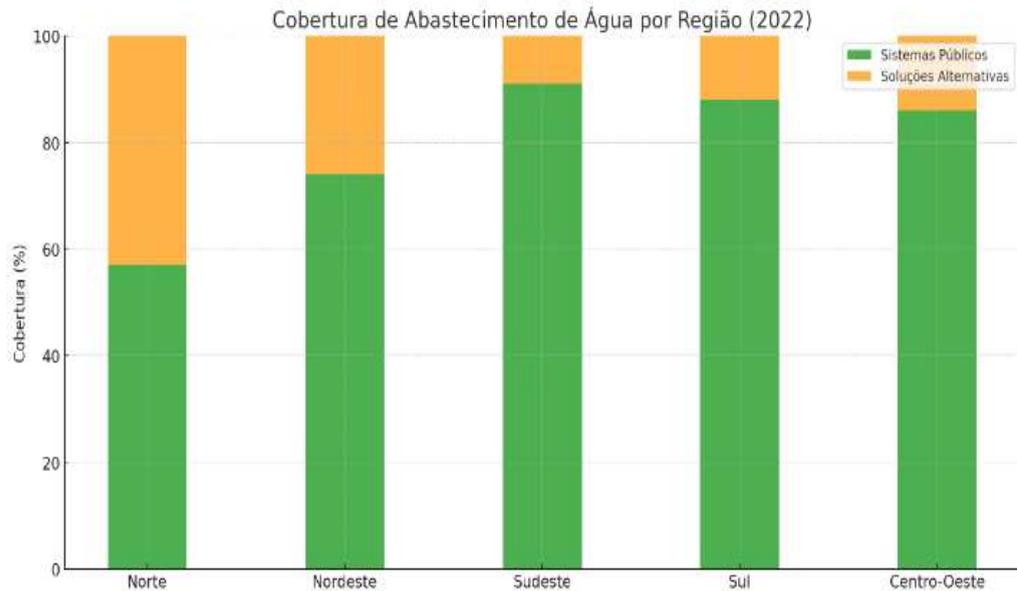
Ainda no mesmo ano, o SNIS reuniu informação da prestação de serviços públicos de esgotamento sanitário em 5.150 municípios (92,5% dos 5.570 do país), abrangendo 198,0 milhões de habitantes (97,5% da população total). Desses, somente 2.902 municípios contavam com sistemas públicos (56,3% da amostra), enquanto 2.248 municípios (43,7% da amostra) utilizavam soluções alternativas para o atendimento, como fossa séptica, fossa

rudimentar, vala a céu aberto e lançamento em cursos d'água, sendo somente a primeira dessas considerada adequada pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (SNIS, 2022).

O acesso inadequado ao saneamento básico tem impactos diretos na saúde pública. A falta de tratamento adequado da água e do esgoto contribui para a propagação de doenças de veiculação hídrica, como diarreias, hepatites e parasitoses. Segundo o Instituto Trata Brasil, as internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento inadequado atingiram mais de 273 mil casos em 2018 (ITB, 2018) .

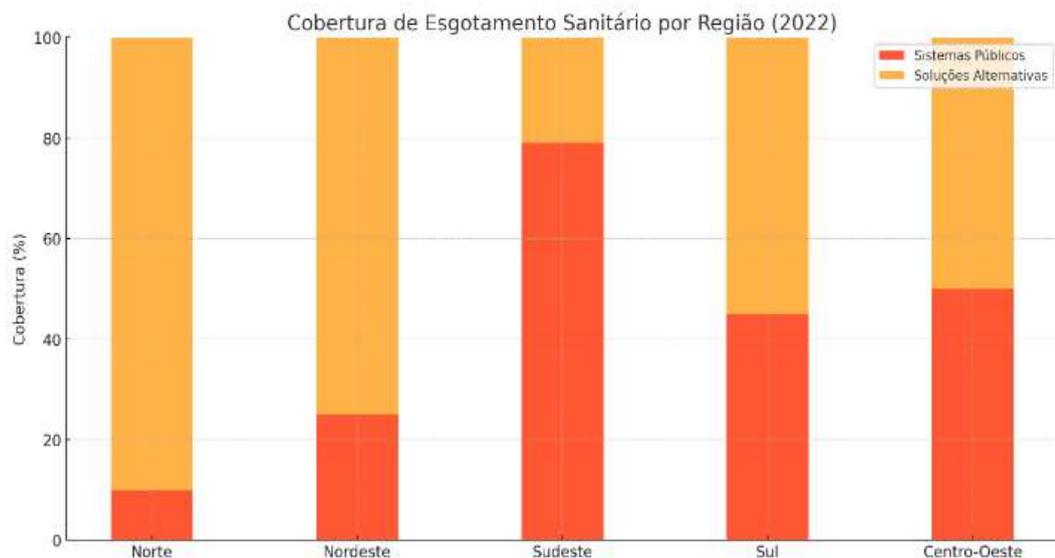
As desigualdades regionais são acentuadas no Brasil. Regiões como o Norte e o Nordeste apresentam os piores índices de cobertura, refletindo a necessidade de investimentos prioritários nessas áreas. De acordo com o SNIS (2022), cerca de 57% da população da região Norte tem acesso à rede de abastecimento de água, enquanto apenas 10% têm acesso à rede de esgotamento sanitário. No Nordeste, aproximadamente 74% da população tem acesso à rede de abastecimento de água, e cerca de 25% têm acesso à rede de esgotamento sanitário. Em contraste, no Sudeste, 91% da população tem acesso à rede de abastecimento de água e 79% têm acesso à rede de esgotamento sanitário (SNIS, 2022). Essas desigualdades são apresentadas nas Figuras 1 e 2 e ilustram a importância das soluções alternativas em regiões onde a cobertura por sistemas públicos ainda é insuficiente, especialmente no Norte e Nordeste do Brasil.

**Figura 1 - Cobertura de abastecimento de água no Brasil por macrorregião (2022).**



Fonte: SNIS (2022).

**Figura 2 - Cobertura de esgotamento sanitário no Brasil por macrorregião (2022).**



Fonte: SNIS (2022).

As disparidades entre áreas urbanas e rurais também são significativas, com a população rural tendo acesso ainda mais limitado a esses serviços essenciais, como será apresentado no tópico subsequente. Segundo o Censo Demográfico, do IBGE, em 2010, das

cerca de 12,2 milhões de pessoas que acessavam a água de forma inadequada no país, 8,8 milhões se encontravam em áreas rurais (IBGE, 2011).

Diante desses dados, fica claro que os serviços de saneamento básico no Brasil avançam de forma lenta, apesar das metas estabelecidas pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico de 2020: 99% para abastecimento de água e 90% para esgotamento sanitário até 2033 (Brasil, 2020). Nesse cenário, a universalização desses serviços não será atingida sem um maior envolvimento dos prestadores de serviços e um compromisso mais forte por parte dos governos federal, estaduais e municipais para que todas as localidades tenham acesso a esses direitos.

### **3.2. O Saneamento nas áreas rurais**

O saneamento básico em áreas rurais no Brasil é marcado por desigualdades significativas quando comparado às áreas urbanas. Tradicionalmente, as políticas de saneamento focaram predominantemente nas áreas urbanas, onde a densidade populacional e a capacidade de pagamento dos usuários justificavam maiores investimentos. Essa disparidade resulta em uma cobertura de serviços de água e esgoto muito menor nas áreas rurais, agravando os problemas de saúde pública e qualidade de vida nessas regiões (Silva, 2022).

A história do saneamento no Brasil começou a ganhar destaque a partir do século XX. Com o avanço das tecnologias e o crescimento urbanístico, surgiu a necessidade de consolidar políticas de saneamento mais robustas e eficientes. Entretanto, durante grande parte desse século, o foco esteve nas áreas urbanas, com a implementação de grandes sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. As áreas rurais, por outro lado, ficaram à margem desses investimentos, dependendo muitas vezes de soluções improvisadas e insustentáveis (Heller, 2018).

Na primeira metade do século XX, o Brasil foi afetado por frequentes epidemias de febre amarela e outras doenças, o que gerou uma pressão significativa de amplos setores da elite política brasileira para que o governo federal assumisse a responsabilidade pelos assuntos de saúde pública, especialmente nos estados que careciam de recursos técnicos e financeiros (Souza; Costa, 2016). A descoberta dessas doenças impulsionou investimentos em saneamento como uma forma eficaz de profilaxia das enfermidades. Essas iniciativas visavam não apenas o tratamento das doenças, mas também a sua prevenção através da melhoria das condições sanitárias (Souza; Costa, 2016). Esse contexto histórico levou à origem das políticas nacionais de saúde pública no Brasil entre 1910 e 1930, destacando a união entre

saneamento e saúde como componentes complementares de uma política unificada (Heller, 2018).

Heller (2018) afirma que a política nacional de saúde pública e o saneamento rural começaram a ser vistos como duas faces da mesma política, com esforços integrados para combater as doenças endêmicas e melhorar as condições de vida das populações rurais. Essa abordagem integrada reconhecia que a saúde pública dependia fortemente de condições sanitárias adequadas e que o saneamento era uma ferramenta crucial na luta contra doenças infecciosas.

Um destaque desse período foi a presença da Fundação Rockefeller, uma instituição norte-americana que desempenhou um papel fundamental no saneamento do Brasil, firmando contratos de cooperação com os governos estaduais e federal brasileiros com o objetivo de auxiliar no combate a doenças endêmicas, particularmente a ancilostomíase (infecção por ancilostomídeos) e a malária (Rezende; Heller, 2008). A fundação introduziu várias estratégias de intervenção que incluíam campanhas educativas, programas de saneamento e a construção de infraestrutura sanitária, como sistemas de água potável e redes de esgoto. Além disso, a Fundação ajudou na formação de profissionais de saúde e técnicos em saneamento, criando uma base de conhecimento local que poderia continuar o trabalho de combate às doenças após o término das suas intervenções diretas (Rezende; Heller, 2008).

Outro importante marco no desenvolvimento do saneamento e da saúde pública no Brasil foi a criação do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP) na década de 1940. Estabelecido em 1942 como resultado de uma colaboração entre o governo brasileiro e a Fundação Rockefeller, essa parceria foi fundamental para enfrentar os desafios de saúde pública no país, especialmente em áreas rurais e regiões carentes (Rezende; Heller, 2008).

O SESP foi criado com o objetivo de combater doenças endêmicas que afetavam grande parte da população brasileira, como a malária, a febre amarela, a esquistossomose e a ancilostomíase. Adotou uma abordagem integrada, combinando medidas de saneamento com campanhas de educação em saúde, vacinação e tratamento médico. Além disso, focou na formação de profissionais de saúde e na construção de infraestrutura sanitária, incluindo sistemas de abastecimento de água e redes de esgoto (Heller, 2018). Com o SESP, que contava com auxílio técnico e financeiro norte-americano, houve avanço do saneamento por meio da construção e financiamento de sistemas sanitários com foco nos vales dos rios Amazonas e Doce (Rezende; Heller, 2008).

Na década de 1960, com o término do convênio com os Estados Unidos e, conseqüentemente, a interrupção dos recursos financeiros norte-americanos, o SESP foi

transformado em Fundação SESP. Essa reestruturação teve como objetivo ampliar e consolidar as atividades iniciadas pelo SESP. A Fundação SESP continuou a trabalhar na promoção da saúde pública e na melhoria das condições sanitárias, com um foco especial em áreas rurais e regiões menos desenvolvidas. A transformação para Fundação SESP permitiu uma maior autonomia administrativa e financeira, cabendo o poder decisório aos municípios e facilitando a implementação de projetos e programas de saúde pública (Heller, 2018).

Posteriormente, a Fundação SESP foi fundida com a Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM) e outros órgãos governamentais. Essa fusão resultou na criação da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) que é o órgão atualmente responsável pelo saneamento rural no Brasil (Heller, 2018).

A FUNASA assumiu a missão de promover a saúde pública por meio de ações integradas de saneamento ambiental, controle de endemias e fortalecimento dos serviços de saúde. Entre suas principais atividades, destacam-se a implementação de sistemas de abastecimento de água potável, a construção de redes de esgoto, o manejo adequado de resíduos sólidos e a promoção de práticas de higiene e educação sanitária (Heller, 2018).

Apesar dos esforços significativos, a cobertura dos serviços de saneamento no Brasil ainda permanece insuficiente, especialmente em áreas rurais. Muitas das ações implementadas foram frequentemente mal executadas e descoordenadas, levando a resultados limitados. Isso resultou em melhorias pontuais em algumas regiões, mas não conseguiu proporcionar uma solução abrangente e sustentável para os desafios do saneamento rural no país (Rezende; Heller, 2008).

Com o aumento da conscientização sobre a importância do saneamento rural, foi criado em 2019, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), lançado pelo governo brasileiro, que representa uma tentativa de corrigir essas disparidades (Brasil, 2019b). Este programa visa promover soluções descentralizadas e adaptadas às realidades locais, incentivando a gestão comunitária dos serviços de saneamento e o uso de tecnologias apropriadas para pequenas comunidades. Apesar disso, a implementação efetiva dessas políticas enfrenta desafios significativos, como a falta de financiamento adequado e a necessidade de maior integração entre as esferas governamentais e as comunidades locais (Ferreira *et al.*, 2019).

O PNSR é uma iniciativa fundamental para enfrentar os desafios do saneamento em áreas rurais no Brasil, sendo estruturado em três eixos principais, conforme Figura 3: Gestão dos Serviços, Educação e Participação Social e Tecnologia, refletindo a complexidade e a necessidade de uma abordagem integrada para a melhoria das condições sanitárias nas zonas

rurais (Brasil, 2019b).

**Figura 3** - Integração dos eixos Gestão dos serviços, Educação e Participação Social e Tecnologia no Saneamento Rural.



Fonte: Brasil (2019b).

A gestão dos serviços de saneamento, conforme delineado pela Lei Federal nº 11.445/2007, é fundamental para assegurar que os serviços sejam prestados de forma segura e eficiente à população. Esse processo envolve diversas funções estruturantes, como planejamento, regulação, fiscalização, prestação dos serviços e controle social. Além dessas funções, a gestão dos serviços de saneamento deve promover medidas de saúde pública e salubridade ambiental, assegurando que as práticas adotadas resultem em melhorias na qualidade de vida e na proteção da saúde da população (Brasil, 2019b).

Além da gestão dos serviços, a educação e a participação social também são componentes estruturantes. A educação sensibiliza a população sobre a importância do saneamento e práticas de saúde pública, fornecendo informações sobre direitos e responsabilidades. Ela também inclui a formação contínua de operadores de serviços e a capacitação de gestores técnicos e administrativos, adaptando-se às especificidades locais e utilizando metodologias pedagógicas adequadas. A participação social envolve a colaboração ativa dos cidadãos na tomada de decisões e no monitoramento dos serviços, promovendo a

transparência e a responsabilidade. O engajamento social deve respeitar as características locais e incentivar a participação da comunidade na gestão dos serviços. A capacitação e o apoio técnico qualificado são fundamentais para a eficiência dos sistemas de saneamento, garantindo que os profissionais estejam bem preparados para enfrentar os desafios do setor (Brasil, 2019b).

No âmbito do PNSR, a participação social é fundamental para a consolidação e sustentabilidade das ações de saneamento. Por meio de processos educacionais, a participação social promove diálogos e decisões que fortalecem o uso e a gestão dos serviços de saneamento. A colaboração entre técnicos e usuários, e a articulação entre gestão e práticas educativas, são essenciais para evitar o desperdício de recursos e garantir a efetividade e continuidade das práticas de saneamento (Brasil, 2019b).

A integração eficaz de educação e participação social com a gestão dos serviços assegura que todos os atores, desde os usuários até os gestores, desempenhem suas funções de forma informada e engajada. Isso resulta em um sistema de saneamento mais eficiente, sustentável e adaptado às necessidades locais, promovendo a saúde pública e a salubridade ambiental (Brasil, 2019b).

No que se refere à tecnologia, o foco consiste em medidas estruturais, que são estabelecidas pelo PLANSAB, sendo constituídas por obras e intervenções físicas em infraestruturas de saneamento (Brasil, 2019a). O Eixo Tecnologia oferece suporte essencial às medidas estruturais no setor de saneamento, ao identificar e implementar soluções para o abastecimento de água, o tratamento de esgoto, o gerenciamento de resíduos sólidos e o controle das águas pluviais. As soluções podem ser classificadas em duas categorias: coletiva e individual. A abordagem coletiva se refere à implementação de sistemas que atendem a um grupo de residências de maneira integrada, proporcionando infraestrutura comum que beneficia vários domicílios simultaneamente. Em contraste, a abordagem individual se foca em soluções que são aplicadas diretamente em cada residência, atendendo às necessidades específicas de cada domicílio (Brasil 2019b). Além disso, o eixo Tecnologia deve considerar a viabilidade econômica e a sustentabilidade ambiental das soluções propostas, garantindo que os sistemas implementados sejam não apenas eficazes, mas também duradouros e adaptáveis às condições locais (Brasil 2019b).

Os eixos estratégicos do Programa Nacional de Saneamento Rural se fundamentam em elementos teórico-conceituais que visam assegurar a articulação eficaz entre a gestão dos serviços, a educação e participação social, e as escolhas tecnológicas. Essa integração é crucial para fortalecer as ações de maneira coesa e equitativa, garantindo a continuidade e a

sustentabilidade dos serviços de saneamento. Cada eixo é orientado por Diretrizes e Estratégias específicas, que são detalhadas para promover uma abordagem integrada (Brasil 2019b).

Os desafios de saneamento em áreas rurais também incluem questões geográficas e de acesso. Muitas comunidades estão localizadas em regiões de difícil acesso, o que dificulta a implementação e a manutenção de infraestruturas de saneamento. Além disso, a dispersão populacional nessas áreas aumenta o custo per capita das obras, tornando-as menos atrativas para investimentos públicos e privados. Por isso, soluções descentralizadas e adaptadas à realidade local são essenciais para a efetividade dos programas de saneamento rural (Ferreira *et al.*, 2019).

Outro aspecto importante a ser considerado é o impacto das questões socioeconômicas na prestação de saneamento rural. A pobreza pode limitar significativamente a capacidade das comunidades rurais de investir em infraestrutura de saneamento e na manutenção sustentável desses sistemas. Além disso, a falta de acesso a serviços essenciais, como educação e saúde, pode interagir de forma complexa com as iniciativas de saneamento, influenciando a conscientização e a aceitação das práticas sanitárias entre as populações rurais (Pinheiro, 2023).

O conceito de saneamento adequado é fundamental para garantir o bem-estar ambiental e o desenvolvimento econômico, especialmente nas áreas rurais. Por outro lado, o saneamento inadequado pode levar a doenças infecciosas e causar sérios danos ao ambiente e às comunidades. No âmbito do PNSR, a caracterização situacional do saneamento no Brasil é definida por dois conceitos principais: atendimento adequado e déficit, conforme apresentado no Quadro 1 (BRASIL, 2019b).

**Quadro 1** - Caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao abastecimento de água potável e esgotamento sanitário em áreas rurais.

Componente	Atendimento adequado	Déficit	
		Atendimento precário	Sem atendimento
Abastecimento de água potável	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento de água potável por rede de distribuição ou por poço, nascente ou cisterna, com canalização interna, em qualquer caso sem intermitências.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentre o conjunto com abastecimento de água por rede ou poço ou nascente, a parcela de domicílios que:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- não possui canalização interna;</li> <li>- recebe água fora dos padrões de potabilidade; e</li> <li>- tem intermitência.</li> </ul> </li> <li>• Uso de cisterna para água de chuva, que forneça água sem segurança sanitária e, ou, em quantidade insuficiente para a proteção à saúde.</li> <li>• Uso de reservatório abastecido por carro pipa.</li> </ul>	Todas as situações não enquadradas nas definições de atendimento e que se constituem em práticas consideradas inadequadas
Esgotamento sanitário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coleta de esgotos, seguida de tratamento.</li> <li>• Uso de fossa séptica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coleta de esgotos, não seguida de tratamento.</li> <li>• Uso de fossa rudimentar.</li> </ul>	

Fonte: Brasil (2019b).

De acordo com as definições do PNSR (2019), o acesso adequado aos serviços de saneamento vai além da simples disponibilidade de infraestrutura física, como redes de abastecimento de água e coleta de esgoto, sendo fundamental considerar também a qualidade dos serviços prestados. Assim, a ocorrência de interrupções no fornecimento de água ou a inadequação aos padrões de potabilidade não é aceitável. No que diz respeito ao esgotamento sanitário, não basta apenas a coleta, é essencial que o esgoto receba o tratamento apropriado antes de sua destinação final.

No entanto, ao avaliar a realidade do saneamento rural no Brasil, observa-se uma discrepância significativa entre a disponibilidade teórica de infraestrutura e a eficácia dos serviços prestados. Os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

revelam que apenas uma fração da população rural tem acesso a serviços de saneamento adequados. Segundo o SNIS (2019), enquanto 83,7% da população brasileira tem acesso ao abastecimento de água, nas áreas rurais esse índice cai para apenas 66,5%. Em relação ao esgotamento sanitário, a situação é ainda mais grave, com apenas 54,1% da população rural tendo acesso a algum tipo de serviço de coleta e tratamento de esgoto (Brasil, 2019b).

Como já mencionado, essas desigualdades são exacerbadas por fatores como a dispersão geográfica das comunidades rurais, que aumenta os custos de implementação e manutenção das infraestruturas de saneamento. Além disso, a falta de investimentos contínuos e a priorização das áreas urbanas nas políticas públicas resultam em serviços de saneamento precários ou inexistentes nas áreas rurais (Resende, Ferreira; Fernandes, 2018).

Uma abordagem eficaz para superar esses desafios é a implementação de modelos de gestão descentralizada, onde a comunidade local participa ativamente da operação e manutenção dos sistemas de saneamento. A sustentabilidade dos sistemas de saneamento nas áreas rurais depende não apenas da escolha de tecnologias apropriadas, mas também do envolvimento ativo da comunidade local. Modelos de gestão comunitária, onde os próprios moradores participam da operação e manutenção dos sistemas de saneamento, têm se mostrado eficazes na promoção da sustentabilidade a longo prazo. Esse modelo de gestão não só promove o uso adequado e a manutenção contínua das infraestruturas, mas também fortalece o senso de responsabilidade e pertencimento da comunidade (Rubim *et al.*, 2021).

Como exemplo de boa prática de gestão no setor de saneamento rural no Brasil, destaca-se o Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR). Implementado em alguns estados da região Nordeste do país desde 1995, o SISAR visa enfrentar a escassez de água potável e promover o desenvolvimento sustentável nas áreas atendidas. O programa se destaca por sua abordagem colaborativa, que envolve parcerias entre governos locais, comunidades e entidades privadas, promovendo a ampliação da oferta de água tratada e a melhoria das condições de saneamento básico (Castro, 2015).

Além de ampliar o acesso à água tratada e ao saneamento básico, o SISAR contribui para a capacitação de operadores locais e promove a conscientização sobre a importância do saneamento e da conservação da água. O impacto positivo é evidente na melhoria das condições de vida de milhares de brasileiros, com aumento da qualidade da água, redução de doenças relacionadas ao saneamento e fortalecimento da resiliência das comunidades frente a crises hídricas (Castro, 2015).

Segundo Castro (2015), às comunidades beneficiadas pelo SISAR frequentemente expressam uma sensação de felicidade e realização ao verem melhorias significativas em seus

serviços de saneamento. Esse impacto positivo não só eleva a qualidade de vida das pessoas, mas também fortalece a participação social, à medida que os cidadãos se sentem mais engajados e motivados a contribuir para a gestão e a sustentabilidade dos serviços de saneamento em suas comunidades.

A implementação do SISAR promoveu o surgimento de novas práticas políticas focadas no fortalecimento do controle social sobre as políticas de saneamento. Essa abordagem inovadora não só melhorou a gestão dos serviços, mas também oferece um modelo que pode ser adaptado e aplicado em outras regiões do Brasil que enfrentam desafios no acesso a serviços de saneamento básico. A experiência do SISAR demonstra como a integração de participação comunitária e gestão colaborativa pode contribuir para a melhoria das condições de saneamento em diferentes contextos (Camargo, 2022).

A participação social é fundamental para assegurar uma gestão eficiente e sustentável dos serviços de saneamento, especialmente em áreas rurais e isoladas onde a infraestrutura é frequentemente deficiente. Esse envolvimento comunitário pode facilitar a busca por soluções sustentáveis para os desafios relacionados ao saneamento básico. Através da integração de educação, participação ativa e controle social, é possível fomentar diálogos construtivos, tomar decisões informadas e implementar ações que potencializam a adoção e a eficácia dos serviços de saneamento (BRASIL, 2019a). Além disso, o apoio contínuo do poder público e a disponibilidade de recursos financeiros são fundamentais para a manutenção e expansão dos serviços de saneamento em áreas rurais.

### **3.3. Técnicas de tratamento de água**

As técnicas de tratamento de água desempenham um papel crucial na melhoria da qualidade da água em áreas rurais, onde a infraestrutura de saneamento é frequentemente inadequada ou inexistente. De acordo com Heller e Pádua (2010), a escolha da técnica apropriada depende de diversos fatores, incluindo as características da água bruta, as características topográficas, geológicas e geotécnicas, a capacidade técnica da comunidade e os recursos disponíveis para a instalação e manutenção dos sistemas. Além disso, devem ser consideradas as características sociais e culturais da população a ser atendida. Esses fatores devem ser cuidadosamente avaliados para garantir a eficácia e a sustentabilidade das técnicas de tratamento de água adotadas em comunidades rurais (Heller; Pádua, 2010).

As técnicas de tratamento de água podem ser classificadas em métodos físicos, químicos e biológicos, cada uma com suas vantagens e limitações. Os métodos físicos, como

a filtração e sedimentação, separam fisicamente os contaminantes da água. Os métodos químicos envolvem a adição de substâncias, como cloro ou ozônio, para desinfetar a água e inativar bactérias e outros organismos prejudiciais. Por fim, os métodos biológicos utilizam microorganismos para decompor poluentes orgânicos presentes na água (Libânio, 2016).

A combinação de processos e operações unitárias dão origem ao que se denomina "técnicas de tratamento de água". A tabela 1 descreve sucintamente considerações sobre os fundamentos dos principais processos e operações unitárias utilizadas no tratamento de água para abastecimento público ( Heller, Pádua, 2010).

**Tabela 1** - Principais processos e operações unitárias de tratamento de água para abastecimento público.

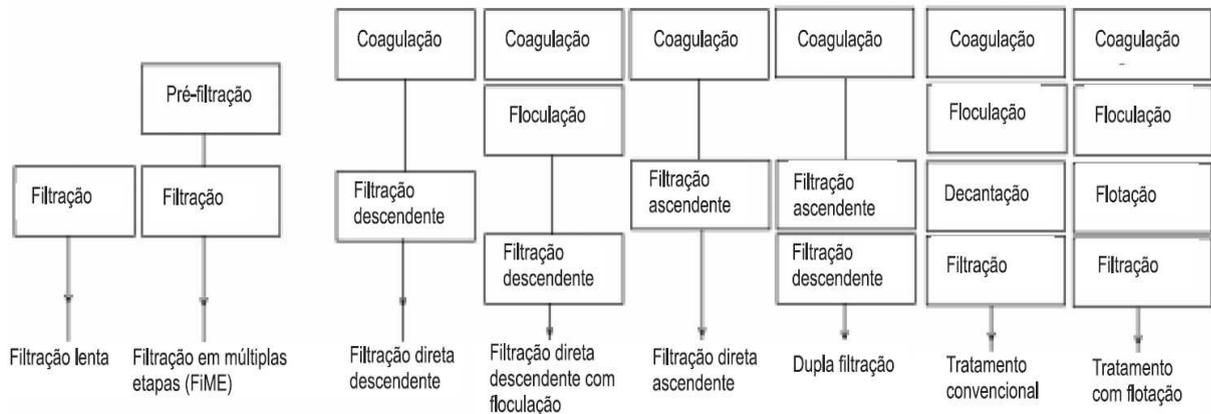
<b>Processo/ operação unitária</b>	<b>Descrição/finalidade</b>
Micropeneiramento	Passagem da água por peneiras com malhas de pequena abertura, visando a remoção de material particulado.
Oxidação/aeração	Oxidar matéria orgânica e inorgânica presente na água, facilitando sua remoção posterior.
Adsorção	Remover compostos orgânicos e inorgânicos indesejáveis, incluindo os que causam sabor e odor, fazendo a água entrar em contato com uma substância adsorvente (em geral carvão ativado).
Troca iônica	Destinado a remover contaminantes inorgânicos presentes na água, fazendo-a passar por uma coluna contendo material sintético especial (resina).
Coagulação	Adição de coagulante, visando desestabilizar impurezas presentes na água e facilitar o aumento do tamanho das mesmas na etapa de floculação.
Floculação	Agitação da água realizada após a coagulação, com o objetivo de promover o contato entre as impurezas e, assim, aumentar o tamanho das mesmas.
Decantação	Passagem da água por tanques, no fundo dos quais as impurezas ficam depositadas.
Flotação	Arraste das impurezas para a superfície de um tanque, por meio da ação de microbolhas.
Filtração em meio granular	Remoção de material particulado presente na água, fazendo-a passar por um leito contendo meio granular (usualmente areia e/ou antracito).
Filtração em membrana	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, incluindo material dissolvido, passando a água por membranas com abertura de filtração inferior a 1(j.m)
Desinfecção	Processo destinado a inativar microrganismos patogênicos presentes na água.
Abrandamento	Processo destinado a reduzir a dureza da água e remover alguns contaminantes inorgânicos.

Fluoretação	Adição de compostos contendo o íon fluoreto, com a finalidade de combater a cárie infantil.
Estabilização química	Acondicionamento da água, com a finalidade de atenuar efeitos corrosivos ou incrustantes no sistema abastecedor e nas instalações domiciliares.

Fonte: Heller; Pádua (2010).

Diversas abordagens são utilizadas para o tratamento de água destinada ao abastecimento público, com destaque no Brasil para as técnicas conhecidas como tratamento convencional (ou ciclo completo) e filtração direta (Heller; Pádua, 2010). Além dessas, Di Bernardo e Dantas (2005) destacam várias outras tecnologias fundamentais para a potabilização da água. Entre essas tecnologias, estão a filtração em múltiplas etapas (FiME), a dupla filtração, a filtração direta ascendente e descendente e a floto-filtração (Di Bernardo; Dantas, 2005). De maneira geral, as técnicas de tratamento de água podem ser classificadas com base nos processos e operações unitárias que elas envolvem (Heller; Pádua, 2010), conforme ilustrado na Figura 4.

**Figura 4 -** Técnicas usuais de tratamento de água para abastecimento público.



Fonte: Heller; Pádua (2010).

**Tabela 2** - Vantagens e limitações das principais tecnologias de tratamento de água para consumo humano.

<b>Tecnologias de tratamento</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Limitações</b>
<b>Filtração em múltiplas etapas</b>	Dispensa coagulantes químicos. Apresenta baixo consumo de energia e possui simples construção e operação.	Apresenta baixa resistência à variações bruscas dos parâmetros de qualidade da água bruta.
<b>Dupla filtração</b>	Possui capacidade de tratar água bruta contendo: valores relativamente altos de concentração de algas, de cor verdadeira, de turbidez ou de coliformes; vírus e protozoários; variações bruscas dos parâmetros de qualidade. Requer pequena área para instalação.	Requerer maiores custos de implantação, operação e manutenção em relação à filtração direta ascendente e à filtração direta descendente.
<b>Filtração direta ascendente</b>	Demanda menor área em razão de eliminar as unidades de floculação e decantação. Reduz a quantidade de coagulante no processo de tratamento.	Tem moderada resistência a variações bruscas dos parâmetros de qualidade da água bruta. Exige operação especializada.
<b>Filtração direta descendente</b>	Possibilita redução dos custos de operação e manutenção, uma vez que se tem menor consumo de coagulante e de energia elétrica desencadeando a eliminação de equipamentos de remoção de lodo dos decantadores e, também, quando possível, os equipamentos de floculação.	Apresenta dificuldades no tratamento de água bruta com turbidez ou com cor verdadeira altas. Mudanças na qualidade da água bruta afeta rapidamente a carreira de filtração. O tempo de detenção total da água no sistema é relativamente curto para oxidação de substâncias orgânicas presentes no afluente. Exige operação especializada.
<b>Floto-filtração</b>	Dispõe da capacidade de tratar águas que apresentam cor verdadeira elevada e baixa turbidez e águas com alta concentração de algas.	Apresenta inviabilidade econômica no tratamento de águas com alto teor de turbidez e sólidos suspensos.
<b>Tratamento em ciclo completo (Tratamento Convencional)</b>	Possui alta resistência a variação da qualidade da água bruta. Não demanda grandes áreas.	Exige operação especializada. O consumo de produtos químicos é alto.

Fontes: (Heller; Casseb, 1995); (Di Bernardo *et al.*, 2003); (Di Bernardo; Dantas, 2005).

Embora o tratamento convencional de água, com suas etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, seja amplamente utilizado, existem processos mais simplificados que podem substituir essa abordagem em algumas situações. Dentre as diferentes opções, destaca-se nesse trabalho a filtração lenta, uma tecnologia que elimina a necessidade de coagulação química e pode ser a única etapa do tratamento antes da desinfecção. Ainda assim, é capaz de assegurar água de qualidade para o consumo humano, como afirmam Di Bernardo e Veras (2008). Além disso, essa tecnologia é viável de ser utilizada em áreas rurais devido à sua simplicidade e eficácia. Outra possibilidade, conforme apontado por Heller e Pádua (2010), consiste na realização de uma pré-filtração antes do filtro lento, quando existe excesso de sólidos em suspensão na água bruta, visando, assim, atenuar a sobrecarga no filtro lento. Essa técnica é denominada pelos autores como Filtração em Múltiplas Etapas (FiME).

Os filtros lentos são sistemas de tratamento de água que combinam mecanismos físicos de coagem com processos de purificação biológica. Isso ocorre porque esses filtros operam com baixas taxas de filtração, o que aumenta o tempo de detenção hidráulica e favorece o desenvolvimento de um biofilme sobre o material filtrante (Libânio, 2016). Segundo o mesmo autor, ao eliminar a coagulação química, o processo se torna muito mais simples tanto operacional quanto tecnologicamente, e não gera lodo. A baixa taxa de filtração aumenta o intervalo entre as lavagens e manutenções. Além disso, as técnicas de limpeza, como a raspagem da película biológica, prolongam a vida útil do sistema e reduzem os custos operacionais.

Como sustenta Libânio (2016), este sistema utiliza um leito de areia através do qual a água passa lentamente, permitindo a remoção de partículas suspensas e a redução significativa de patógenos. A eficiência dos filtros lentos na remoção de bactérias, vírus e protozoários é bem documentada, sendo uma excelente barreira sanitária, capaz de remover *Escherichia coli* e outros microrganismos responsáveis por doenças de veiculação hídrica, tornando-os uma solução viável para comunidades que dependem de fontes de água não tratadas (Libânio, 2016).

A eficiência desse processo de tratamento depende significativamente da formação de uma camada biológica composta por microrganismos. Esta camada biológica, também chamada de biofilme, desempenha um papel fundamental na remoção de contaminantes da água, pois os microrganismos presentes competem com os patógenos pela nutrição e espaço,

ajudando a reduzir a carga microbiana na água filtrada. No entanto, a formação dessa camada biológica não ocorre instantaneamente. Após a instalação ou a limpeza do filtro, pode levar dias ou até semanas para que essa camada biológica se desenvolva, completamente e atinja seu pleno potencial de eficiência, um período conhecido como "maturação biológica." Durante esse período de maturação, a eficiência da filtração é reduzida, pois a camada biológica ainda está se estabelecendo e não pode remover contaminantes de maneira tão eficaz quanto uma camada madura. Essa diminuição de eficiência não é permanente, mas ocorre cada vez que o filtro é limpo. A frequência de limpeza pode variar, geralmente sendo necessária entre 45 a 180 dias (Libânio, 2016).

Outro fator limitante do filtro lento para se destacar é a necessidade de utilizar água bruta com baixa cor, baixa turbidez e baixa concentração de algas. Quando a turbidez ou a concentração de algas é elevada, isso pode reduzir a eficiência das carreiras de filtração, acelerando o processo de colmatação e aumentando a frequência necessária para a limpeza do filtro, sendo nesses casos mais indicada a filtração em múltiplas etapas, como sugerem Heller e Pádua (2010). Além disso, na filtração lenta a remoção de cor verdadeira é relativamente baixa, em torno de 40%, quando a água bruta apresenta cor inferior a 50 unidades de cor (uC), segundo Libânio (2016). Este comportamento ocorre porque a cor na água está frequentemente associada a substâncias que são mais eficazmente removidas por coagulação química, como observado pelo PROSAB (1999). A Tabela 3 apresenta os valores recomendados de água bruta para a filtração lenta sem pré-filtros.

**Tabela 3** - Valores recomendados de água bruta para a filtração lenta.

<b>Requisitos de qualidade das águas naturais para filtração lenta sem pré-filtros</b>		
	Valores recomendados	Unidade
Turbidez	< 10	(uT)
Cor Aparente	< 20	(uC)
<i>E. coli</i>	< 103	(NMP/100mL)
Algas	< 250	(UPA/mL)

**Fonte:** Libânio, 2016.

Os filtros lentos de areia requerem uma manutenção mínima, o que os torna ideais para áreas onde há limitações de mão de obra qualificada e recursos financeiros. Apesar da eficácia desses filtros como barreiras microbiológicas, é essencial não negligenciar a etapa de desinfecção no processo de tratamento da água. A desinfecção, combinada com o pré-filtro,

representa uma barreira final de segurança, assegurando a qualidade microbiológica da água tanto durante o tratamento quanto na sua distribuição. Esse procedimento garante a eliminação de quaisquer patógenos remanescentes, proporcionando uma água segura para consumo (PROSAB, 1999).

Independente do modelo utilizado para a clarificação da água, a desinfecção consiste em uma etapa essencial em seu tratamento. A cloração é uma técnica química amplamente utilizada para a desinfecção da água, sendo eficaz na eliminação de uma ampla gama de patógenos. A aplicação de cloro na água potável é uma prática comum devido à sua capacidade de manter um residual desinfetante, garantindo a qualidade da água até o ponto de consumo, conforme exige a legislação brasileira (Brasil, 2021). No entanto, a eficácia da cloração depende do controle preciso da dosagem e do tempo de contato, bem como da qualidade da água bruta (World Health Organization, 2017).

Em áreas rurais, a cloração pode ser implementada através de sistemas de dosagem simples, como cloradores de pastilha ou dosadores automáticos. Esses sistemas são relativamente fáceis de operar e manter, mas exigem monitoramento regular para garantir que a concentração de cloro residual esteja dentro dos níveis seguros recomendados. Além disso, é fundamental educar a comunidade sobre os benefícios e possíveis riscos associados ao uso do cloro, para garantir a aceitação e o uso adequado da técnica (World Health Organization, 2017).

Por fim, tem-se processos de tratamento mais avançados, como o uso de membranas. Na filtração em membranas, utiliza-se um material semipermeável com micro abertura de filtração, que permite a remoção de material particulado e até íons dissolvidos na água. Esse processo pode ser denominado microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração ou osmose reversa, dependendo do tamanho da abertura de filtração das membranas e da pressão no sistema (Heller; Pádua, 2010).

O tratamento por membranas, apesar de ser uma técnica avançada, tem demonstrado sucesso em várias áreas rurais ao redor do mundo (World Health Organization, 2017). Esses sistemas são eficazes na remoção de uma ampla gama de contaminantes, incluindo sólidos suspensos, bactérias, vírus e metais pesados. Um exemplo notável é o Programa Água Doce no Brasil, que utiliza a tecnologia de membranas para tratar águas salobras de poços em áreas rurais. Embora os sistemas de membranas ofereçam uma alta eficiência de tratamento, a sua implementação e manutenção são mais complexas e dispendiosas em comparação com outras técnicas (World Health Organization, 2017). No entanto, o sucesso do Programa Água Doce ilustra a capacidade dessas tecnologias avançadas de melhorar a qualidade da água em

comunidades que enfrentam desafios específicos relacionados à salinidade e poluição.

O Programa Água Doce (PAD), formulado em 2003, é uma iniciativa do Governo Federal, coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente em colaboração com diversas instituições federais, estaduais, municipais e organizações da sociedade civil. O programa tem como objetivo estabelecer uma política pública permanente para garantir o acesso à água potável para consumo humano, através da utilização sustentável de águas subterrâneas. Além disso, promove a integração de práticas ambientais e sociais na gestão dos sistemas de dessalinização. O PAD foca principalmente em atender as comunidades rurais dispersas no Semiárido Brasileiro (MMA, 2018). Adotando um modelo de gestão compartilhada, o PAD realiza a operação dos sistemas de dessalinização por meio do núcleo local de gestão em parceria com a Prefeitura Municipal. A manutenção preventiva e o monitoramento da qualidade da água são responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente e dos Estados, que podem optar por execução direta ou contratar empresas especializadas para essas atividades (MMA, 2018).

A utilização de sistemas de membranas em áreas rurais requer um suporte técnico robusto e um plano de manutenção bem estabelecido para garantir a eficácia a longo prazo. Em algumas regiões, parcerias com organizações não governamentais e programas governamentais têm facilitado a implementação desses sistemas, proporcionando treinamento e suporte técnico às comunidades (World Health Organization, 2017).

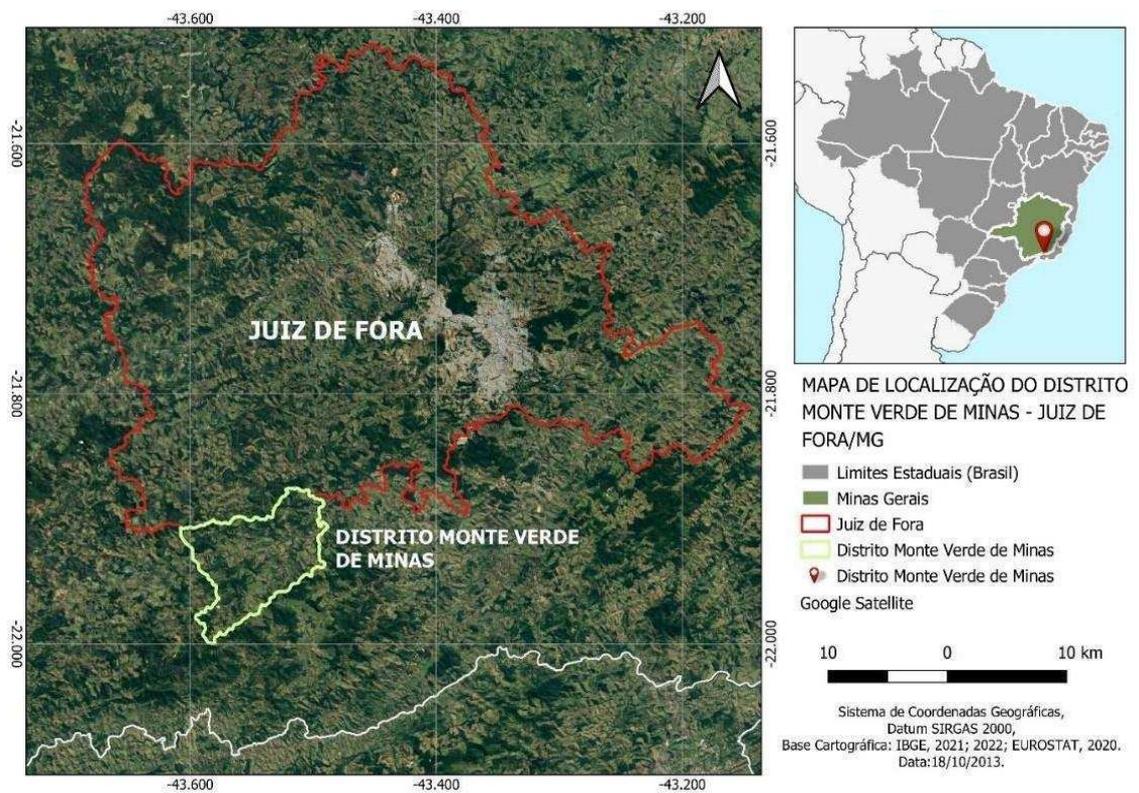
É evidente que a instalação de soluções técnicas para o abastecimento de água é crucial para garantir o acesso à água potável. Para definir essas soluções de maneira adequada, é essencial compreender suas aplicabilidades, limitações e vantagens técnicas, além de considerar as características sociais, culturais, econômicas e ambientais locais e a participação dos futuros usuários no processo decisório. Segundo o RWSN (2010), para que as soluções técnicas sejam sustentáveis e eficazes, é necessário gerenciá-las adequadamente, o que destaca a importância igualitária entre as soluções técnicas e os modelos de gestão. Heller e Castro (2007) apontam que, no Brasil, a integração dos aspectos técnicos, políticos e de gestão no saneamento tem sido historicamente negligenciada. Portanto, para garantir a eficácia das tecnologias de abastecimento de água, é fundamental adotar uma abordagem integrada que considere não apenas as soluções técnicas, mas também os modelos de gestão que asseguram a continuidade e o sucesso desses sistemas ao longo do tempo.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Caracterização da área de estudo

Este estudo de caso foi realizado em um distrito rural da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. A área rural de Juiz de Fora é composta por oito distritos, sendo Monte Verde de Minas (Figura 5) um deles (PJF, 2023). Localizado a 25 km da sede urbana, o distrito possui características rurais que são representativas de muitas áreas similares no Brasil. A escolha deste local se deve à relevância de compreender as dinâmicas e desafios do saneamento básico em áreas rurais afastadas dos grandes centros urbanos.

**Figura 5-** Mapa de Localização do Distrito de Monte Verde.



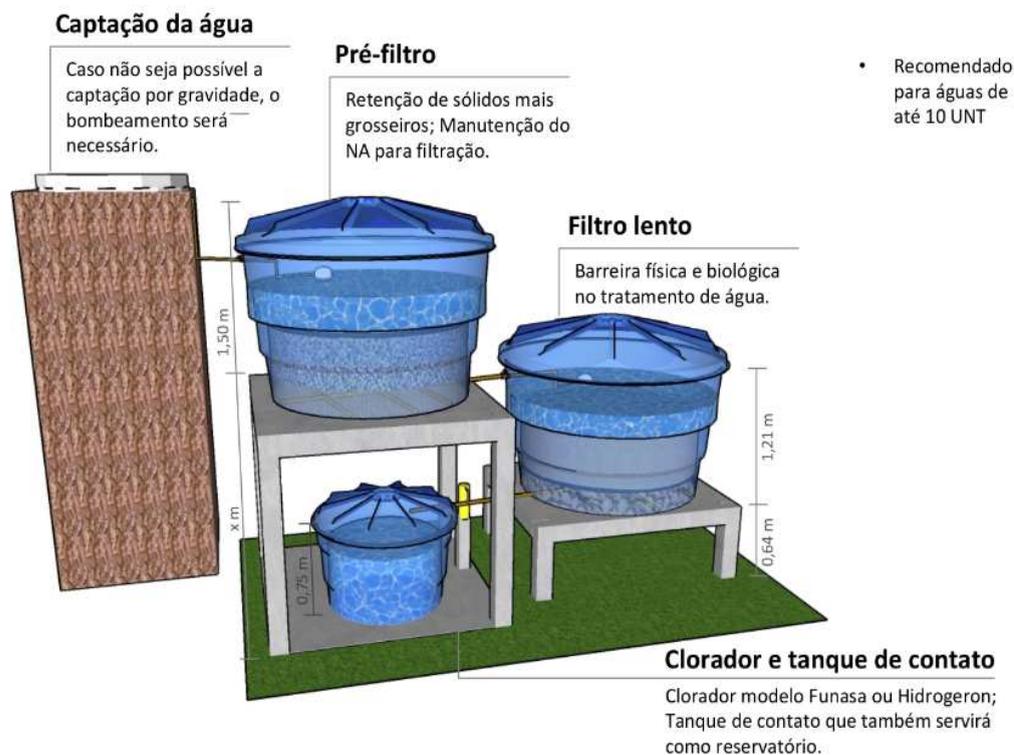
**Fonte:** Silva, 2023

A comunidade em foco abriga uma escola municipal, uma instituição de ensino fundamental que desempenha um papel central no estudo. Segundo informações fornecidas pela diretoria da escola, em 2024 a unidade escolar atendia 167 alunos com idades entre 6 e 15 anos e conta com uma equipe de 32 funcionários. Este número significativo de alunos e funcionários faz da escola uma instituição relevante dentro da comunidade. Em termos de

infraestrutura pública, o distrito conta ainda com energia elétrica, serviço de transporte coletivo por ônibus até a sede municipal e posto de saúde.

Conforme pesquisa realizada por Rubim *et al.* (2021), a nascente que abastece a escola municipal é localizada em uma propriedade privada. A água desta nascente é canalizada diretamente para um reservatório, que por sua vez fornece água tanto para a escola, quanto para as residências localizadas no núcleo do distrito. Além disso, essa área é usada para pastagem, onde o gado também bebe da mesma fonte de água, o que aumenta o risco de contaminação. Reclamações frequentes de alunos sobre a cor da água e desconfortos gastrointestinais levantaram preocupações sobre a qualidade da água consumida. Diante desse cenário, em 2023, foi instalado um sistema simplificado de tratamento de água na escola para garantir a potabilidade e segurança hídrica. O sistema é composto por um pré-filtro, um filtro lento e um processo de cloração, conforme representado no desenho esquemático da Figura 6. Esse conjunto de etapas visa eliminar contaminantes e melhorar a qualidade da água fornecida à escola, respondendo às preocupações de saúde e segurança da comunidade escolar.

**Figura 6** - Sistema simplificado de tratamento de água implementado na escola.

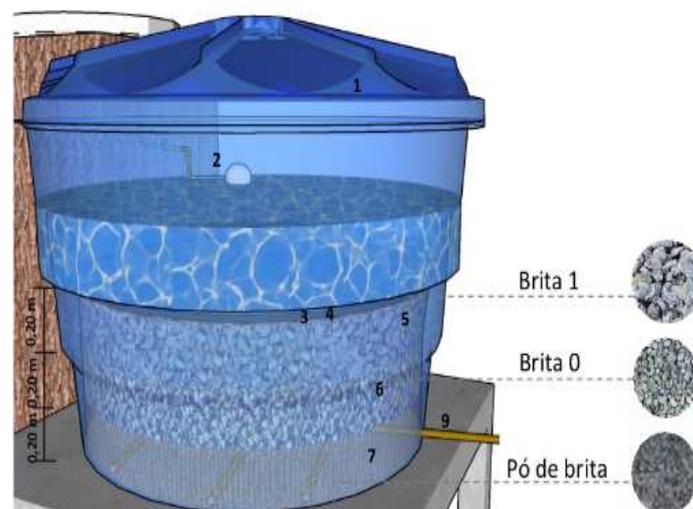


Fonte: Almeida (2023).

As Figuras 7, 8 e 9 ilustram, respectivamente, o pré-filtro, o filtro lento e o clorador, que juntos compõem o sistema simplificado de tratamento de água projetado. Devido à instalação de um pré-filtro antes do filtro lento, considera-se que o sistema instalado na escola se enquadra no modelo de filtração em múltiplas etapas (FiME). Esta abordagem visa garantir que a água seja purificada antes de ser utilizada, atendendo aos padrões de segurança e saúde necessários para o consumo diário dos alunos e funcionários.

Para superar as limitações inerentes aos filtros lentos, principalmente no que diz respeito ao manejo de águas com altos níveis de sólidos e picos de turbidez, foi incorporado na escola em Monte Verde um pré-tratamento, conhecido como pré-filtro. Este pré-filtro é responsável por reduzir a carga de sólidos na água, melhorando significativamente a eficiência do filtro lento ao atenuar as variações de turbidez. Com a adição desta etapa de pré-filtração, o sistema foi aperfeiçoado, proporcionando uma maior eficiência no tratamento de água (PROSAB, 1999; Heller; Pádua, 2010; Libânio, 2016).

**Figura 7 - Projeto do pré-filtro.**



**Fonte:** Almeida, 2023.

**Figura 8-** Projeto do filtro lento.



**Fonte:** Almeida, 2023.

**Figura 9 –** Clorador.



**Fonte:** Almeida, 2023.

#### **4.2. Coleta e análise dos dados**

Este estudo possui caráter exploratório e adota uma abordagem qualitativa. Em pesquisas qualitativas, o foco está na profundidade da análise e na compreensão detalhada dos fenômenos, ao invés de uma ampla representatividade quantitativa dos dados (Flick, 2011).

Para a coleta dos dados qualitativos foram realizadas entrevistas gravadas com funcionários e pais de alunos de uma escola. O objetivo desta etapa foi aprofundar a avaliação realizada, proporcionando uma compreensão detalhada do impacto do sistema de tratamento de água na vida dos entrevistados. Com base nas respostas fornecidas pelos participantes, foi possível criar um panorama que revela como o sistema de tratamento de água implementado na escola está afetando suas vidas. Esta análise permitiu identificar as mudanças específicas na qualidade de vida das crianças e das famílias envolvidas, destacando os benefícios e possíveis desafios associados à nova tecnologia de tratamento de água.

A técnica empregada foi a entrevista semiestruturada, caracterizada por perguntas abertas sem opções de resposta pré-definidas (Flick, 2011). Neste formato, o pesquisador utiliza uma lista de questões ou tópicos para serem respondidos (ver APÊNDICE A). A entrevista oferece flexibilidade relativa, permitindo que as perguntas não sigam rigidamente a ordem estabelecida no roteiro e possibilitando a inclusão de novas perguntas conforme a conversa avança (Flick, 2011).

O número de entrevistas realizadas não foi determinado antecipadamente, pois a necessidade de entrevistados adequados só se tornou clara durante a coleta dos dados. Segundo Bauer e Gaskell (2003), é somente ao longo do processo investigativo que o pesquisador obtém informações suficientes para avaliar se o material coletado atende às metas do estudo. À medida que os dados se tornam repetitivos e não surgem novas informações com a continuidade das entrevistas, alcança-se o ponto de saturação, indicando que a coleta de dados a partir das entrevistas pode ser concluída. Vale destacar que, em uma pesquisa qualitativa, o foco não é obter uma representação quantitativa, mas sim captar a diversidade e profundidade das informações para abranger a complexidade do tema em estudo (Flick, 2011).

A seleção dos entrevistados, indicados anonimamente no Quadro 2, iniciou-se com os funcionários da diretoria da escola. Posteriormente, aplicou-se a técnica de amostragem em "bola de neve", onde cada participante indicou novos indivíduos para a pesquisa. Isso permitiu a formação de uma amostra aleatória a partir de uma população finita, conforme descrito por Goodman (1961). Além dos funcionários da escola, a pesquisa também abrangeu pais de alunos, com o objetivo de compreender o impacto do sistema de tratamento de água na vida das crianças e as mudanças observadas após a instalação do filtro. Não foram entrevistados alunos da escola devido à restrição de participação de menores de 18 anos na pesquisa.

**Quadro 2** - Relação de entrevistados.

<b>Entrevistas</b>	<b>Membro entrevistado</b>
ENTF1	Funcionário da escola.
ENTF2	Funcionário da escola
ENTF3	Funcionário da escola
ENTF4	Funcionário da escola
ENTF5	Funcionário da escola
ENTF6	Funcionário da escola
ENTF7	Funcionário da escola
ENTF8	Funcionário da escola
ENTF9	Funcionário da escola
ENTM10	Mãe de alunos
ENTMF11	Mãe de alunos/Funcionária da escola

**Fonte:**Elaborado pela autora, 2024

Vale ressaltar que o trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, da Universidade Federal de Juiz de Fora, sendo aprovado conforme CAAE 78871824.0.0000.5147.

O roteiro de entrevistas abordou três tópicos principais. Primeiro, examinou-se a capacidade de manutenção do sistema de filtro lento, focando na facilidade de operação e nas necessidades de manutenção. Em seguida, discutiu-se a aceitação do cloro pelos usuários, avaliando a percepção e a satisfação em relação ao seu uso. Por último, foram analisados os impactos na saúde relacionados ao sistema de tratamento de água, investigando possíveis

efeitos positivos ou negativos sobre a saúde dos usuários após a implementação do sistema. O processo de análise dos dados seguiu estas etapas:

- **Gravação e Transcrição das Entrevistas:** As entrevistas semiestruturadas foram gravadas e posteriormente transcritas para garantir que todos os depoimentos fossem capturados com precisão.
- **Leitura Preliminar e Organização do Material:** Após a transcrição, foi realizada uma leitura preliminar do material para organizar o conteúdo e identificar padrões e tendências emergentes.
- **Classificação e Identificação de Temas:** O material foi classificado em temas com base nas categorias de análise previamente definidas: manutenção do sistema, aceitação do cloro e impactos na saúde.
- **Tratamento e Interpretação dos Dados:** Finalmente, realizou-se uma exploração aprofundada do material, tratando os dados e interpretando os discursos para entender melhor as percepções e experiências dos entrevistados em relação ao sistema de tratamento de água da escola.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Manutenção do sistema

De modo predominante, a comunidade escolar utiliza como principal fonte de água a nascente conhecida como "nascente da escola", que fica localizada em um terreno privado, como mostra a Figura 10.

**Figura 10** - Nascente que abastece a escola.



**Fonte:** Silva, 2023.

A água consumida pela escola era proveniente de uma fonte que apresentava sérios problemas de contaminação e não recebia tratamento, conforme relatado por um dos entrevistados:

“A água que vinha para gente era de uma fonte que tinha pisoteio de gado, eles bebiam da mesma água que chegava aqui. Não era uma água de boa qualidade. Muitas vezes tinha até cocô de gado na fonte e a gente tinha crianças bebendo da mesma água que esse gado” (ENTF1).

A ausência de apoio do poder público no fornecimento de serviços essenciais de água tratada é uma realidade enfrentada por muitas áreas rurais no Brasil. Na comunidade da escola de Monte Verde, essa lacuna foi suprida pelos próprios moradores, que encontraram uma

solução temporária ao armazenar a água da nascente em caixas d'água e distribuí-la através de canalizações feitas por eles mesmos, tentando melhorar a qualidade da água. Essa situação é recorrente em áreas rurais do país, onde o fornecimento de saneamento básico muitas vezes depende de iniciativas locais. Estudos de Silva (2017) e Raid (2017) indicam que, nesses casos, a gestão compartilhada, por meio de organizações sociais ou parcerias com a administração municipal, é um modelo mais eficiente para a implementação e manutenção de sistemas de saneamento.

Na gestão compartilhada, a responsabilidade é distribuída entre diversos atores, incluindo a comunidade e outras entidades, como o poder público, companhias estaduais de saneamento, e organizações não governamentais, entre outros. Isso permite a criação de diferentes arranjos organizacionais. Dessa maneira, cada parte desempenha um papel específico tanto na implementação quanto na manutenção dos serviços (Pineda, 2013). Esse tipo de modelo de gestão é amplamente adotado em várias regiões (Tukahirwa *et al.*, 2010; Allison, 2002).

Em Monte Verde, a solução encontrada pelos próprios moradores para o abastecimento de água revelou-se inadequada, conforme relatado pelos usuários sobre as condições em que a água chegava à escola antes da implementação do sistema de tratamento.

“Até 2022 a água da escola não era tratada, ela vinha da fonte que foi encanada até o reservatório que abastece a escola. Então a gente comprava um filtro, onde a água era filtrada nos bebedouros. Só que o filtro não dava conta, porque a água dos bebedouros e da torneira era uma água bem amarela, escura, então esse filtro não servia. Após a instalação do filtro [FiME], que foi um mini tratamento, depois disso a água melhorou muito” (ENTF2).

A partir dos relatos, fica claro que a água canalizada nas propriedades do núcleo do distrito não atingia os padrões de qualidade exigidos na legislação, o que compromete a saúde e a qualidade de vida da comunidade escolar. Ainda que a água chegue às torneiras, caso não atenda aos requisitos mínimos de qualidade, como definidos pelos Direitos Humanos à Água e ao Esgotamento Sanitário da ONU, barreiras significativas são criadas, prejudicando o direito fundamental de acesso à água de qualidade (Albuquerque, 2014).

O Brasil, por sua vez, estabelece em sua legislação, por meio da Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, padrões claros de potabilidade da água, incluindo parâmetros de turbidez, qualidade organoléptica, e bacteriológica, entre outros (Brasil, 2021). No contexto

de Monte Verde, a instalação do sistema de tratamento de água na escola foi crucial para melhorar a qualidade da água fornecida, corrigindo falhas graves que existiam anteriormente, quando a água apresentava coloração amarelada e era inadequada para o consumo, como mencionado nos relatos da comunidade escolar.

“Antes do projeto, eu saía de tarde, eu enchia as vasilhas de água para adiantar para de manhã cedo coar café, cozinhar feijão, aí eu enchia tudo. Quando era no outro dia, nas vasilhas da água estava aquele barro por baixo. Hoje não, com o sistema de tratamento melhorou 100%. Não pode falar mil, porque não existe mil, se existisse seria 1000%. Tá sem perigo, clarinha. A gente bebe até água da torneira mesmo, nem usa o filtro de tão branquinha e cuidada” (ENTF3).

Com a implementação do sistema de filtragem, os entrevistados apontaram que a qualidade da água fornecida na escola se manteve consistente e satisfatória. No contexto de gestão compartilhada, essa responsabilidade de manter o sistema é dividida entre os funcionários da escola e outros agentes envolvidos, como a atuação do Instituto Albert Sabin e também da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). No entanto, observa-se a ausência de envolvimento do poder público, representado pela Prefeitura de Juiz de Fora e pela Companhia de Saneamento Municipal – Cesama.

A manutenção adequada do sistema de filtragem é essencial para garantir que a água continue atendendo aos padrões de qualidade. A limpeza regular dos filtros, a dosagem correta do cloro e o monitoramento periódico das condições da água são atividades importantes que, se negligenciadas, podem comprometer a eficácia do tratamento. Nesse sentido, a gestão compartilhada se mostra um modelo eficiente, pois distribui as responsabilidades entre diferentes atores, promovendo o engajamento tanto da comunidade local quanto das instituições parceiras (Pineda, 2013).

A participação ativa de todos os envolvidos, desde o treinamento dos funcionários da escola para a correta aplicação do cloro, até as orientações contínuas da equipe da UFJF, tem sido fundamental para manter o sistema em funcionamento e assegurar que a água continue de boa qualidade, conforme destacou um dos entrevistados.

“Vira e mexe as meninas lavam o filtro. O filtro é trocado direto. O esposo da diretora vem trocar o filtro. Elas lavam tudinho, a caixa d'água também foi lavada, pessoal do projeto também veio

nas vésperas das férias e lavou tudinho. Então a água é de excelente qualidade, está sendo bem cuidada” (ENTF3).

Essa parceria entre a comunidade, a UFJF e as organizações externas fortalece a gestão do sistema, garantindo que a manutenção não só seja realizada de forma adequada, mas também monitorada e aprimorada continuamente. É importante desenvolver formas permanentes de repassar os conhecimentos necessários para a manutenção adequada do sistema para a comunidade. Dessa forma, em caso de troca de pessoal, esse conhecimento não se perde. A formulação de materiais, por exemplo na forma de cartilhas, com imagens e linguagem clara e acessível, é uma possibilidade a ser trabalhada e entregue para a escola. Isso assegura a sustentabilidade do sistema e, por consequência, a oferta de água segura para os alunos e demais usuários.

“As meninas são muito envolvidas nisso. A equipe de engenharia da UFJF vem e passa as orientações e elas escutam com boa vontade, de como colocar cloro. O menino da UFJF estava orientando a qualidade do cloro, tem que pôr. Então elas são muito atentas e estão sendo instruídas e o filtro vem sendo monitorado pela faculdade, que coleta análises de água todo mês. Essas coletas deixam a gente mais segura da qualidade. Também é feita a lavagem dos filtros e limpeza. Nossos funcionários são muito parceiros” (ENTF1).

Entre as práticas de manutenção, como mencionado pelo ENTF1, está a dosagem correta de cloro, que foi ajustada ao longo do tempo conforme a experiência adquirida pela equipe responsável. No início, a frequência de reposição do cloro era monitorada com mais atenção, como relatou um dos entrevistados:

“No começo, a gente colocava a pastilha e contava dez dias, depois olhava para ver se já tinha acabado. Se sim, colocávamos outra; se não, esperávamos e íamos olhando. Hoje estamos colocando de mês em mês a pastilha de cloro, porque ainda fica muito cloro nas beiradas, às vezes a tampa até agarra” (ENTF3).

A mudança na frequência de dosagem do cloro pode ser positiva, desde que a qualidade da água seja continuamente monitorada e a quantidade de cloro residual livre permaneça dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação, que exige uma concentração mínima de 0,2 mg/L e um máximo de 2 mg/L (Brasil, 2017). No entanto, pode se tornar um problema se o acompanhamento for negligenciado, levando a uma possível variação na

eficácia da desinfecção. Almeida (2023) realizou análises de qualidade da água após a desinfecção no período de agosto a novembro de 2023, encontrando valores de cloro residual entre 0,04 e 0,22 mg/L. A autora aponta que, embora o valor mínimo estabelecido na portaria não tenha sido atendido na maior parte das amostras, o tempo de contato e o residual de cloro conseguiram garantir a ausência do indicador *E.coli* nas amostras analisadas (Almeida, 2023).

No entanto, cabe ressaltar que, de acordo com as análises realizadas por Almeida (2023), observou-se que as pastilhas de cloro duraram em torno de três semanas, indicando essa periodicidade para a manutenção. Conforme relato de entrevistados, a manutenção do cloro tem sido realizada a cada mês, sendo importante avaliar os resultados obtidos. Se a mudança foi feita com base em dados de monitoramento adequados, ela reflete uma adaptação eficiente ao sistema. Porém, qualquer ajuste sem o devido controle pode comprometer a qualidade da água, como o risco de subdosagem (que permite a proliferação de microrganismos) ou sobredosagem (que pode causar gosto e odor desagradáveis) (Brasil,2017). Assim, o importante é que essa nova rotina de dosagem continue acompanhada por análises periódicas da água, conforme a legislação, para assegurar que a água tratada continue segura para consumo.

Além disso, a manutenção do sistema de tratamento de água envolve custos regulares com produtos de limpeza, desinfetantes e equipamentos, que precisam ser cobertos de alguma forma.

“Tem esse gasto, nós recebemos a verba do governo federal e ainda tem o resíduo que separamos aqui na escola e com esse resíduo a gente compra os produtos para manutenção, lavagem, tudo nós fazemos com esse recurso. Só que esse recurso a gente não vai receber mais. Aí não sei se futuramente vem mais recurso para manutenção” (ENTF2).

Apesar de parte desses custos serem compensados por iniciativas locais, como a venda de resíduos recicláveis pela escola, uma parcela significativa dos recursos necessários vem de financiamentos do governo federal. No entanto, há uma preocupação crescente com a possibilidade de perda desse suporte governamental, o que deixaria o sistema sem as condições financeiras adequadas para manter a qualidade da água e proteger a saúde da comunidade escolar. Essa situação ressalta a importância do papel do poder público em garantir a continuidade de políticas de saneamento em áreas rurais, onde os recursos financeiros locais são frequentemente limitados e insuficientes para sustentar o sistema de forma autônoma (Pinheiro, 2023).

## 5.2. Aceitação do cloro

O uso do cloro como agente desinfetante no tratamento de água é amplamente reconhecido por sua eficácia na eliminação de microrganismos patogênicos e por sua capacidade de manter um residual de proteção ao longo de toda a rede de distribuição. No entanto, a aceitação do cloro, especialmente em áreas rurais, nem sempre é unânime, sendo influenciada por fatores como o sabor e o odor que o cloro pode conferir à água, além de questões culturais e a percepção de que a água tratada com produtos químicos seria menos natural (Valente, 2008). Esse cenário foi refletido nos relatos da comunidade entrevistada, que destacou uma mudança ao longo do tempo na aceitação do cloro. Conforme expressado por um dos participantes:

“As crianças antes reclamavam mais do cloro. Hoje já se acostumaram. Hoje não está tão forte como antes, porque acho que no começo não tinha medida certa, ficava muito forte o cheiro e sabor” (ENTF4).

Essa fala sugere que, no início da implementação do sistema de tratamento de água a dosagem inadequada de cloro pode ter contribuído para a percepção negativa, um aspecto também observado na literatura, que ressalta a importância de uma dosagem correta para minimizar o impacto sensorial sem comprometer a segurança do tratamento (Brasil, 2006). Com o tempo, parece que as crianças se adaptaram, indicando uma maior aceitação do cloro conforme o sistema foi ajustado para dosagens mais apropriadas. Cabe ressaltar, porém, os resultados encontrados por Almeida (2023) durante o monitoramento do sistema em 2023. Segundo a autora, um cloro residual livre de aproximadamente 0,04 a 0,1 mg/L não gerou reclamações por parte dos alunos. Destaca-se que esses valores encontram-se abaixo do valor mínimo estabelecido na portaria de potabilidade da água (Brasil, 2017).

Como dito por Valente (2008), a aceitação do cloro no tratamento de água em áreas rurais pode ser influenciada por fatores culturais e pela falta de familiaridade da população com a água tratada. Ferreira (2015), ao realizar pesquisa em um assentamento rural no Amazonas, constatou disparidades entre a forma de tratamento da água utilizada pela população e as suas crenças pessoais sobre métodos de tratamentos mais eficazes. A autora aponta que a maior parte dos entrevistados (67%) relatou o uso de hipoclorito de sódio para o tratamento da água, que é distribuído pelos agentes comunitários de saúde na comunidade, sendo a população orientada a utilizá-lo no domicílio para a desinfecção da água proveniente

de soluções individuais. No entanto, ao serem questionados sobre o tratamento que consideram mais eficaz, houve uma divisão entre fervura (36%), filtração (30%) e em terceiro lugar a desinfecção com hipoclorito (27%) (Ferreira, 2015). Observa-se, portanto, que na visão dos entrevistados, a desinfecção química seria menos relevante que a filtração e a fervura. Assim, é importante, no caso da escola em Monte Verde, trabalhar a conscientização quanto à relevância do adequado funcionamento do clorador para garantir o fornecimento de água com padrão de potabilidade adequado. Uma vez que o sistema implementado na escola é composto por um pré-filtro e um filtro lento, pode passar a falsa impressão aos usuários de que apenas o processo de filtração já é suficiente para garantir a qualidade da água.

Como muitas famílias em Monte Verde não têm acesso a sistemas de tratamento em suas casas, a introdução do cloro na água escolar pode inicialmente causar estranhamento e resistência, especialmente quanto ao sabor e odor. De acordo com a literatura, essa resistência tende a diminuir conforme a exposição ao cloro se torna parte da rotina, e a população gradualmente se adapta (Valente, 2008). Essa dinâmica foi capturada no depoimento de um dos entrevistados:

“Elas reclamam do sabor da água, porque não estão acostumadas a tomar, só tomam aqui na escola, em casa não tem tratamento, então é difícil. Essa água com gosto de cloro, a princípio elas tinha muita resistência, hoje reclamam um pouco, bem pouquinho e isso em qualquer idade dos alunos daqui. Mas agora já diminuiu a reclamação, estão acostumadas. Às vezes tem uma reclamação ou outra, mas já habituaram com o gosto e sabor do cloro” (ENTF5).

Em relação ao sabor, cheiro e cor da água fornecida pelo sistema de tratamento com cloro, ENTF5 mencionou que essas características sensoriais são mais intensas logo após a adição do cloro. Segundo o entrevistado, no dia em que o cloro é colocado, tanto o cheiro quanto o gosto da água ficam mais perceptíveis, sendo inicialmente fortes. No entanto, com o passar do tempo, essa intensidade diminui, e, após algumas horas, o gosto e o cheiro praticamente desaparecem. No início do uso do sistema, essa percepção era muito mais incômoda, mas, segundo ENTF5, com o tempo, os usuários foram se acostumando, e hoje esses fatores não são mais tão notados como antes. Quanto à cor da água, o entrevistado não relatou mudanças visíveis após a adição de cloro. Isso está de acordo com a literatura, que aponta que, em condições normais, a desinfecção com cloro não altera a cor da água, a menos que haja a presença de compostos como matéria orgânica ou metais que possam reagir com o

cloro e causar alterações visuais (Libânio, 2016). No caso da comunidade, a percepção de gosto e odor parece ser a maior fonte de desconforto inicial, sem relatos significativos de mudanças na cor da água.

Além da adaptação ao sabor e cheiro do cloro, outro fator que influencia a aceitação da água tratada pela comunidade é a falta de compreensão sobre o sistema de tratamento em si. Essa falta de informação tem gerado mal-entendidos e resistências entre as famílias, como observado no depoimento de um dos entrevistados, que comentou sobre como as mães frequentemente atribuem problemas de saúde das crianças ao cloro, sem terem pleno conhecimento do processo.

“Esse projeto tinha que ser passado para as mães, para elas verem o que foi feito. As mães não têm noção ainda do que foi feito aqui. Tem muita mãe que conversa fiado sem saber, falam que as crianças dá até aftas por causa do cloro, qualquer coisinha que acontece com a criança botam a culpa no cloro. Então se a gente tiver no ponto de ônibus ou no posto, aí começam a falar como se a gente tivesse culpa. Aí elas saem falando tudo errado, acabam fazendo outras pessoas acreditarem que cloro faz mal” (ENTF3).

Diante das percepções equivocadas das mães relatadas pelo ENTF3, uma solução viável seria promover encontros com os pais e responsáveis, preferencialmente aos sábados, para realizar ações de educação e conscientização ambiental, além de esclarecer dúvidas sobre o sistema de tratamento de água e seus benefícios para a saúde das crianças e da comunidade escolar. Esses encontros serviriam para explicar detalhadamente o funcionamento do sistema, a importância do cloro na desinfecção da água, e os avanços alcançados na qualidade da água fornecida. Além disso, seria uma oportunidade para mostrar como a água tratada está contribuindo para a melhoria das condições sanitárias da escola, desmistificando qualquer associação infundada entre o cloro e problemas de saúde.

Já as pessoas que acompanharam o desenvolvimento do projeto ao longo do tempo e viram de perto suas etapas de implementação, hoje reconhecem a importância fundamental do tratamento de água e da adição de cloro. Muitos ressaltam como esse sistema de tratamento trouxe melhorias significativas para a escola.

“Hoje a escola tem uma água de qualidade graças a esse projeto. Esse projeto é lindo! Todos que participam estão de parabéns! É muito bonito mesmo. É muito importante esse tratamento de

água. Hoje percebo que é o mínimo as pessoas terem o direito à água tratada, de qualidade. Mudou para melhor tudo aqui na escola” (ENTF3).

Além disso, esse reconhecimento não se limita ao ambiente escolar, muitos usuários do sistema de tratamento de água expressaram o desejo de ver um sistema semelhante implementado em suas próprias casas e comunidades, reconhecendo a importância de um abastecimento de água seguro e de qualidade também em suas rotinas diárias.

“Queria que esse projeto atendesse toda comunidade. Em casa não tenho água clarinha, tomo banho na água amarela. Lavar roupa na máquina, sai aquela água encardida, não posso ter uma roupa branquinha. Por isso, essas mães que falam que o cloro prejudica, que preferem a água amarela, tem que entender tudo que foi feito aqui. Eu vi a mudança” (ENTF6).

Esses depoimentos evidenciam não apenas a transformação que o sistema de tratamento de água trouxe para a escola, mas também pessoalmente para os cidadãos, que passaram a entender como um direito básico - o acesso à água de qualidade para todos - estava sendo violado. A partir dessa tomada de consciência, podem lutar pela conquista e expansão desse direito em outras localidades. Além disso, observa-se também o contraste entre a percepção de quem vivenciou as melhorias e a resistência de algumas mães que ainda preferem a água não tratada. Um dos principais pontos de resistência entre os pais parece ser a adição de cloro à água, devido ao desconhecimento sobre seus benefícios e à associação equivocada com problemas de saúde. Essa resistência reflete a falta de familiaridade com o processo de desinfecção, o que torna ainda mais importante o papel da educação e do diálogo contínuo com a comunidade para desmistificar o uso do cloro.

Nesse sentido é importante fortalecer a atuação do Comitê de Governança, existente em Monte Verde, formado por moradores locais e voluntários do Instituto Albert Sabin. Conforme Silva (2023), a atuação do comitê foi fundamental para a implantação do sistema que resultou na melhora da qualidade da água da escola do distrito. Dessa forma, acredita-se que o comitê pode ser um importante agente para difundir as questões sanitárias na comunidade, promovendo o aumento da conscientização e também a busca por direitos, a partir da cobrança da Cesama por uma oferta adequada de serviços de saneamento.

### 5.3. Impactos na saúde

A água destinada ao consumo humano é um dos principais veículos de transmissão de doenças diarreicas de origem infecciosa (Amaral *et al.*, 2003). As enfermidades de veiculação hídrica são predominantemente causadas por microrganismos patogênicos provenientes do sistema digestivo, tanto humano quanto animal. Esses agentes são transmitidos, em grande parte, pela via fecal-oral, sendo excretados nas fezes de indivíduos infectados e, posteriormente, ingeridos por meio de água ou alimentos contaminados por água poluída com fezes (Amaral *et al.*, 2003).

O risco de surtos de doenças de veiculação hídrica em áreas rurais é elevado, especialmente devido à possibilidade de contaminação bacteriana das fontes de água. Frequentemente, essa água é captada de poços antigos, que não possuem vedação adequada e estão situados próximos a fontes de poluição, como fossas rudimentares e áreas de pastagem onde há presença de animais (Amaral *et al.*, 2003).

Segundo o mesmo autor, as doenças de veiculação hídrica, como as diarreias e infecções de pele, são comuns em áreas onde o saneamento básico é insuficiente e a qualidade da água não é adequada para o consumo humano (Amaral *et al.*, 2003). Essas enfermidades, causadas por microrganismos patogênicos presentes na água contaminada, representam um risco significativo para a saúde da população, especialmente em regiões rurais. Fato observado em uma fala de um entrevistado:

“A gente tinha crianças com muita dor de barriga. Problema na pele, era uma coisa impressionante, era uma pele escamosa. Cansei de ver crianças assim. E todo dia, no mínimo uma criança tinha que ser liberada, passando mal. Tinha que ligar para mãe, que a criança estava com diarreia” (ENTF1).

Esse relato destaca a gravidade da situação na escola antes da implementação do sistema simplificado de tratamento, evidenciando o impacto da água não tratada sobre a saúde das crianças.

“E isso acabou foi assim drasticamente, acabou em julho do ano passado, que o filtro foi instalado. Quando chegou em agosto, a gente conversando, custou para cair a ficha. Nós falávamos:

‘gente não tem ninguém saindo mais cedo, como diminuiu o número de crianças saindo’. Já era meados de agosto quando a ficha caiu que era o filtro. Então foi uma mudança positiva muito boa na escola” (ENTF1).

Essa mudança notável reforça o impacto positivo que o sistema de filtragem teve na saúde das crianças e no cotidiano da escola. Com a instalação do sistema de filtragem e tratamento de água, uma das melhorias mais evidentes foi a redução expressiva das faltas escolares, especialmente aquelas relacionadas a problemas gastrointestinais. Antes do sistema, era comum que crianças faltassem ou fossem liberadas mais cedo devido a doenças recorrentes. Como mencionado por um dos entrevistados:

“O que a gente tinha muito era a questão de problemas gastrointestinais. As faltas referente a esses problemas diminuiu bastante, melhorou muito mesmo. Uma grande diferença, pois era diário crianças indo embora mais cedo, ou faltando. Os atestados com esse tipo de doença gastrointestinal não temos mais” (ENTF2).

Importante ressaltar que as faltas escolares se agravavam nos períodos chuvosos, pois a água de escoamento superficial durante o período de chuvas é um dos principais fatores que afetam negativamente a qualidade microbiológica da água (Amaral *et al.*, 2003). De acordo com o autor, um estudo realizado no México demonstrou que a presença de coliformes nas amostras de água de mananciais e residências teve uma correlação direta com as chuvas, devido ao arraste de excretas humanas e animais para as fontes de água. Nesses períodos, a falta de tratamento adequado intensificou os níveis de contaminação observados (Amaral *et al.*, 2003).

“Houve inúmeras vezes em que precisei liberar alunos, ligando para os pais virem buscá-los, porque estavam passando mal devido à qualidade da água. Durante o período de chuvas, era difícil até contar quantas crianças ficavam doentes. Muitas apresentavam verminoses causadas pela água contaminada. Os casos de diarreia, vômito e dor de estômago eram frequentes. Uma médica que atuava na Unidade Básica de Saúde de Monte Verde nos alertou que esses problemas estavam diretamente ligados à água, e que, enquanto ela não fosse tratada adequadamente, a situação não melhoraria.” (ENTF8).

De acordo com estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), a falta de acesso à água potável é responsável por aproximadamente 80% das mortes em países em desenvolvimento. Todos os dias, cerca de seis mil crianças com menos de cinco anos morrem em todo o mundo devido a doenças relacionadas à ingestão de água contaminada. Elas são particularmente vulneráveis a enfermidades graves, como diarreia, cólera, febre tifóide e doenças transmitidas por insetos (Araújo Júnior, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta que para cada dólar investido em saneamento, há uma economia de cinco dólares em serviços de saúde ao longo da década seguinte, reduzindo gastos com postos de saúde, médicos e hospitais. No Brasil, cerca de 29 pessoas morrem diariamente devido à má qualidade da água e à falta de tratamento de esgoto. Além disso, estima-se que aproximadamente 70% dos leitos hospitalares estão ocupados por pacientes que contraíram doenças veiculadas pela água contaminada (Araújo Júnior, 2004).

O instituto Trata Brasil, ao analisar a incidência de infecções gastrointestinais no país em municípios com mais de 300 mil habitantes e faixas etárias de incidência dessas doenças, considerando os dados do DATASUS, observou que em 2009 foram notificadas mais de 462 mil internações por infecções gastrointestinais em todo o país. Cerca de 210 mil foram classificadas pelos médicos como “diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível”, pouco mais de 10 mil casos como “amebíase, shigelose ou cólera” e 246 mil como “outras doenças infecciosas intestinais” (Trata Brasil, 2010).

Essa constatação ressalta a importância de investimentos em saneamento básico, especialmente em áreas rurais, onde a ausência de tratamento adequado da água pode resultar em graves consequências para a saúde. No contexto da escola, a implementação do sistema de tratamento de água não apenas trouxe melhorias significativas na qualidade da água consumida pelas crianças, mas também possivelmente contribuiu para a redução de doenças transmitidas pela água, como diarreias e verminoses. Ao assegurar uma água de melhor qualidade, o sistema aparentemente promoveu um impacto na saúde dos alunos, observando-se a redução de faltas escolares e da necessidade de atendimento médico, o que se alinha com os benefícios apontados pela OMS (2010), gerando economia em cuidados de saúde e promovendo o bem-estar da comunidade escolar.

É importante salientar que, conforme relatos dos entrevistados, a ingestão de água contaminada impactava diretamente o desempenho escolar das crianças. Frequentemente debilitadas por problemas como diarreia, verminoses e outras doenças transmitidas pela água, os alunos faltavam às aulas ou não conseguiam acompanhar o ritmo de aprendizado de maneira adequada. Na visão dos entrevistados, a implementação do sistema de tratamento de

água na escola não apenas melhorou a saúde dos estudantes, mas também contribuiu significativamente para um ambiente escolar mais estável, onde os alunos agora podem se concentrar em seu desenvolvimento acadêmico, sem as frequentes interrupções causadas por problemas de saúde.

Os pais só começaram a perceber as mudanças na saúde e no bem-estar de seus filhos após as constantes comunicações da escola sobre a melhoria da qualidade da água e seus efeitos positivos. Mesmo que os problemas de saúde, como diarreia e dores de estômago, tivessem diminuído, muitos pais inicialmente não associavam essa melhora diretamente ao sistema de tratamento de água.

“Na verdade os pais só notaram porque a gente conta. Conversamos sobre como mudou a situação das crianças. Muitos estão satisfeitos, mas tem aqueles que ainda colocam a culpa em qualquer coisa que acontece com a criança de saúde no tratamento com cloro. Essa questão de aftas já falaram que é pela água tratada, mas não são todos” (ENTF9).

Após a implementação do sistema de tratamento de água na escola, houve uma mudança drástica na percepção da comunidade em relação à qualidade da água e seus direitos básicos. Antes do projeto, prevalecia um certo comodismo. Muitos achavam que a água disponível, embora amarelada e encardida, era suficiente. Comentários como "*nós vamos pagar por água?*" eram comuns, refletindo a falta de consciência sobre a importância de ter acesso à água potável de qualidade. No entanto, com o tempo, especialmente após verem os possíveis benefícios na saúde das crianças, uma parte da comunidade passou a valorizar mais o acesso à água tratada. Mesmo que ainda haja resistência por parte de alguns pais em relação à adição de cloro, culpando o tratamento da água pelos problemas de saúde das crianças, é evidente que a visão de muitos mudou. Eles agora entendem a importância do sistema para garantir uma água limpa e o desejo de estender esse tratamento para toda a comunidade está crescendo. Isso mostra como a percepção sobre a saúde e a qualidade da água evoluiu, impulsionada pela implementação do filtro na escola e os resultados observados.

“Acho que melhorou demais tudo na escola! Como mãe, percebo isso claramente. Meu filho já teve várias crises de dor de barriga, mas agora, depois do tratamento, tudo mudou. Não digo 100% porque em casa não temos tratamento. Ele até leva uma garrafinha cheia de água para casa!” (ENTM10).

A maioria das doenças em áreas rurais pode ser drasticamente reduzida com o acesso à água potável de qualidade. Esse acesso não apenas melhora a saúde da população, prevenindo enfermidades relacionadas à contaminação hídrica, mas também eleva a qualidade de vida, impactando positivamente o desempenho escolar, o bem-estar familiar e até a produtividade das comunidades. Portanto, investir em saneamento básico em áreas rurais é uma estratégia fundamental para promover saúde pública e desenvolvimento sustentável. Como disse uma mãe e funcionária da escola:

“Desde que a gente começou a ter água tratada na escola, a mudança foi impressionante. As crianças estão bem mais saudáveis e a gente fica mais tranquilo, sabendo que elas estão se cuidando na escola, para estudar melhor. Como estudar com dor de barriga? Ninguém consegue. Isso faz uma baita diferença pra nós!” (ENTMF11).

Esse depoimento mostra como a água tratada transformou a realidade da comunidade escolar. Mas ainda existe um longo caminho pela frente. É fundamental que o projeto continue a receber o apoio necessário para garantir a sustentabilidade do sistema, com manutenção e gestão adequadas, bem como a expansão do acesso à água tratada para as demais residências de Monte Verde, para que todas as famílias tenham acesso a água de qualidade. Que essa experiência sirva de exemplo para outras comunidades, reforçando a água potável como um direito humano essencial e que, com esforço e colaboração, é possível construir um futuro mais saudável e promissor para todos.

## 6. CONCLUSÃO

A instalação do sistema simplificado de tratamento de água na escola de Monte Verde, Juiz de Fora, trouxe melhorias significativas para a comunidade escolar, principalmente na saúde e qualidade de vida dos usuários.

No que se refere à manutenção do sistema, observou-se que a comunidade local tem conseguido realizar as atividades básicas, como a limpeza do filtro e a aplicação de cloro. Contudo, ainda há dependência de suporte técnico e financeiro externo, especialmente para questões mais complexas e aquisição de materiais. A sustentabilidade a longo prazo do sistema está diretamente ligada ao apoio contínuo dos envolvidos no projeto, destacando a importância de capacitações constantes e de políticas públicas de suporte.

A aceitação do cloro, que inicialmente enfrentou resistência, está sendo gradualmente incorporada à rotina da escola. Alguns pais ainda manifestam desconfiança em relação ao uso do cloro, associando-o a possíveis efeitos nocivos à saúde. Nesse sentido, é recomendada a implementação de programas de educação ambiental voltados para a conscientização da comunidade, com o objetivo de esclarecer os benefícios do cloro no processo de desinfecção da água e desmistificar possíveis mal-entendidos. Iniciativas como palestras e produção de materiais educativos podem fortalecer a confiança da comunidade no sistema de tratamento, promovendo a segurança no uso da água potável.

Por fim, os impactos na saúde foram notados. Houve uma redução das doenças relacionadas à qualidade da água, como diarreias e infecções gastrointestinais, além de uma queda nas faltas escolares decorrentes dessas enfermidades. O sistema simplificado de tratamento da água possivelmente contribuiu para a melhoria da saúde das crianças, como também trouxe segurança e confiança para a comunidade. Essa transformação reforça o papel fundamental de projetos de saneamento em áreas rurais, elevando a qualidade de vida e o bem-estar da população.

Recomenda-se a continuidade de estudos em Monte Verde para avaliar a evolução de questões como a aceitação do cloro pela população e a manutenção adequada do sistema de tratamento ao longo do tempo, a realização de trabalhos de educação e conscientização ambiental com a população, além da continuidade de análises de qualidade da água bruta e tratada.

## REFERÊNCIAS

ALLISON, M. C. **Balancing responsibility for sanitation**. *Social Science & Medicine*, v. 55, p. 1539-1551, 2002.

ALMEIDA, B. R. C. de. **Avaliação do desempenho de um sistema de filtração em múltiplas etapas no tratamento da água de uma escola rural**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) — Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2023.

ALVES, M. S.; DIAS, R. F. **Participação comunitária e sustentabilidade no saneamento rural: Um estudo de caso em comunidades isoladas**. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente*, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2018.

AMARAL, L. A. do; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais**. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003. Disponível em: <http://www.fsp.usp.br/rsp>. Acesso em: 23 set. 2024.

ARAÚJO JÚNIOR, L. C. de. **Diagnóstico dos serviços de saneamento básico da cidade de Caicó-RN**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental) — Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, 2018.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Editora Vozes, 2003. 516 p.

BERNARDINO, K. R.; COSTA, D. A.; OLIVEIRA, V. P. S. **O desafio do saneamento em comunidades rurais e a importância do monitoramento da qualidade da água**. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 14, n. 2, p. 255-273, 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 05 jan. 2007. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). Acesso em: 20 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 20 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **PNSR - Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Funasa, 2019b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria No 888, de 04 de maio de 2021**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: Ministério das Cidades, 2019a.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília-DF, 2017.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico: PLANSAB**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/images/storiesArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/plansab06-12-2013.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/storiesArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab06-12-2013.pdf). Acesso em: 21 jul. de 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 27º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2021. Brasília: SNS/MDR, 2022.

BRITTO, A. L.; REZENDE, S. C. **Saneamento Básico e Saúde: Perspectivas e Desafios**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, 19(2), 39-55, 2017.

CAMARGO, J. C. S. **O Sistema Integrado de Saneamento Rural - SISAR: uma política pública de inovação técnico-social para o acesso à água a comunidades rurais no Brasil**. Revista Política e Planejamento Regional, Rio de Janeiro, v. 9, ed. 2, p. 314-334, maio/agosto 2022.

CASTRO, J. E. **Privatização e Saneamento Básico: Impactos e Perspectivas**. Revista de Administração Pública, 47(1), 27-48, 2013.

CASTRO, S. V. **Análise do sistema integrado de saneamento rural – SISAR, em sua dimensão político-institucional, com ênfase no empoderamento das comunidades participantes**. 2015. Tese (Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005.

DI BERNARDO, L. et al. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**. Luiz Di Bernardo (coord). Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.

FERREIRA, L. A. F. et al. **Saneamento rural no planejamento municipal: lições a partir do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR)**. Revista DAE, 67(220), 36-51, 2019.

FERREIRA, D. C. **Tecnologias sociais, conhecimentos e práticas associadas ao uso da água em assentamento rural na Amazônia Central**. 2015. Dissertação (Mestrado em Saúde, Sociedade e Endemias na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

FERREIRA, L. M.; SILVA, R. P.; MENDES, T. P. **Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR): Avanços e Desafios**. Revista de Políticas Públicas, 2019.

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**.

Brasília: Funasa, 2019. Disponível em:

[http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL\\_PNSR\\_2019.pdf](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf). Acesso em: 2 ago. 2024.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, Construction and Implementation**. ITDG Publishing, 1999.

HELLER, L. **Acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil: considerações históricas, conjunturais e prospectivas**. Centre for Brazilian Studies University of Oxford. Working Paper Number CBS-73-06, 2006.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. **Política Pública de Saneamento: Apontamentos Teórico Conceituais**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 3, p. 284–298, jul/set 2007.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

HELLER, L. et al. **Políticas públicas de saneamento básico no Brasil: tensões entre o legado conservador e o avanço progressista**. In: MENICUCCI, T.; GONTIJO, J.G.L. (Org.). *Gestão e políticas públicas no cenário contemporâneo: tendências nacionais e internacionais*. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2016.

HELLER, L. (org.). **Saneamento como política pública: um olhar a partir dos desafios do SUS**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz, 2018.

HUISMAN, L.; WOOD, W. E. **Slow Sand Filtration**. World Health Organization, 1974.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento inadequado**. 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/internacoes-hospitalares-por-doencas-relacionadas-ao-saneamento-inadequado-2018>. Acesso em: 21 jul. 2024.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Átomo, 2016.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde**. 14. ed. São Paulo: Hucitec Editora, 2017.

MMA. **Documento Base do Programa Água Doce**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/agua-doce>. Acesso em: ago. 2024.

ONU. **The Human Right to Water and Sanitization**. 2010.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

PINEDA, G. Y. F. **Gestão comunitária para abastecimento de água em áreas rurais: uma análise comparativa de experiências no Brasil e na Nicarágua**. 2013. Dissertação

(Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

PINHEIRO, M. C. M. **Saneamento e desenvolvimento no Brasil: um estudo de caso no Distrito Federal entre 1998 e 2019**. 2023.

PORTAL DA PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Características**. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/institucional/cidade/caracteristicas.php>. Acesso em: 25 jul. 2024.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO et al. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

RAID, M. A. M. **Soluções técnicas de abastecimento de água e modelos de gestão: um estudo em quinze localidades rurais brasileiras**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. **O saneamento rural no contexto brasileiro**. Revista Agrogeoambiental, 10(1), 131-149, 2018.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

RIBEIRO, H. **A importância da participação comunitária na gestão de sistemas de saneamento rural**. Saúde e Sociedade, 25(3), 733-746, 2016.

ROCHA, A. A. **Histórias do Saneamento**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2018.

RUBIM, D. F. et al. **Diagnóstico do abastecimento de água e esgotamento sanitário no Distrito de Monte Verde de Minas**. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, 15(3), 203-219, 2021.

RSWN - Rural Water Supply Network. **Myths of the Rural Water Supply Sector**. Field Note, 4, 2009.

SILVA, A. C. et al. **Saneamento rural no Brasil: alternativas, desafios e a importância da gestão comunitária**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 23(3), 447-458, 2018.

SILVA, L. S. da. **Acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no distrito de Monte Verde, Juiz de Fora - MG: análise da participação social**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2022**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Painel Saneamento Brasil**. Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/saneamento-mais/por-ano?id=1&S%5Bid%5D=0>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SOUSA, A. C. A. de; COSTA, N. do R. **Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória**. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 615-634, set. 2016.

STUKEL, T. A.; GREENBERG, E. R.; DAIN, B. J.; REED, F. C.; JACOBS, N. J. A **longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies**. Environ Sci Technol, 1990; 24:571-5.

TRATA BRASIL. **Esgotamento sanitário inadequado e impactos na saúde da população**. 2010. Disponível em:  
[http://www.tratabrasil.org.br/novo\\_site/cms/templates/trata\\_brasil/files/esgotamento.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/cms/templates/trata_brasil/files/esgotamento.pdf).  
Acesso em: 20 set. 2024.

TUKAHIRWA, J. T.; MOL, A. P. J.; OOSTERVEER, P. **Civil society participation in urban sanitation and solid waste management in Uganda**. Local Environment, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum**. Geneva: World Health Organization, 2017.

VALENTE, M. S. **Clorador simplificado para uso em soluções alternativas de abastecimento de água**. In: IV Seminário Internacional de Saúde Pública, 2008 (Artigo aprovado para IV Seminário Internacional de Saúde Pública da FUNASA).

VERAS, L. R. V.; DI BERNARDO, L. **Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas-FIME**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 13, p. 109-116, 2008.

## APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTAS

Qual o seu nome?

Qual o cargo/função que exerce na escola? Há quanto tempo trabalha aqui?

### **Capacidade de Manutenção do Sistema Simplificado**

Como é o abastecimento de água na escola atualmente? Como era antigamente? Você percebeu alguma diferença?

Após a instalação do filtro, a qualidade da água fornecida na escola varia muito?

Quais são as principais tarefas de manutenção realizadas pelos funcionários? Quem é responsável?

Os funcionários receberam treinamento específico sobre a manutenção do sistema de tratamento de água? Se sim, qual foi a duração e o conteúdo do treinamento?

Com que frequência os funcionários realizam a manutenção do sistema de tratamento de água?

Existe algum gasto financeiro para manter o sistema operando? De onde vem o recurso?

Os funcionários enfrentam algum desafio ou dificuldade específica ao manter o sistema de tratamento de água? Se sim, quais?

Há algum registro ou documentação sobre as atividades de manutenção realizadas? Como essas informações são registradas e acompanhadas?

Como a manutenção do sistema de tratamento de água é coordenada com as atividades diárias da escola? Há algum impacto na rotina escolar devido à manutenção?

Existem recomendações ou diretrizes fornecidas pela administração da escola para garantir a eficiência da manutenção do sistema de tratamento de água?

Existe alguma recomendação com relação a colocação ou não de cloro na água?

A escola recebe algum apoio externo para a manutenção do sistema?

### **Aceitação do Cloro pelos Usuários**

Você já notou se as crianças reclamam do gosto da água fornecida? Se sim, com que frequência? Quais os principais motivos das reclamações?

Como você avalia o sabor, a cor e o cheiro da água fornecida pelo sistema?

Você percebe alguma diferença na qualidade da água antes e depois do tratamento?

Você considera que é importante a realização do tratamento da água? Por que?

Você considera que é importante a adição de cloro na água? Por que?

Você está ciente de que o cloro é utilizado no tratamento da água fornecida na escola? Você tem alguma preocupação em relação ao uso de cloro na água?

Você já teve algum problema ou desconforto associado ao consumo de água clorada? Se sim, pode descrever?

Você percebe alguma diferença na aceitação da água clorada entre as diferentes idades das crianças?

As crianças preferem outras fontes de água (como água de garrafa ou filtrada) em vez da água clorada fornecida?

### **Impactos na Saúde Relacionados ao Sistema de Tratamento de Água**

Você notou uma redução no número de faltas escolares após a instalação do filtro de água? Se sim, quanto essa redução foi significativa?

Antes da instalação do sistema de tratamento de água, houve relatos de problemas de saúde associados à água consumida? Se sim, quais eram os principais problemas de saúde relatados?

Havia um padrão ou época específica do ano em que as faltas escolares devido a diarreia e doenças relacionadas à água eram mais comuns?

Como essas doenças afetavam o desempenho escolar e o bem-estar geral das crianças?

Os pais ou responsáveis notaram alguma mudança na saúde das crianças após a instalação do filtro de água?

Qual era a percepção da comunidade sobre a relação entre a qualidade da água e a saúde das crianças antes da instalação do filtro?

Quais são os principais sintomas ou problemas de saúde que você acredita estarem relacionados à água consumida?

Você já teve contato com profissionais de saúde que indicaram um possível problema de saúde decorrente da água consumida?

Você percebeu alguma melhoria ou agravamento dos problemas de saúde desde a implementação do sistema de tratamento de água?

Você tem sugestões sobre como o sistema de tratamento de água poderia ser melhorado para evitar impactos negativos na saúde?