



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

**LUCAS EVANGELISTA FERNANDES VIRGINIO**

**QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS NAS ÁREAS RURAIS DO  
SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE  
2023**

LUCAS EVANGELISTA FERNANDES VIRGINIO

**QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS NAS ÁREAS RURAIS DO  
SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como pré-requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Pablícia Oliveira Galdino

**CAMPINA GRANDE  
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

V817q Virgínio, Lucas Evangelista Fernandes.  
Qualidade da água armazenada em cisternas nas áreas rurais do semiárido da Paraíba [manuscrito] / Lucas Evangelista Fernandes Virgínio. - 2023.  
49 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Profa. Dra. Pablícia Oliveira Galdino, Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT. "

1. Potabilidade. 2. Indicadores. 3. Escherichia coli. I. Título

21. ed. CDD 660

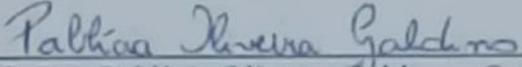
LUCAS EVANGELISTA FERNANDES VIRGINIO

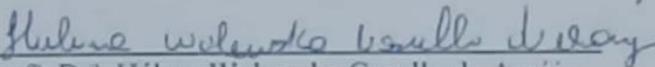
QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS NAS ÁREAS RURAIS DO  
SEMIÁRIDO DA PARAÍBA

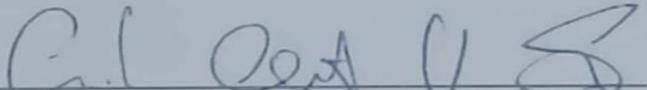
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como pré-requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em: 27/06/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Pablicia Oliveira Galdino - Orientadora  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Dr. Hélvia Walewska Casullo de Araújo  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Dr. Carlos Christiano Lima dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus pela saúde, fé, perseverança e coragem que tem me dado para seguir em busca dos meus sonhos e por tudo que me proporciona na vida.

À minha família, pelo apoio e amor nos momentos de dificuldades no decorrer da minha vida.

Aos meus pais, Margarida Maria Fernandes Virgínio e José Virgínio de Araújo, simples agricultores que permitiram estar na escola quando precisaram de mim “na roça”. Para eles sempre, minha eterna gratidão!

À minha amiga-irmã, Ana Lúcia Araújo da Silva, e que há treze anos através de um anúncio em um mural, apareceu e se tornou minha irmã para a vida, alguém que está comigo nos momentos alegres, tristes, que rimos juntos, que briga comigo e me dá conselhos quando preciso e não me permite jamais desistir de algo que desejo.

A minha orientadora, Professora Doutora Pablícia Oliveira Galdino, pela contribuição para o enriquecimento do meu trabalho e pela paciência e todas as orientações de leituras sugeridas durante meu percurso acadêmico.

Aos professores Dr<sup>a</sup>. Hέλvia Walewska Casullo de Araújo, Prof. Dr. Carlos Christiano Lima dos Santos, por gentilmente aceitarem o convite para formar a banca e todas as contribuições para enriquecer minha pesquisa.

Aos docentes, Antônio Augusto Pereira de Sousa, Vera Lúcia Meira de Moraes, Maristela Alves da Silva, José Arimateia Nóbrega, pelos conselhos e orientações durante minha trajetória acadêmica.

Aos queridos amigos que ganhei nos bancos da universidade, por participarem dos melhores momentos e dividirem comigo as angústias dos finais de semestre. Meu carinho especial para, Isaac Emanuel Duarte Silva, Anelly Gianni Aragão Barbosa, Marina Gonçalves da Silva, Raira de Oliveira Silva, Daniel Bezerra Fernandes, Ana Sabrina Barbosa Machado, Daniel Victor Gomes da Silva, Thais Marya Pereira Nascimento, Leonardo Araújo Leal. Que a vida seja generosa com vocês como foram comigo e que possamos guardar boas lembranças dos nossos momentos.

A cada um que me acolheu em algum momento seja com palavras de conforto, incentivo, ou até mesmo um puxão de orelha, meu carinho e meu muito obrigado.

Por fim, e não menos importante, preciso dizer que tudo valeu a pena. Cada esforço, cada noite mal dormida, cada sacrifício, tudo foi muito bem vivido para que eu chegasse até aqui. Obrigado a todos e que Deus vos abençoe!

## RESUMO

A escassez hídrica afeta a população do semiárido nordestino, principalmente nas áreas rurais. Para amenizar essa convivência com a seca, foram desenvolvidas políticas públicas direcionadas à construção de cisternas. No entanto, vários fatores podem contribuir para afetar a qualidade da água armazenada nesse tipo de reservatório, onde, é fundamental a realização do monitoramento da qualidade dessa água, avaliando se esta é potável. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi analisar a qualidade da água das chuvas captada e armazenada nas cisternas na localidade Sítio Serra do Maracajá em Puxinanã - PB, com base em seleção de indicadores físico-químicos e microbiológicos de água potável. Durante a pesquisa, foram realizadas entrevistas com os residentes do Sítio Serra do Maracajá e aplicação de um questionário semiestruturado com a participação de quarenta e duas famílias. Com a finalidade de obtenção de informações referente ao sexo, faixa etária, escolaridade, profissão, renda família e também referente ao abastecimento de água, a identificação da origem da água consumida, modos de manejo do reservatório e as técnicas de tratamento usadas pelas famílias para tratar a água. As amostras foram coletadas em dois tipos de recipientes, sendo de polietileno de alta densidade para as análises físico-químicas e frascos de borosilicato esterilizados para as análises bacteriológicas. As análises foram realizadas no laboratório de saneamento da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Os indicadores físico-químicos analisados foram temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, dureza total e os bacteriológicos coliformes totais e *Escherichia coli*. Seguindo a metodologia estabelecida pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, da American Public Health Association. As análises físico-químicas, mostram resultados em que todas as amostras de água tiveram seus indicadores de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde pertinente. Nos resultados obtidos nas análises bacteriológicas, identificou-se que todas as amostras de água tinham presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença desses tipos de bactérias, mostram que as águas das cisternas estão contaminadas, assim, é necessário a elaboração de um plano de ação para conscientização dos moradores sobre boas formas de manejo das cisternas, a importância do processo de filtração da água e o uso de hipoclorito de sódio para a eliminação de microrganismos patogênicos, evitando assim, o surgimento de doenças de veiculação hídrica.

**Palavras-Chave:** potabilidade; indicadores; *Escherichia coli*.

## ABSTRACT

Water scarcity affects the population of the semi-arid northeast, mainly in rural areas. To alleviate this coexistence with drought, public policies were developed aimed at the construction of cisterns. However, several factors can contribute to affecting the quality of the water stored in this type of reservoir, where it is essential to monitor the quality of this water, evaluating whether it is drinkable. In this context, the objective of this study was to analyze the quality of rainwater captured and stored in cisterns in the Sítio Serra do Maracajá location in Puxinanã - PB, based on a selection of physical-chemical and microbiological indicators of drinking water. During the research, interviews were carried out with the residents of Sítio Serra do Maracajá and a semi-structured questionnaire was administered with the participation of forty-two families. With the purpose of obtaining information regarding gender, age group, education, profession, family income and also regarding water supply, identification of the origin of the water consumed, methods of managing the reservoir and the treatment techniques used by families to treat water. The samples were collected in two types of containers, made of high-density polyethylene for physical-chemical analyzes and sterilized borosilicate bottles for bacteriological analyzes. The analyzes were carried out in the sanitation laboratory at the Federal University of Campina Grande – UFCG. The physical-chemical indicators analyzed were temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, total hardness and bacteriological total coliforms and *Escherichia coli*. Following the methodology established by the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, of the American Public Health Association. The physical-chemical analyzes show results in which all water samples had their indicators in accordance with the potability standard established by Ordinance No. 888 of May 4, 2021 of the relevant Ministry of Health. In the results obtained from the bacteriological analyzes, it was identified that all water samples had the presence of total coliforms and *Escherichia coli*. The presence of these types of bacteria shows that the water in the cisterns is contaminated, therefore, it is necessary to develop an action plan to raise awareness among residents about good ways of managing the cisterns, the importance of the water filtration process and the use of sodium hypochlorite to eliminate pathogenic microorganisms, thus preventing the emergence of waterborne diseases.

**Keywords:** potability; indicators; *Escherichia coli*.

## SUMÁRIO

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| <b>1</b>       | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                | <b>09</b> |
| <b>2</b>       | <b>OBJETIVOS</b> .....                                 | <b>11</b> |
| <b>2.1</b>     | <b>Objetivo geral</b> .....                            | <b>11</b> |
| <b>2.2</b>     | <b>Objetivos específicos</b> .....                     | <b>11</b> |
| <b>3</b>       | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....                     | <b>12</b> |
| <b>3.1</b>     | <b>Captação e armazenamento da água da chuva</b> ..... | <b>12</b> |
| <b>3.2</b>     | <b>Programa um milhão de cisternas – P1MC</b> .....    | <b>13</b> |
| <b>3.3</b>     | <b>Qualidade da água</b> .....                         | <b>13</b> |
| <b>3.3.1</b>   | <b><i>Indicadores físico-químicos</i></b> .....        | <b>15</b> |
| <b>3.3.1.1</b> | <b><i>Potencial hidrogeniônico</i></b> .....           | <b>15</b> |
| <b>3.3.1.2</b> | <b><i>Turbidez</i></b> .....                           | <b>16</b> |
| <b>3.3.1.3</b> | <b><i>Condutividade elétrica</i></b> .....             | <b>16</b> |
| <b>3.3.1.4</b> | <b><i>Dureza total</i></b> .....                       | <b>17</b> |
| <b>3.3.1.5</b> | <b><i>Temperatura</i></b> .....                        | <b>17</b> |
| <b>3.3.2</b>   | <b><i>Indicadores bacteriológicos</i></b> .....        | <b>18</b> |
| <b>3.3.2.1</b> | <b><i>Coliformes totais – CT</i></b> .....             | <b>18</b> |
| <b>3.3.2.2</b> | <b><i>Escherichia coli – E. coli</i></b> .....         | <b>18</b> |
| <b>3.6</b>     | <b>Técnicas de tratamento de água</b> .....            | <b>19</b> |
| <b>3.6.1</b>   | <b><i>Filtro de barro</i></b> .....                    | <b>19</b> |
| <b>3.6.2</b>   | <b><i>Desinfecção solar da água</i></b> .....          | <b>19</b> |
| <b>3.7</b>     | <b>Saneamento ambiental</b> .....                      | <b>20</b> |
| <b>4</b>       | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....                       | <b>22</b> |
| <b>4.1</b>     | <b>Área de estudo</b> .....                            | <b>22</b> |
| <b>4.2</b>     | <b>Etapas da pesquisa</b> .....                        | <b>23</b> |
| <b>4.3</b>     | <b>Análises físico-químicas</b> .....                  | <b>25</b> |
| <b>4.4</b>     | <b>Análises bacteriológicas</b> .....                  | <b>27</b> |
| <b>5</b>       | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                   | <b>31</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>5.1</b> | <b>Características dos entrevistados .....</b>           | <b>31</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Análises dos resultados do questionário .....</b>     | <b>32</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Resultados das análises físico-químicas .....</b>     | <b>37</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Resultados das análises bacteriológicas .....</b>     | <b>39</b> |
| <b>6</b>   | <b>CONCLUSÃO .....</b>                                   | <b>41</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                 | <b>42</b> |
|            | <b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS .....</b> | <b>46</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para a manutenção da vida de todos os seres vivos do Planeta Terra. Estima-se que 97,5% da água presente no globo terrestre são salgadas, então imprópria para consumo direto dos humanos e também não apropriada para uso na agricultura. Apenas 2,5% representam água doce disponível e somente 1% está presente nos rios. Apenas 1,5% de água doce encontram-se nas geleiras, águas subterrâneas (BRASIL, 2022).

O acesso a esse bem tão valioso e importante à manutenção da vida está cada dia mais escasso. A escassez de água no mundo tende a aumentar até 2050, ocasionado pelas demandas dos setores industriais e domésticos devido às economias emergentes e crescimento populacional mundial. Aproximadamente 2 bilhões de pessoas distribuídas pelo mundo vivem em situação de estresse hídrico (UNESCO, 2019).

Como a água é indispensável à vida humana, o acesso à água potável é um direito universal, no entanto, existem restrições no acesso à água de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender às necessidades básicas da população. A falta de água potável acessível à população causa o surgimento das doenças, da fome, dos surtos e das epidemias de doenças de veiculação hídrica (UNESCO, 2019). Então, a ausência de saneamento básico é um dos motivos que causam as doenças, principalmente as de veiculação hídrica, devido à importância que a água tem em nossas vidas, utilizadas para as mais diversas finalidades, preparo de alimentos, higiene pessoal, ingestão e outros usos (SOUZA et al., 2019).

O Brasil tem cerca de 12% das reservas de água doce disponíveis no mundo, no entanto, esse recurso natural está distribuído de forma muito irregular em seu território. Essa distribuição heterogênea de água no país está associada às condições climáticas e geológicas extremas, que afetam a distribuição e disponibilidade de água, sendo o Nordeste a região brasileira mais atingida pela escassez de água. O semiárido brasileiro é identificado como uma região de estresse hídrico acentuado, provocado pelo baixo índice pluviométrico e período prolongado de secas (MELO et al., 2021). O estado da Paraíba está localizado no semiárido brasileiro, numa região de baixa incidência pluviométrica, e pouca oferta de corpos aquáticos superficiais que atendam à demanda de água para consumo das populações (SOUZA JÚNIOR; LUCENA; FIRMINO, 2022).

Na escassez dos recursos hídricos, é preciso o desenvolvimento de medidas de convivência no semiárido, sendo comum a captação de água da chuva como uma forma alternativa, aumentando a disponibilidade de água. A captação de águas de chuvas e armazenagem em cisternas é uma solução para o problema, na qual a população rural está sendo beneficiada, com maior segurança

hídrica. A água armazenada é posteriormente usada para fins diversos, para as atividades domésticas, ingestão, produção agrícola e consumo animal (MELO et al., 2021; MACHADO et al., 2019).

No entanto, a qualidade de qualquer água se encontra ligada à fonte de água, relacionada à exposição a contaminantes no decorrer do sistema de captação de água e pelo meio de como a água chega às pessoas. Portanto, a qualidade da água da cisterna está relacionada ao material utilizado na construção, área superficial de coleta da água, os dutos de condução e manejo da cisterna (SILVA et al., 2017; SOUZA et al., 2019).

A presença de contaminantes pode alterar as características organolépticas, físico-químicas e bacteriológicas da água captada e armazenada na cisterna, comprometendo sua qualidade e utilização. Por isso, é necessário fazer a vigilância da qualidade da água, para manter a potabilidade de acordo com a legislação vigente, conforme a Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

A água que apresenta microrganismos, oferece um alto risco de desencadear doenças de veiculação hídrica. As doenças transmitidas pela água são causadas por grupos de bactérias, vírus, protozoários e outros parasitas. A contaminação pode ocorrer durante sua captação, armazenagem, além disso, a contaminação secundária da água de beber devido a uma manipulação inadequada. A relevância das patogenias transmitidas por meio da água depende da capacidade dos agentes patógenos em sobreviver no ambiente e da quantidade mínima necessária para contaminar e infectar um hospedeiro (EAWAG, 2020).

A falta de saneamento básico, a restrição à água potável, condições socioeconômica e educacional, aliada a ausência a hábitos higiênicos básicos, como, por exemplo, lavar as mãos com água e sabão antes de cada refeição, elevam os riscos da população em adquirir doenças de veiculação hídrica (NEU et al., 2018).

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido na comunidade Sítio Serra do Maracajá, zona rural do município de Puxinanã-PB. Avaliou a qualidade da água captada e armazenada nas cisternas da comunidade rural.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade da água das chuvas captada e armazenada nas cisternas na localidade Sítio Serra do Maracajá em Puxinanã - PB, com base em seleção de indicadores físico-químicos e microbiológicos de água potável e, verificando se os indicadores atendem aos critérios determinados na legislação de água potável para consumo humano.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Realizar uma entrevista semiquantitativa na comunidade Sítio Serra do Maracajá, em relação aos parâmetros de sexo, escolaridade, faixa etária, profissão e renda familiar;
2. Identificar a origem da água consumida, os modos de captação, armazenamento e consumo de água;
3. Reconhecer as técnicas usadas pelos moradores para tratar a água para consumo;
4. Identificar as formas de manejo e barreiras sanitárias usadas pelos moradores para evitar a contaminação da água armazenada nas cisternas;
5. Fazer análises físico-químicas para os parâmetros temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica e dureza total;
6. Executar análises bacteriológicas, para os indicadores coliformes totais e *Escherichia coli*.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 Captação e armazenagem da água da chuva**

A coleta e armazenamento de água de chuvas representam uma solução bem antiga para atender à demanda de água em todo o Planeta Terra. A captação de água da chuva e sua armazenagem em cisternas é uma alternativa que, a cada dia, como forma de aumentar a quantidade de pessoas com água para consumo. O armazenamento de água da chuva obedece às técnicas que têm sido utilizadas há milhares de anos atrás, difundindo-se pelo mundo de forma bastante distinta. As cisternas foram criadas ao longo dos últimos 5.500 anos, inicialmente eram construções bem simples, de vasos de barros até enormes estruturas subterrâneas (MACHADO, 2017).

O desenvolvimento do sistema de captação e armazenamento de água de chuva, para consumo humano no país, foi apenas impulsionado a partir da década de 1970 em pequenas comunidades rurais. Em 1999 foi criada Articulação do Semiárido Brasileiro que, em 2001, teria a missão de fazer a gestão do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), cujo projeto beneficiará uma população de aproximadamente de 5 milhões de pessoas no semiárido nordestino (XAVIER, 2010).

O sistema de captação de água é formado por alguns componentes para permitir o aproveitamento das águas pluviais. Os principais componentes são: uma área de superfície (telhados de casas), calhas e condutores, são responsáveis por conduzir a água captada até o reservatório; telas de proteção para evitar a entrada de folhas e materiais sólidos; reservatório feito de concreto armado e alvenaria ou placas pré-moldadas, de forma cilíndrica ou retangular é denominado de cisterna (GOMES, 2017).

A cisterna é usada para armazenagem de água pluviais, contudo podem existir diversas vias de contaminação, provocada pelas rachaduras, manejo, ausência de limpeza e também está sujeita à entrada de animais. É recomendado evitar construir a cisterna próximo de fossa séptica, locais de criação de animais, e locais destinados ao descarte de resíduos sólidos, sendo a distância mínima recomendada de 15 metros. Locais sem árvores nas proximidades, porque as raízes podem causar danos à estrutura da cisterna (FUNASA, 2017).

Segundo Sabino et al., (2019), existem outros fatores que podem contaminar a cisterna com microrganismos patogênicos:

A construção de cisternas próximas a fossas e esgotos, a falta de conservação e manejo adequado das mesmas, tampas inadequadas, problemas de rachaduras e uso de cordas e baldes para tirar a água da cisterna, também propiciam contaminação da água, de forma que vários microrganismos, não só do grupo coliformes totais e fecais, mas também outras bactérias como *Pseudomonas aeruginosa*, podem estar presentes na água.

### 3.2 Programa um milhão de cisternas - P1MC

O P1MC, o programa foi coordenado pelo Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome, desenvolveu no Semiárido brasileiro iniciativas de formação e educação da comunidade rural para a construção de cisternas. Trouxe nova metodologia e forma de gestão para enfrentar o contexto histórico de tornar acessível o acesso à água no semiárido. O programa ganhou destaque internacional, como um instrumento de reduzir a desigualdade social na região Nordeste. (NOGUEIRA, 2017).

As cisternas construídas pelo P1MC tornaram-se um meio alternativo de garantir o acesso à água para consumo humano e, até mesmo, a produção, elevando a segurança hídrica das comunidades rurais que residem distante das cidades e sem acesso à água tratada. Contudo, é preciso salientar que as construções das cisternas não constituem solução definitiva para problema da vulnerabilidade social e climática no Semiárido, visto que em certos momentos o índice pluviométrico é insuficiente para encher as cisternas (NOGUEIRA; MILHORANCE; MENDES, 2020).

Além de democratizar o acesso à água, o programa promoveu melhoria não apenas para as famílias, mas sim para toda a comunidade, conforme informações da Articulação do Semiárido Brasileiro (2022),

O P1MC possibilita inúmeros avanços não só para as famílias, mas para as comunidades rurais como um todo, como o aumento da frequência escolar, a diminuição da incidência de doenças em virtude do consumo de água contaminada e a diminuição da sobrecarga de trabalho das mulheres.

### 3.3 Qualidade da água

Sobre a qualidade da água para consumo humano, é necessário se fazer a utilização de medidas e métodos de controle e vigilância dos indicadores microbiológicos e físico-químicos da água, que definirão a técnica de tratamento necessário para atender aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Conforme a Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, determina que toda água destinada ao consumo humano, seja utilizada para

ingestão, higiene pessoal e preparo de alimentos, não deve oferecer nenhum risco à saúde da população.

E menciona ainda que, toda água utilizada para consumo humano, seja ela distribuída por sistema de abastecimento de água, soluções alternativas de abastecimento coletivo ou individual e também carro-pipa, é necessário ser realizado o controle e a vigilância da qualidade da água, para que seja garantida os padrões de potabilidade determinada pela legislação vigente (BRASIL, 2021). Para melhor compreensão e entendimento, na Portaria existe uma definição clara e objetiva, sobre o que é controle e vigilância da qualidade da água, estabelecendo os responsáveis em fazer o monitoramento. De acordo com o artigo 5º, nos incisos XII e XIII, diz que:

XII - controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;

XIII - vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a este Anexo e avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde. (BRASIL, 2021).

Segundo Brasil (2021), os indicadores de potabilidade, são definidos como sendo os valores máximos permitidos para qualidade da água destinada ao consumo humano. Valores em desacordo com os parâmetros estabelecidos pela Portaria, que modifiquem a qualidade da água, e que em alguns casos, podem oferecer risco ou ameaça à saúde pública, como pode ser observado no Quadro 1.

**Quadro 1:** Indicadores de potabilidade de água

| Indicador               | Valor Máximo Permitido |
|-------------------------|------------------------|
| Coliformes totais       | Ausência em 100 mL     |
| <i>Escherichia coli</i> | Ausência em 100 mL     |
| pH                      | 6,0 - 9,0              |
| Dureza total            | 300 mg/L               |
| Turbidez                | 5 uT                   |

**Fonte:** Portaria nº 888 de 04/04/2021.

Algumas doenças estão relacionadas com o consumo de água sem tratamento e contaminada, seja pela ingestão direta, no preparo de alimentos, na higiene pessoal, limpeza de ambiente, entre

outros. As ameaças para a saúde do homem relacionadas com a água, estão classificadas em dois grupos:

Riscos relacionados com a ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus e parasitos), através de contato direto, ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico;  
Riscos derivados de poluentes químicos e radioativos, geralmente efluentes de esgotos industriais, ou causados por acidentes ambientais. (FUNASA, 2017, p. 20).

Os mais importantes agentes biológicos presentes nas águas contaminadas estão representados pelas bactérias, os vírus e os parasitas. As bactérias patogênicas encontradas nas águas ou nos alimentos representam as principais fontes de morbidade e mortalidade em nosso meio. Esses microrganismos são responsáveis por diversas doenças, os casos de enterites, diarreias infantis e algumas doenças epidêmicas, como, por exemplo, a cólera e a febre tifoide, podendo essas doenças evoluir para casos letais (FUNASA, 2017).

Para tanto, a água de chuva captada e armazenada em cisternas para consumo humano, deve ter garantido seu padrão de potabilidade, com a finalidade de evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica e parasitoses. O tratamento da água de cisterna pode ser realizado usando técnicas simples e de baixo custo, que sejam eficientes e de fácil operação (SOUZA; OMENA; FÉLIZ, 2018).

### **3.3.1 Indicadores físico-químicos**

#### **3.3.1.1 Potencial hidrogeniônico - pH**

Potencial hidrogeniônico ou simplesmente pH, representa a concentração de  $H^+/H_3O^+$ , em uma solução. O Soren Peter L. Sorensen (1868-1939), estabeleceu uma escala logarítmica para quantificação do pH, uma escala que varia de 0 até 14. A partir dessa escala, podemos classificar uma solução em ácida ( $pH < 7$ ), neutra ( $pH = 7$ ) e alcalina ( $pH > 7$ ), considerando uma temperatura de 25°C (MELO, 2021).

O pH representa um parâmetro que deve ser monitorado com o objetivo de melhorar os processos de tratamento, preservar as tubulações contra corrosões ou entupimentos. O pH não representa riscos sanitários e, entretanto, a faixa recomendada de pH na água distribuída para consumo é de 6,0 a 9,0 (SABESP, 2022).

O pH é um indicador muito importante durante a determinação de diversas espécies químicas de interesse na análise de águas potáveis. A quantificação do pH é essencial no contexto da química

da água, no processo de tratamento de água interfere diretamente na coagulação química, no controle de corrosão, abrandamento e processo de desinfecção (SILVA e OLIVEIRA, 2001).

### **3.3.1.2 Turbidez**

A turbidez representa o grau de interferência à passagem da luz através do líquido, essa dificuldade de penetração da luz na água é ocasionada pela presença de partículas suspensas (argila, silte areia e matéria orgânica), sendo elas reduzidas por sedimentação. A turbidez é expressa por unidades de turbidez ou unidades nefelométricas de turbidez. A turbidez é de ocorrência natural, uma vez que, pode ser causada pelo lançamento de esgoto domésticos ou industriais (FUNASA, 2014).

No âmbito do abastecimento de água, a turbidez está relacionada ao processo de tratamento, principalmente a filtração e desinfecção e também por motivos estéticos. Assim, com o aumento da turbidez, torna o processo mais caro, usada uma maior quantidade de produtos químicos, a filtração da água é mais difícil. Uma eventual rejeição ao seu uso e consumo pela população, que associa a turbidez à presença de sujeira, ou seja, contaminação e, possivelmente, à possibilidade de ocorrência de doenças de veiculação hídrica (FUNASA, 2014; SILVA e OLIVEIRA, 2001).

### **3.3.1.3 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica pode ser entendida como a capacidade que a água tem em conduzir corrente elétrica, representa a quantidade de sais existentes. Portanto, a condutividade aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados na água.

Existe um fator que favorece ou interfere na condutividade, conforme Melo (2021), a presença de compostos orgânicos e inorgânicos, a quantidade de sais dissolvidos no corpo hídrico, em que suas concentrações dependem da temperatura, então, ao medir a condutividade elétrica é preciso considerar a temperatura para uma medição certa. E ainda é necessário salientar que as condições climáticas, nível trófico do corpo hídrico e as características geoquímicas estão relacionadas a quantidade de íons dissolvidos na água.

### **3.3.1.4 Dureza total**

A dureza é causada pela presença de cátions metálicos bivalentes, os quais são capazes de reagir com sabão e formando precipitados, também pode reagir com alguns ânions presentes na água, originando a formação de incrustações nas tubulações. Os íons causadores de dureza são o cálcio e magnésio, no entanto, em menor escala temos zinco, estrôncio, ferro (SILVA E OLIVEIRA, 2001).

A dureza da água é formada de duas partes, representada pela dureza temporária e a dureza permanente. A dureza temporária é ocasionada pela presença de carbonatos e bicarbonatos. A dureza permanente é devida a cloretos, nitratos e sulfatos. A soma da dureza temporária e permanente, é chamada de dureza total. Conforme a dureza presente na água, pode ser classificada em água em mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; água moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; água dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; e água muito dura: >300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Para águas de abastecimento, o padrão de potabilidade estabelece o limite de 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>. (FUNASA, 2014; SILVA e OLIVEIRA, 2001).

### **3.3.1.5 Temperatura**

A temperatura representa a energia cinética das moléculas presente em um corpo, sendo a variação de gradiente responsável pelo processo de transferência de calor em um meio. A mudança de temperatura de um corpo hídrico pode ser por meio natural, como a radiação solar, e também pelas ações antropogênicas, provocado pelos despejos industriais, uso de água para resfriamento de máquinas e equipamentos (FUNASA, 2014).

A temperatura influencia na velocidade das reações químicas, no metabolismo dos seres vivos crescimento, reprodução), na solubilidade de substâncias, outros indicadores físico-químicos (pH, turbidez). Os corpos hídricos do Brasil sofrem variações de temperatura ao longo do dia e durante as estações do ano (ANA, 2022).

### 3.3.2 Indicadores bacteriológicos

#### 3.3.2.1 Coliformes totais - CT

As bactérias do tipo coliformes foram descobertas pelo Theodor Escherich (1857-1911) que era médico e bacteriologista, que ao estudar fezes de crianças, isolou certo tipo de bactéria e chamou de *Bacterium coli* e que posteriormente foi confirmada como habitante do trato intestinal humano e de animais de sangue quente (FUNASA, 2014).

Os coliformes totais são definidos como sendo bastonetes Gram negativos, não esporulados, organismos aeróbios e anaeróbios facultativos, são seres vivos fermentadores de carboidratos (lactose), produzindo ácidos, gás e vivem em temperatura ideal que varia de 35°-37°C. Os CT são indicadores universais de contaminação fecal e usado como indicador de eficiência no tratamento de água. Todos os coliformes possuem a enzima  $\beta$  – galactosidase que quebra o substrato ortonitrofenil-galacto-piranosídeo e liberando ortonitrofenil usado para uma identificação rápida da presença em amostra de água (CEBALLOS e DINIZ, 2017).

#### 3.3.2.2 *Escherichia coli* - *E. coli*

A *Escherichia coli* faz parte do subgrupo dos coliformes fecais, sendo participante mais numeroso. Faz parte da família Enterobacteriaceae e, igual aos demais coliformes, possui as enzimas  $\beta$  – galactosidase e  $\beta$  – glucuronidase, em que a segunda enzima é exclusiva de *Escherichia coli*. A enzima  $\beta$  – glucuronidase é responsável pela ação sobre o substrato 4-methyl-Umbilipherli- $\beta$ -D-Glucuronosídeo (MUG), liberando como produto o 4-methyl-Umbilipherli que ao ser submetido a luz UV, de comprimento de onda de 360 nm, produzindo uma luminescência azul e, então, identificando a presença de *E. coli* na amostra de água (CEBALLOS e DINIZ, 2017).

A *E. coli* é a única espécie do grupo dos coliformes fecais cujo habitat é o intestino humano e de animais de sangue quente. Então, sua presença em água, alimentos, solo, é um indicativo de contaminação fecal e provavelmente indicação de microrganismos patogênicos e quanto maior a quantidade de *E. coli*, aumenta a chance de serem enteropatógenos. No entanto, algumas espécies de *E. coli* vivem no intestino humano realizando uma associação mutualista, contudo, existem certas cepas patogênicas, que sua contaminação acontece pelo consumo de água, alimentos e contato com seres humanos (CEBALLOS e DINIZ, 2017).

### **3.6 Técnicas de tratamento de água**

#### ***3.6.1 Filtro de barro***

O uso do filtro de barro é uma técnica antiga e bastante usada para a filtração de águas naturais. É uma técnica que tem como objetivo reduzir a disseminação de doenças de veiculação hídrica. Esse sistema de tratamento de água é constituído por um conjunto de dois recipientes de barro, na parte superior são colocadas velas de cerâmica filtrante pelas quais água irá passar com o objetivo de retenção de partículas, ocasionando a diminuição da turbidez e cor, remoção de microrganismos patogênicos.

Ainda poderão ser adicionadas as velas carvão ativo para melhorar ainda a eficiência no tratamento de água para consumo humano. O uso do filtro de barro está atualmente bastante difundida, sendo utilizado nas residências urbanas mesmo com acesso a água tratada, como uma forma adicional de tratamento (NASCIMENTO e DONADONI, 2015; GOMES; FRANCO; VIANA, 2017).

#### ***3.6.2 Desinfecção solar da água - SODIS***

A desinfecção solar da água é uma técnica bastante simples, ecologicamente sustentável, sendo uma solução de baixo custo para tratamento de água para consumo humano. O sistema SODIS utiliza a radiação solar para a eliminação de microrganismos patogênicos presentes na água. Os microrganismos são vulneráveis à radiação solar, no espectro de luz UV-A, que compreende comprimento de onda que variam de 320-420 nm e também faz uso do calor. A combinação de calor e radiação aumenta a eficiência do processo de tratamento de água, aumentando a destruição dos microrganismos (EAWAG, 2002).

O SODIS é adequado para desinfectar pequenas quantidades de água e com baixa turbidez, porque partículas suspensas na água diminuem a penetração de radiação solar e protegendo os microrganismos de serem irradiados. Um fator importante a ser considerado na eficiência do sistema SODIS está relacionado à quantidade de luz solar disponível, é preciso expor a garrafa ao sol por pelo menos 6 horas, se o céu estiver limpo, caso contrário o tempo de exposição aumenta (EAWAG, 2002).

### 3.7 Saneamento ambiental

O saneamento ambiental compreende um conjunto de ações e medidas executadas com o objetivo de preservação das condições do meio ambiente, como forma de preservação e melhoria na qualidade de vida da população, promovendo a saúde, bem-estar físico e emocional. Conforme a Lei nº 11.445 de 2007 e que foi regulamentada pelo Decreto nº 7.217 de 21 de julho de 2010 e revisada pela Lei nº 14.026 de 2020, esse foi o marco legal do saneamento básico do país e, possui essa definição e suas respectivas diretrizes para elaboração e para sua prestação, estando difundido e estruturado no Brasil principalmente os serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água, contudo, ainda existem os serviços de limpeza e manejo dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2021; LIMA et al., 2021).

Existe o Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB, esse plano tem como objetivo, conforme estabelecido em lei:

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) consiste no planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, e possui o horizonte de 20 anos (2014 a 2033) (BRASIL, 2022).

A população que mora na área rural e comunidades isoladas está estimada em 31 milhões de habitantes e conforme informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, desta população apenas 22% têm acesso aos serviços de saneamento básico, ainda existe outra parcela da população que representa aproximadamente 5 milhões de brasileiros que não possuem banheiro, e fazem suas necessidades básicas a céu aberto. Deste modo, aproximadamente 24 milhões de brasileiros até o presente momento sofrem com o problema crônico e grave da ausência de saneamento básico (BRASIL, 2022).

No entanto, a falta de saneamento básico é um problema mundial, atualmente cerca de 9% da população mundial, a única alternativa é defecar no meio ambiente, ou seja, ao ar livre e em algumas comunidades, os moradores são obrigados a dividir o seu sanitário com outros habitantes. Assim, a ausência de saneamento adequado ou de forma insuficiente, estão ligados à transmissão de doenças em muitos casos fatais e evitáveis, como a diarreia, cólera, disenteria e outras doenças. Essas doenças se propagam rapidamente nas comunidades sem acesso a sanitários e água tratada (WATERAID, 2020)

As principais causas da ausência de saneamento básico estão relacionadas à falta de políticas públicas. E outras causas da ausência de saneamento básico são mencionadas por Simonato et al. (2019, p. 265-266):

Diante da diversidade cultural, identitária, econômica, social, política e ambiental, a universalização do saneamento ambiental rural se torna um desafio. Para além disso, historicamente, o serviço de saneamento em áreas rurais sempre se mostrou ineficiente, escasso e até inexistente, devido a fatores como: falta de investimento público, longas distâncias, o isolamento das comunidades, a falta de investimento para o desenvolvimento de tecnologia de baixo custo, além de vontade política para atender esse contingente populacional.

Conforme Figueiredo et al., (2019), os domicílios que possuem algum tipo de esgotamento sanitário, sendo que 32% usam tanques sépticos, 48,6% utilizam fossas rudimentares e 11,7% destinam seus dejetos para valas, rios, lagos ou outro destino. Embora, esse tipo de sistema seja um método de tratamento e disposição adequada, uma vez que, soluciona a questão da saúde pública, evitando o contato entre os moradores e suas excretas.

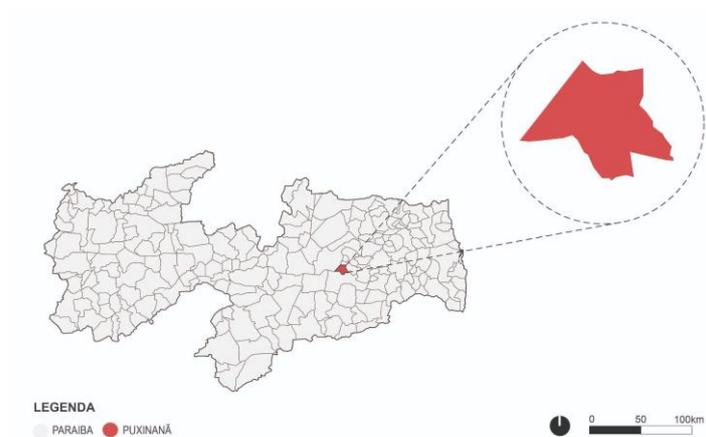
Desde modo, o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento adequado do saneamento ambiental em áreas rurais é essencial, contribuindo diretamente para a prevenção de diversas doenças de veiculação hídrica, com isso, reduzindo principalmente à mortalidade infantil em áreas mais vulneráveis (SIMONATO et al., 2019).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

O município de Puxinanã - PB, está localizado na Microrregião de Campina Grande e na Mesorregião do Agreste Paraibano. Com as coordenadas de localização geográfica de Latitude: 7° 11' 53" Sul e Longitude: 35° 55' 35" Oeste (ver figura 1). A população é de aproximadamente 13.801 habitantes com o índice de desenvolvimento humano - IDH de 0,617. (IBGE, 2022).

**Figura 1:** Localização do Município de Puxinanã



**Fonte:** Elaborador pelo autor, 2023.

A pesquisa foi desenvolvida na comunidade Sítio Serra do Maracajá (ver figura 2). As famílias que residem na localidade não possuem acesso ao sistema de abastecimento de água tratada. A água disponível para consumo humano vem da captação da água da chuva e fica armazenada em cisternas e ou tanques de pedra.

**Figura 2:** Localização do Sítio Serra do Maracajá



**Fonte:** Elaborador pelo autor, 2023.

## 4.2 Etapas da pesquisa

Na primeira etapa da pesquisa, foram realizadas visitas de campo nos meses de março e abril de 2023, onde, foram visitadas 42 residências, totalizando uma população de 131 habitantes, para realização de uma entrevista com aplicação de um questionário semiestruturado (Apêndice A), com a finalidade de coletar informações essenciais, referente ao sexo, faixa etária, escolaridade, profissão, renda familiar, origem da água, meios de captação e armazenamento, modos de manejo e manutenção do reservatório, técnicas de tratamento da água usadas pelas famílias. Para identificação das condições de saneamento ambiental da população e, avaliação *in loco* para identificação das condições de acesso às cisternas, meios de manejos do sistema de captação de água, calhas, dutos e reservatórios, (Figuras 3 e 4).

**Figura 3 e 4:** Avaliação das condições e acesso às cisternas



**Fonte:** Arquivo autor, 2023.

Posteriormente à análise dos questionários, foi desenvolvida a segunda etapa, onde foi feita a delimitação das cisternas nas quais seriam realizadas as análises bacteriológicas e físico-químicas. Para definição dos pontos de coleta das amostras, foi utilizada a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, que especifica os indicadores, número mínimo de análises, frequência de monitoramento, identificação dos pontos de coleta das amostras de água e uma boa distribuição espacial das coletas.

Segundo a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem afirma que, “os critérios de distribuição geográfica devem envolver a escolha de pontos que permitam uma amostragem do universo da população e das formas de abastecimento e consumo de água no município” (BRASIL, 2016, p. 24).

Os locais definidos para a realização de coleta das amostras de água estão descritos no Quadro 2. Onde também é possível identificar a distribuição espacial entre cada local de coleta, de

acordo com a Figura 5. As coletas das amostras de água, foram realizadas no dia de 30 de maio de 2023, durante o horário matutino (de 08h30min até 11h30min), e todas as análises foram feitas no laboratório de saneamento da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

**Quadro 2:** Locais da coleta das amostras de água

| Local    | Coordenadas Geográficas          |
|----------|----------------------------------|
| Ponto 01 | S 7°09'09.8496" W 36°00'28.5156" |
| Ponto 02 | S 7°09'24.3468" W 36°00'28.9368" |
| Ponto 03 | S 7°09'23.3388" W 36°01'23.3472" |
| Ponto 04 | S 7°09'09.4536" W 36°01'07.5792" |
| Ponto 05 | S 7°09'02.7936" W 36°00'58.5324" |

**Fonte:** Elaborador pelo autor, 2023

**Figura 5:** Distribuição espacial dos locais de coleta das amostras de água



**Fonte:** Elaborador pelo autor, 2023.

Na terceira etapa, foram realizadas análises estatísticas dos resultados obtidos na primeira e segunda etapas, para tanto, foi utilizado o software Excel para criação dos gráficos, onde foi possível fazer uma comparação dos resultados encontrados com os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 888 de 05 de maio de 2021.

Na última etapa, foram feitas as recomendações e considerações para melhoramento da segurança hídrica da comunidade Sítio Serra do Maracajá, se necessário a elaboração de protocolo de segurança de água, para adoções de medidas e técnicas de tratamento de água de baixo custo.

### 4.3 Análises físico-químicas

A metodologia visa a caracterização dos seguintes indicadores físico-químicos de qualidade da água: pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, temperatura. Os métodos analíticos que serão usados estão descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (APHA, AWA, WEF, 2017). As análises físico-químicas foram realizadas em triplicatas e os métodos estão descritos no Quadro 3.

**Quadro 3:** Indicadores físico-químicos

| <b>Indicador</b>       | <b>Método</b>                    | <b>Marca</b>     |
|------------------------|----------------------------------|------------------|
| pH                     | Potenciométrico - pHmetro        | Mylabor          |
| Turbidez               | Nefelométrico                    | Hach 2100P       |
| Condutividade elétrica | Potenciométrico - Condutivímetro | Bel Engineering® |
| Dureza total           | Titulometria de complexação      | -                |
| Temperatura            | Termômetro                       | Exbom            |

**Fonte:** Elaborador pelo autor, 2023.

Para a realização da coleta das amostras de água para as análises dos indicadores de potabilidade mencionados no Quadro 1, foram utilizadas embalagens plásticas de polietileno de alta densidade - PEAD (Figura 6), com capacidade de 1L, após a coleta das amostras, as mesmas foram conservadas sob refrigeração. Ao término da coleta, todas as amostras foram levadas para o laboratório de saneamento da UFCG, para serem analisadas. A única análise realizada em campo, foi a aferição da temperatura.

**Figura 6:** Coleta de amostras de água para análises físico-químicas



**Fonte:** Arquivo do autor, 2023.

Todos os ensaios foram realizados conforme os procedimentos estabelecidos no Standard Methods para análise de amostras de água. Os métodos analíticos instrumentais utilizados e sua execução poderão ser observados nas Figuras 7, 8, 9 e 10.

**Figuras 7, 8, 9, e 10:** Execução dos métodos instrumentais das análises físico-químicas



**Fonte:** Arquivo do autor, 2023.

As análises de dureza foram realizadas em triplicatas, conforme estabelecido no Standard Methods e ainda foi preparado uma prova em branco, com a finalidade de identificar o ponto final da titulação. As etapas da titulometria de complexação poderão ser visualizadas nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15.

**Figuras 11 e 12:** Preparo das amostras de água para titulação (Análise de Dureza)



**Fonte:** Arquivo do autor, 2023.

**Figuras 13 e 14: Realização da Volumetria**



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

**Figuras 15: Finalização da titulometria**



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

#### 4.4 Análises bacteriológicas

Nas amostras de águas, foram avaliados os indicadores de contaminação fecal, representados pelos coliformes totais e *Escherichia coli*, seguindo a determinação da Portaria nº 888 do Ministério da Saúde para água com finalidade de consumo humano. A metodologia usada foi a técnica Colitest<sup>®</sup> com substrato cromogênico conforme descrito pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (APHA, AWA, WEF, 2017). Os resultados das análises bacteriológicas foram expressos em presença ou ausência de coliformes totais e *E. coli* para 100 mL de amostra.

Todos os materiais a serem utilizados durante o estudo foram lavados, secados, esterilizados, observados nas Figuras 16, 17, 18 e 19.

**Figuras 16, 17, 18 e 19: Preparo dos frascos de coleta**



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

A técnica usada para realização da esterilização foi o calor úmido, por meio do uso de autoclave com temperatura de 121°C, durante 15 minutos. Posteriormente todos os frascos de coleta foram acondicionados e armazenados em local adequado para evitar qualquer tipo de contaminação.

Na realização da coleta das amostras de água em campo, foram seguidos os procedimentos descrito na metodologia, como por exemplos, uso de luva descartável para cada local de coleta, utilização de álcool 70, para limpeza das superfícies das mãos do pesquisado e limpeza do local de retirada da amostra de água, descarte da água estagnada na tubulação, coleta da amostra de água com cuidado e atenção para evitar contaminação cruzada (Figura 20). E após as amostras de água foram acondicionadas em caixa térmica com gelo para conservação das amostras.

**Figura 20: Coleta da amostra de água para análise microbiológica**



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Finalizado a coleta em todos os cinco pontos estabelecidos, a caixa térmica contendo todas as amostras foi levada de imediato para o laboratório de saneamento da UFCG.

No laboratório de saneamento, as amostras são levadas para sala específica, inicialmente é feita a limpeza da bancada com álcool 70 e logo em seguida a sala é fechada e ligada uma luz UV

para eliminação de microrganismos. Na bancada é colocado um recipiente para descarte do excesso de água das amostras, o substrato cromogênico e o bico de Bunsen é usado para promover uma redução de microrganismos no local de trabalho (Figura 21).

O pesquisador com cuidado e atenção, retira as amostras de água da caixa térmica, colocar próximo ao bico de Bunsen, removendo o papel alumínio e eliminando o excesso de água e então adiciona à amostra o substrato cromogênico e fazendo uma leve agitação para diluição do substrato no frasco.

**Figura 21:** Etapa de preparo e adição de substrato cromogênico à amostra de água



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Nos frascos contendo a amostra de água e o substrato, inicialmente ficam na coloração púrpura (Figura 22). O meio cultura contém substâncias, nutrientes, MUG, inibidores que evitam o crescimento de bactérias Gram-positivas, permitindo o crescimento e desenvolvimento de bactérias dos grupos do coliformes e *E. coli*. Os frascos são levados para estufa bacteriológica por um período de 24h, na temperatura de 35°C com variação de mais ou menos 0,5°C (Figura 23).

**Figura 22 e 23:** Incubação das amostras na estufa bacteriológica e monitoramento da temperatura



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

O crescimento de bactérias do grupo coliformes na amostra ocasiona a alteração na turbidez, cor da amostra, alterando a coloração púrpura para amarelo (Figura 23), provocado pela fermentação da lactose, mudança de pH, concentração de microrganismos, depois do período de incubação.

**Figura 23:** Mudança de cor nas amostras com presença de coliformes totais



**Fonte:** Arquivo do autor, 2023.

Para identificar a presença de *E. coli* nas amostras é preciso colocar os frascos na luz ultravioleta com comprimento de onda 360 nm, o que causa fluorescência nas amostras positivas.

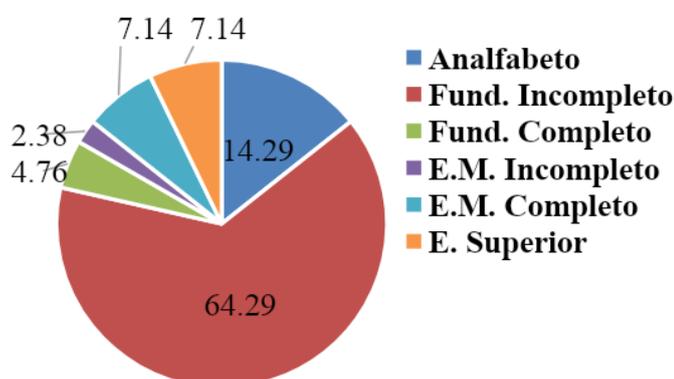
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Características dos entrevistados

Os resultados obtidos com as entrevistas e aplicação do questionário, foram essenciais para o conhecimento dos aspectos e condições socioeconômica da população da comunidade. As informações foram imprescindíveis para uma avaliação holística das condições da área de captação, condução (calhas e dutos), armazenamento e manejo da água consumida pelos moradores da localidade.

Durante o período de março e abril de 2023, foram entrevistadas 42 pessoas, sendo representa por 31% do sexo masculino e 69% do sexo feminino. Em relação a idade dos pesquisados, 71,43% têm mais de 50 anos, 19,05% está na faixa etária de 41 a 50 anos e os 9,52% estão na faixa etária de 20 a 40 anos. Referente à escolaridade dos entrevistados, a grande maioria possui apenas o ensino fundamental incompleto, o que representa 64,29%, outros 14,29% não sabem ler, os demais níveis de escolaridade estão representados no Figura 24.

**Figura 24:** Escolaridade dos entrevistados



**Fonte:** Elaborador pelo autor, 2023.

As profissões dos responsáveis pela família, são principalmente representados pelos aposentados, compreendendo percentual de 64,29%, outra parcela são agricultores 28,57% e o restante que corresponde 7,14% são pedreiros, professores e repositores de supermercado.

A renda familiar está dividida em três faixas salariais, no entanto, a maior parcela das famílias, 54,76% tem uma renda de até um salário mínimo, 40,48% possuem uma renda de 1 até dois salários mínimos, por fim 4,76% têm renda superior a dois salários. E também foi identificado que a única infraestrutura local a que a população tem acesso é a energia elétrica.

## 5.2 Análises dos resultados do questionário

Os dados reunidos durante a pesquisa, são fundamentais para o entendimento das formas de solução alternativa individual de abastecimento de água que a comunidade utiliza, desde a origem da água, meios de captação, armazenamento e manutenção do reservatório.

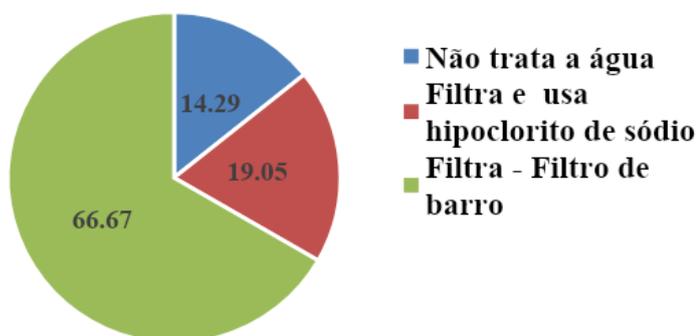
A interpretação das informações é de suma importância para a compreensão e avaliação da qualidade da água consumida pela população da localidade, bem como a identificação dos modos de manejo e ações adotadas pelos moradores desde a captação da água até ser consumida. Assim, verificamos os possíveis riscos à saúde humana que a solução alternativa individual de abastecimento pode representar à população que consome a água.

E então, possibilitando a aplicação de meios de controle ou ações corretivas quando se julgarem necessárias, com o propósito de melhoramento da qualidade da água, reduzindo ou eliminando qualquer situação de vulnerabilidade da solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano - SAI.

A partir dos dados encontrados após as análises dos questionários, as respostas fornecidas pelos entrevistados serão discutidas. Foi perguntado a origem da água usada para consumo humano pela família, 90,48% afirmaram usarem água de cisterna, 4,76% utilizam água de tanque de pedra, outros 2,38% compram água mineral e 2,38% usam água de carro-pipa e, todos consideram a água de boa qualidade para consumo humano.

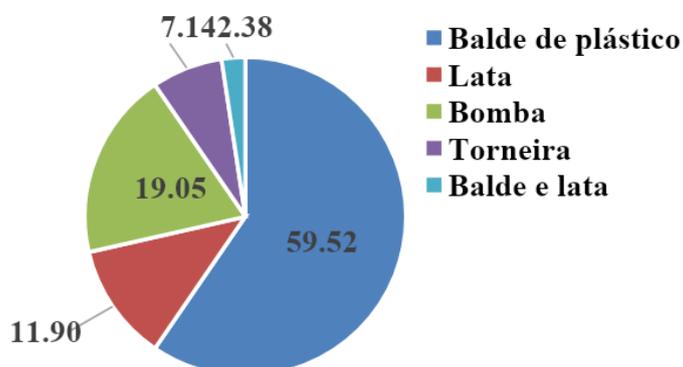
As principais técnicas usadas pelos moradores para tratar a água antes do consumo, a proporção de 66,67% usa o processo de filtração (filtro de barro), 19,05% fazem adição de hipoclorito de sódio na água e apenas 14,29% não realizam nenhum tipo tratamento da água, conforme a Figura 25.

O resultado da Figura 25 aponta que a parcela da população que não trata água antes da ingestão, está vulnerável às doenças de veiculação hídrica, pois a água pode estar contaminada com agentes patogênicos, o que poderá causar doenças, como por exemplo, a diarreias, infecções intestinais, cólera e entre outras. Conforme Santana et al., (2015, p. 46), “além de ser um veículo direto e indireto de propagação de uma série de doenças, o consumo de água contaminada pode acarretar diversos prejuízos à saúde. ”

**Figura 25:** Técnicas de tratamento da água

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Foi realizado o seguinte questionamento aos moradores, como fazem para retirar água do reservatório, como estão dispostas nas Figuras 26, 27a e 27b.

**Figura 26:** Utensílio/instrumentos usados para retirar água da cisterna

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

**Figura 24b e 24b:** Utensílio/equipamento usados para retirar água do reservatório

**Fonte:** Arquivo do autor, 2023.

Os utensílios e instrumentos usados para retirada de água da cisterna, são aspectos muito importantes, devido que, durante o processo de retirada de água do reservatório dependendo do objeto utilizado, nessa ocasião poderá contaminar a água do reservatório, principalmente com agentes microbiológicos. É preciso salientar que 11,90% disseram que usam o utensílio (balde de plástico, lata), para outras finalidades, o que potencializa o risco de contaminação da água. (LIMA e SANTOS, 2017).

Durante as entrevistas foram realizadas inspeções nas cisternas com o objetivo de identificar possíveis irregularidades nas condições da área de captação da água das chuvas, sistemas de condução da água até o reservatório e estrutura física. Foram percebidas diversas alterações que podem causar diminuição da qualidade da água ou até mesmo torná-la imprópria para consumo. Assim, podemos citar as situações mais relevantes, em todos os reservatórios foram observados a presença de material sedimentado (Figura 28 e 29).

**Figura 28 e 29:** Presença de material sedimento nas cisternas



**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Quando perguntado aos moradores se faziam limpeza e manutenção na área de captação de água, 33,33% disseram que não, 7,14 afirmaram que fazem semestralmente e 61,90% falaram que fazem apenas anualmente. Podemos relacionar a quantidade de sedimento presente com a frequência da limpeza do reservatório, descarte da água das primárias chuvas, uso de tela de proteção, o tempo que a água está armazenada na cisterna. É essencial a limpeza do telhado, calhas e dutos, para remoção de folhas, fezes de animais evitando que esses materiais sejam conduzidos para o reservatório (RAO et al., 2022)

Então, podemos entender que a falta regular de manutenção e limpeza do reservatório, está correlacionado ao fato que os moradores esperam o reservatório esvaziar, o que muitas vezes não acontece, portanto, acontece a mistura de água antiga com a água nova. Esse mesmo fato é comprovado na pesquisa de Lima e Santos (2017) afirma que, “além disso, é comum permitirem a

mistura de água nova (chuvas recentes) com a água já armazenada nas cisternas. A maioria das famílias (55%) demora um ano ou mais para realizar a limpeza das cisternas, ou até mesmo esperam esvaziar completamente para limpar” (LIMA e SANTOS, 2017, p. 1424).

Foi identificado que 11,90% das cisternas nunca foram limpas pelos moradores, outros 16,67% passam mais de ano para fazer limpeza e manutenção. Em pesquisa realizada por Silva et al., 2015, foram verificados resultados análogos.

Existem outras estratégias para evitar a presença de sedimentos no reservatório, e são procedimentos simples como uso de tela de proteção e descarte de água das primeiras chuvas. Estas são barreiras eficazes impedindo a entrada de contaminantes, sejam eles materiais particulados, fezes de animais, folhas de vegetais ou microrganismos patogênicos (LIMA e SANTOS, 2017). Em relação a essa prática, em todas as cisternas visitadas foram identificadas a utilização de uma ou as duas barreiras simultâneas, como meio de prevenir a contaminação da água, conforme descrito na Figura 30.

**Figura 30:** Procedimento para evitar a entrada de sujeira no reservatório



**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Um fato preocupante é que apenas 7,14% das cisternas foram possíveis observar as práticas de manejo e manutenção adequada do reservatório, como pintar, manter a parte estrutural bem conservada e em todos os acessos ao reservatório existem telas de proteção. As situações mais preocupantes e que representam 38,10%, são os problemas na parte estrutural das cisternas, que apresentam rachaduras e vazamentos (Figuras 31 e 32).

E foi verificado ainda que 19,05% das cisternas estão sem tela de proteção (Figura 33), o que facilita a entrada de sujeira e animais no reservatório e também muitos reservatórios apresentaram a tampa danificada (Figura 34), que representa 4,76%.

**Figuras 31 e 32:** Cisternas com rachadura e vazamentos



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

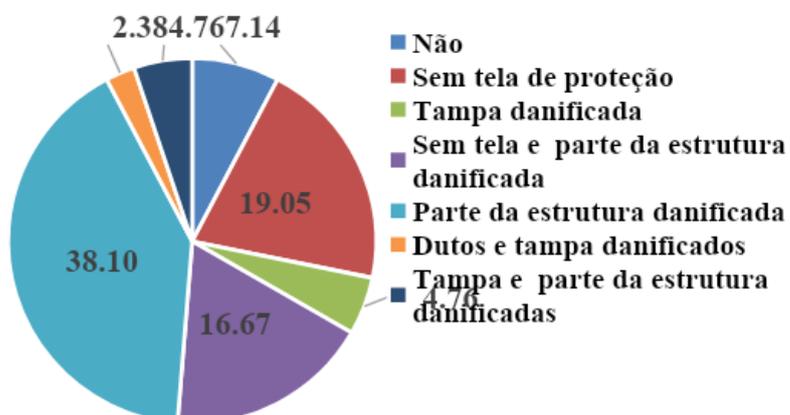
**Figuras 33 e 34:** Cisterna sem tela de proteção e tampa danificada



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Observamos ainda que existem cisternas que apresentam mais de uma irregularidade, e estas oferecem riscos iminentes de contaminação da água, como estão dispostos na Figura 35.

É sabido que esses problemas causam alterações na qualidade da água que podem até tornar-se imprópria para consumo. Essas situações permitem a entrada de contaminantes, como folhas de árvores, pode ser observado na Figura 33, a ausência de tela de proteção no cano da cisterna, acesso de animais e excretas, causando a contaminação da água. Essas ocorrências são mencionadas em diversos estudos realizados por Silva; Bezerra; Ribeiro, (2020), Britol et al., (2020), Klamt et al., (2021).

**Figura 35:** Condições que podem comprometer a potabilidade da água

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 5.3 Análises físico-químicas

Os ensaios realizados foram fundamentais para a quantificação dos indicadores, onde, foi possível fazer uma comparação com os valores permitidos para os parâmetros da qualidade água para consumo, definidos pela Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021, identificando se a água atende ao padrão de potabilidade. Os resultados estão apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4:** Resultados das análises físico-químicas nas diferentes amostras de água

| Indicadores                    | Ponto de Coleta |       |       |       |       | Valor Máximo Permitido |
|--------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
|                                | P1              | P2    | P3    | P4    | P5    |                        |
| Temperatura (°C)               | 23,5            | 23,8  | 24,3  | 24,6  | 25,1  | -                      |
| pH                             | 6,27            | 6,28  | 6,48  | 6,43  | 6,70  | 6,0 - 9,0              |
| Turbidez (uT)                  | 2,2             | 1,0   | 2,0   | 1,0   | 1,0   | 5                      |
| Condutividade Elétrica (µS/cm) | 65,6            | 96,7  | 79,6  | 193,8 | 103,7 | -                      |
| Dureza Total (mg/L)            | 32              | 41,33 | 41,33 | 80,0  | 41,33 | 300                    |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Analisando os resultados das análises físico-químicas as amostras das cisternas P4 e P5, o indicador condutividade elétrica foram os maiores.

A temperatura da água das cisternas está bem homogênea, o aumento da temperatura foi ocasionado pelo aumento da temperatura do ambiente, as coletas das amostras de água iniciaram às 09h da manhã e finalizadas ao meio dia, então, o P1 tem a menor temperatura e P5 a maior.

Os pH de todas as amostras atendem ao valor estabelecido pela Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021, que estabelece que o pH da água deve ser mantido numa faixa de 6 - 9,5. O pH está levemente ácido, para Mansouri (2021), associa a presença de contaminantes atmosféricos que causam alterações na constituição química e modificando o pH da chuva.

A turbidez está relacionada com a presença de sólidos em suspensão na água. Todas as amostras avaliadas estão dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde. Em pesquisa realizada por Silva; Bezerra; Ribeiro (2021), que avaliaram amostras de água de cisternas localizadas no Semiárido cearense e obtiveram os valores para o indicador turbidez com valores menores que 5 uT. A presença de turbidez pode ser correlacionada com a falta de tela de proteção e descarte da água das primeiras chuvas, o que causa a entrada de sujeira na cisterna. (BRITOL, 2020).

A condutividade elétrica - CE, mede a capacidade que a água tem em conduzir corrente elétrica. As amostras de água P4 e P5 apresentaram CE maiores. Os estudos de Britol et al., (2020), também identificaram amostras de água de cisternas com condutividade elétrica elevado. Mesmo esse indicador, não oferecendo risco à saúde.

No caso da dureza total, todas as amostras atendem ao padrão de potabilidade. Em pesquisa realizada por Silva; Bezerra; Ribeiro (2020), verificou-se que algumas cisternas têm água com dureza total superior a 500 mg/L. Então, valores elevados de dureza total estão relacionados com presença de substâncias que são liberadas pelo cimento usado na construção das cisternas (SILVA; BEZERRA; RIBEIRO, 2020). E de acordo com Heijnen (2012), cisternas recém construídas feitas de concreto e ferrocimento, podem alterar a qualidade da água armazenada, ocasionado pela liberação principalmente de óxido de cálcio.

## 5.4 Análises bacteriológicas

Ao examinar os resultados das análises para identificação da presença de coliformes totais e *E. coli*, podemos perceber que 100% das amostras de água testaram positivas para presença de coliformes totais (Figura 36).

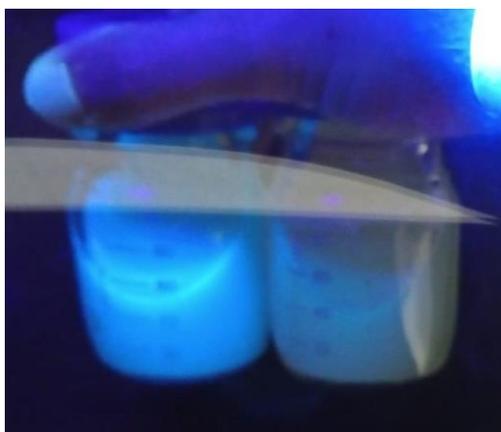
Ao analisar as amostras na luz ultravioleta, apenas uma amostra de água não apresentou a presença de bactérias termotolerantes (Figura 37), ou seja, *Escherichia coli*, então temos a presença de *E. coli* em 93,33% das amostras de água.

**Figura 36:** Presença de coliformes totais nas diferentes amostras de água



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

**Figura 37:** Presença de *E. coli* nas amostras de água



Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Ao averiguar os resultados obtidos, concluímos que todas as amostras de água não atendem ao padrão de potabilidade de água para consumo humano, a legislação determina ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100mL. A presença de microrganismos oferece risco à saúde, provocando diversas doenças e que em casos graves pode até ser fatal.

A contaminação da água das cisternas foi devido à falta ou deficiência na limpeza da cisterna, limpeza da área de captação de água, descarte da água das primeiras chuvas, uso de tela proteção. Essas situações permitem a entrada de folhas de árvores, fezes de animais, uso de utensílios contaminados para retirar água da cisterna, rachadura na parede da cisterna pode causar a infiltração de contaminantes e outros fatores.

Várias pesquisas associam os fatores citados anteriormente à contaminação fecal da água das cisternas e amostras de água com presença de coliformes totais e *E. coli*. Podemos citar as pesquisas de Silva; Bezerra; Ribeiro (2020), Farto e Silva (2020), Lima e Santos (2018), Rao et al. (2022), Gebrewahd et al., (2020). Essas pesquisas nacionais e estrangeiras com foco na avaliação da qualidade de água consumida pela população, identificação de fatores que causam ou facilitam a contaminação da água e desenvolvendo métodos e técnicas para o melhoramento da qualidade de água consumida pela população.

## 6 CONCLUSÃO

Na água da chuva captada, armazenada e consumida pelos moradores do Sítio Serra do Maracajá, foi verificada que um indicador não atende ao padrão potabilidade estabelecido pela legislação vigente, o microbiológico, foi identificado a presença de coliformes totais e *E. coli*, que inviabiliza o consumo da água das cisternas.

Para tanto, a água antes de ser consumida, é necessário que seja realizado tratamento, visando a eliminação dos microrganismos patogênicos. Assim, é necessário que a população faça a utilização de hipoclorito de sódio, filtração da água usando um filtro de barro bem como a fervura da água.

No entanto, é preciso salientar que a contaminação da água pode ocorrer dentro da residência, devido ao armazenamento inadequado, utilização de recipientes contaminados para a retirada de água do pote de barro/balde de plástico, ausência de medidas de desinfecção da água.

Portanto, para melhorar a qualidade da água das cisternas, é essencial que seja realizada uma campanha de conscientização sobre boas práticas sanitárias para manejo, limpeza e manutenção das mesmas e técnicas de baixo custo para tratamento de água. Deste modo reduzindo o risco de contaminação da água e evitando a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

Para uma melhor conscientização dos moradores, é possível elaborar um protocolo de segurança hídrica, com dicas e procedimentos de manejo, limpeza e manutenção de cisternas, formas de desinfecção de água, com uma linguagem clara e simples, criação de grupos nas redes sociais para a divulgação de vídeos educativos, visto que, certa parcela da população não sabe ler.

Sabe-se que, ainda é possível fazer uma parceria com órgãos públicos no intuito de aumentar e melhorar a vigilância da qualidade da solução alternativa individual de abastecimento de água e informando à população, com linguagem acessível sobre como está a qualidade da água para consumo humano e todos os riscos à saúde.

## REFERÊNCIAS

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 25 ago. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Água. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas**. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn2](http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn2). Acesso em: 24 out. 2022.

BRASIL. **Articulação do Semiárido Brasileiro**. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>. Acesso em: 25 ago. 2022.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Saneamento rural**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural>. Acesso em: 25 out. 2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Dados do município de Puxinanã**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/puxinana/panorama>. Acesso em 25 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/ Superintendência Estadual do Pará**. Brasília: Funasa, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>. Acesso em: 24 out. 2022.

BRASIL. **Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRITOL, A. P. M. et al. Mapping of cisterns and water quality analysis at the Nova Assunção settlement in Aracoiaba, Ceará. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.24, e29, p. 1-23, 2020.

CEBALLOS, B. S. O.; DINIZ, C. R. **Técnicas de microbiologia sanitária e ambiental**. 1<sup>a</sup> ed. campina Grande: EDUEPB, 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Qualidade de água tratada.** Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=40>. Acesso em: 20 out. 2022..

Congresso ABES, Fenasan 2017, São Paulo. GOMES, M. S.; F., C. S.; V. A. C. A. I-322. **Tratamento de água domiciliar por filtros de cerâmica microporosa e carvão ativado.** Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoPDF/I-322.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2022.

EAWAG/SANDEC. **Desinfecção solar da água: guia de aplicação do SODIS.** 1. ed. Switzerland: 2002.

HEIJNEN, H. **A captação de água da chuva: aspectos de qualidade da água, saúde e higiene,** 8 Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo da Água da Chuva, Campina Grande-PB, 2012.

FARTO, C. D.; SILVA. T. C. Avaliação comparativa da qualidade de água de chuva e oriunda de açudes armazenadas em cisternas no semiárido do estado da Paraíba. **Eng. Sanit. Ambiente,** Nov./dez. 2020.

FIGUEIREDO, I. C. S. et al. Fossa absorvente ou rudimentar aplicada ao saneamento rural: solução adequada ou alternativa precária? **Revista DAE,** v. 67, n. 220, 2019.

GEBREWAHD, A. et al. Bacteriological quality and associated risk factors of drinking water in Eastern zone, Tigrai, Ethiopia, 2019. **Tropical Diseases, Travel Medicine and Vaccines,** v. 6, n.15, 2020.

GOMES, G. S. et al. Tratamento unidomiciliar de água para o semiárido sob condições de secas. **Blucher Engineering Proceedings,** v. 4, n. 2, p. 640-647, 2017. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/tratamento-unidomiciliar-de-gua-para-o-semirido-sob-condies-de-secas-26734>. Acesso em 25 ago. 2022.

IV Encontro de Jovens Investigadores. 2019. Campina Grande - PB. SABINO, M. V. F. et al. **Qualidade físico-química de cisterna localizada no município de Queimadas - PB.** Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/57878>. Acesso em 25 ago. 2022.

KLANT, R. A. et al. Drinking water quality indices: a systematic review. **Rev. Ambiente e Água,** Taubaté, v. 16, n. 2, e2630, 2021.

LIMA, D. O. S.; SANTOS, J. S. Qualidade da água de cisternas usadas pelas famílias do distrito de Novo Paraíso-Jacobina- Ba. **Enciclopédia Biosfera,** Goiânia, v.14 n.26, p. 1414-1429, 2017.

LIMA, A. C. S. et al. Desafios em saneamento rural no reassentamento Uirapuru (Filadélfia - TO). **Revista latin Americam Journal of Business Management,** v. 12, n. 1, p, 135-143, Jan./jun. 2021.

MACHADO, T. T. V. et al. Avaliação da qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno em um município do semiárido do estado da Paraíba. **Revista Eng Sait Ambient,** v. 26, n.1, p. 151-158, Jan./fev. 2021.

MELO, G. F. et al. Análises físico-químicas da qualidade da água armazenada em cisternas em cidades do interior de Pernambuco. **Engineering sciences**, v. 9, n. 1, p. 148-161, 2021.

MELO, W. L. **Análise do monitoramento da qualidade físico-química da água do estuário da barra do rio Mamanguape com uso de sonda multiparamétrica**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Gestão Ambiental). Instituto Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

MANSOURI, F. et al. Rainwater harvesting potentials for drought mitigation in Tunisia: Water quality monitoring. **E3S Web of Conferences**, v. 265, 2021.

NASCIMENTO, J. C.; DONADONI, M. C. **Filtros grutta: resgatando a cultura dos filtros cerâmicos por gravidade**. 2015. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

NEU, V. et al. Água da chuva para consumo humano: estudo de caso na Amazônia Oriental. **Revista Inc. Soc.** v. 12, n. 1, p. 183-198, Jul./dez. 2018.

NOGUEIRA, D. Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro. **Sustentabilidade em debate**, v. 8, n. 3, p. 22-36, dez. 2017.

NOGUEIRA, D.; MILHORANCE, C.; M, P. Do programa um milhão de cisternas a água para todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção do acesso à água no semiárido brasileiro. **Revista OpenEdition Journals**, 2020.

RAO, G. et al. Microbial Characterization, Factors Contributing to Contamination, and Household Use of Cistern Water, U.S. Virgin Islands. **ACS EST Water**, v. 2, p. 2634–2644, 2022.

SANTANA, F. B. F. et al. Análise microbiológica e bromatológica da água em bebedouros de escolas públicas em Belém do Brejo do Cruz-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 145–149, abr./jun. 2015.

SILVA, A. B. et al. Análise microbiológica da água de bebedouros nas escolas públicas da cidade de Esperança/PB. **Revista SAJEBTT**, v. 6, n.1, p. 15-26, 2019.

SILVA, K. C. et al. Análise microbiológica da água de cisternas destinadas para consumo humano. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.22 p. 2810- 2819, 2015.

SILVA, J. P; BEZERRA, C. E.; RIBEIRO, A. A. Avaliação da qualidade da água armazenada em cisternas no semiárido cearense. **Revista Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 14, p. 27-35, 2020.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. 1ª ed. Campina Grande, 2001.

SIMONATO, D. C. et al. Saneamento rural e percepção ambiental em um assentamento rural - São Paulo - Brasil. **Revista Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 2, p. 264-280, 2019.

SOUSA, C. R. N. et al. Análise da qualidade da água de três propriedades rurais do município de Floriano, Piauí. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.9, n.2, p.17-23, Jun. 2019.

SOUZA JÚNIOR, T. G.; LUCENA, D. B.; FIRMINO, P. R. A. Releitura sobre a água e a trajetória da política de convivência com as secas no semiárido brasileiro. Sertão História - **Revista Eletrônica do Núcleo de Estudos em História Social e Ambiente**, v.01, n.2, p. 55-77.

SOUZA, J. M.; OMENA, S. S.; FÉLIZ, W. P. Captação de água de chuva para consumo humano: aspectos técnicos e legais. **Revista Científica da FASETE**, p. 81-94, 2018.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019**: Não deixar ninguém para trás, resumo executivo. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por). Acesso em 20 ago. 2022.

XAVIER, R, P. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano**. 2010. Dissertação (Programa de Pós- em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

WATERAID. **Viver num mundo frágil: o impacto das alterações climáticas na crise de saneamento**. Disponível em: <https://washmatters.wateraid.org/pt/publications/fragile-world-impact-climate-change-sanitation-crisis>. Acesso em: 20 out. 2022.

**APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**

1.0 – Identificação da comunidade

1.1 – Nome: \_\_\_\_\_

1.2 – Ponto referência: \_\_\_\_\_

1.3 – Infraestrutura local:

1 ( ) Água

2 ( ) Energia elétrica

3 ( ) Coleta resíduos sólidos

4 ( ) Transporte público

2.0 – Identificação do entrevistado

2.1 – Sexo: ( ) Masculino      2 ( ) Feminino

2.2 – Faixa etária de idade:

1 ( ) Menos de 20 anos.

2 ( ) De 20 a 30 anos

3 ( ) De 31 a 40 anos

4 ( ) De 41 a 50 anos

5 ( ) Mais de 50 anos.

2.3 – Escolaridade:

1 ( ) Analfabeto.

2 ( ) Fundamental incompleto.

3 ( ) Fundamental completo.

4 ( ) Ensino Médio incompleto.

5 ( ) Ensino Médio completo

6 ( ) Outro.

2.6 – Tempo que mora na comunidade:

1 ( ) Menos de 1 ano.

2 ( ) De 1 a 2 anos.

3 ( ) De 2 a 5 anos.

4 ( ) Mais de 10 anos.

3.0 – Características socioeconômica

3.1 – Quantas pessoas moram na residência? \_\_\_\_\_

3.2 – Sexo:

1 ( ) Feminino      2 ( ) Masculino

3.3 – Idade:

1 ( ) Menos de 5 anos

2 ( ) De 5 a 10 anos.

3 ( ) De 10 a 18 anos

4 ( ) De 18 a 30 anos

5 ( ) De 30 a 40 anos.

6 ( ) Acima de 40 anos

3.4 – Escolaridade dos responsáveis pela residência:

1º: \_\_\_\_\_

2º: \_\_\_\_\_

3.5 – Renda familiar:

- 1 ( ) Até 1 salário mínimo.
- 2 ( ) De 1 a 2 salários mínimo.
- 3 ( ) Mais de 2 salários mínimo.

3.6 – Profissão dos responsáveis pela família:

1º: \_\_\_\_\_

2º: \_\_\_\_\_

4.0 – Abastecimento de água

4.1 – Origem da água de consumo:

- 1 ( ) Cisterna.
- 2 ( ) Tanque de pedra.
- 3 ( ) Barragem/Açude.
- 4 ( ) Carro Pipa.

4.2 – Trata a água antes do consumo?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Filtra – Filtro de barro.
- 3 ( ) Ferve – Fervura.
- 4 ( ) Hipoclorito de sódio.
- 5 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

4.3 – Como a água é armazenada na residência?

- 1 ( ) Pote de barro.
- 2 ( ) Filtro de barro.
- 3 ( ) Balde plástico.
- 4 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

5.0 – Captação e armazenamento

5.1 – Há quanto tempo a água foi captada e armazenada?

- 1 ( ) Menos de 1 mês.
- 2 ( ) Entre 1 e 2 meses.
- 3 ( ) Entre 2 e 3 meses.
- 4 ( ) Entre 3 e 4 meses.
- 5 ( ) mais de 5 meses.

5.2 – A água é de boa qualidade?

- 1 ( ) Não
- 2 ( ) Sim

5.3 – Aspecto físico-químico da água do reservatório:

- 1 ( ) Presença de cor aparente.
- 2 ( ) Presença material em suspensão.
- 3 ( ) Presença de sabor.
- 4 ( ) Presença material sedimentado.
- 5 ( ) Presença de odor.

5.4 – Qual o utensílio / instrumento utilizado para retirar água do reservatório?

- 1 ( ) Balde de plástico.
- 2 ( ) Lata.
- 3 ( ) Bomba.
- 4 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

5.5 – Utiliza-se o utensílio / instrumento apenas para retirar água do reservatório?

- 1 ( ) Não
- 2 ( ) Sim

5.6 – Qual a condição de higiene (limpeza) da área de captação da água?

- 1 ( ) Suja
- 2 ( ) Limpa

5.7 – Tipos de sujeira observados na área de captação de água?

- 1 ( ) Material orgânico.
- 2 ( ) Fezes de animais.
- 3 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

5.8 – Realiza limpeza e manutenção na área de captação de água?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Mensal.
- 3 ( ) Semestral.
- 4 ( ) Anual.
- 5 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

6.0 – Manutenção do reservatório

6.1 – Realiza manutenção e limpeza no reservatório?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Mensal.
- 3 ( ) Semestral.
- 4 ( ) Anual.
- 5 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

6.2 – Como é realizada a limpeza do reservatório?

- 1 ( ) Lavagem apenas por dentro.
- 2 ( ) Lavagem apenas por fora.
- 3 ( ) Lavagem por dentro e por fora.
- 4 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

6.3 – Pinta o reservatório para manutenção de sua estrutura?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Sim.
- 3 ( ) Às vezes.

6.4 – Realiza limpeza e manutenção dos dutos e calhas do reservatório?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Sim.
- 3 ( ) Às vezes.

6.5 – Adota algum procedimento para evitar a entrada de sujeira no reservatório?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Uso de tela de proteção.
- 3 ( ) Descarte águas das 1ª chuvas.
- 4 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

6.6 – O sistema de coleta, transporte da água e reservatório apresentam alguma condição que possa comprometer a potabilidade da água?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Sem tela de proteção.
- 3 ( ) Dutos danificados.
- 4 ( ) Parte da estrutura do reservatório com rachadura / vazamento.
- 5 ( ) Tampa danificada ou ausente.
- 6 ( ) Outro \_\_\_\_\_.

7.0 – Saúde

7.1 – Com que frequência ocorre casos de diarreia na família?

- 1 ( ) Não ocorre.
- 2 ( ) Às vezes corre.
- 3 ( ) Semanal.
- 4 ( ) Quinzenal.
- 5 ( ) Mensal.

7.2 – Em que pessoas da família é mais frequente a ocorrência de diarreia?

- 1 ( ) Crianças com menos de 1 ano.
- 2 ( ) Crianças de 1 ano a 5 anos.
- 3 ( ) Crianças de 5 anos a 12 anos.
- 4 ( ) Crianças acima de 12 anos.

7.3 – Há agente de saúde na comunidade?

- 1 ( ) Não.
- 2 ( ) Às vezes.
- 3 ( ) Semanal.
- 4 ( ) Quinzenal.
- 5 ( ) Mensal.

7.4 – Os agentes de saúde fazem esclarecimento sobre:

- 1 ( ) Tratamento de água.
- 2 ( ) Higiene pessoal.
- 3 ( ) Doenças causadas pelo consumo de água não tratada.
- 4 ( ) Cuidados com o meio ambiente.
- 5 ( ) Distribuição e uso do hipoclorito de sódio.
- 6 ( ) Não faz esclarecimento.

7.5 – Qual é a periodicidade do atendimento dos profissionais na Unidade Básica de Saúde – UBS?

- 1 ( ) Não existe UBS.
- 2 ( ) Semanal.
- 3 ( ) Quinzenal.
- 4 ( ) Mensal.