

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIELA DE QUADROS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA  
ABASTECIMENTO EM ZONA RURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2022**

**GABRIELA DE QUADROS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA  
ABASTECIMENTO EM ZONA RURAL**

**Assessment of the quality of groundwater used for supply in rural area**

Trabalho de conclusão de curso de graduação,  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Wagner De Aguiar.

Coorientador(a): Ticiane Sauer Pokrywiecki.

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIELA DE QUADROS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA  
ABASTECIMENTO EM ZONA RURAL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação,  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 01 de dezembro de 2022

---

Wagner de Aguiar  
Doutor  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão

---

Elaine Schornobay Lui  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão

---

Priscila Soraia da Conceição Ribeiro  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão

**FRANCISCO BELTRÃO  
2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar muita energia, amor e paciência nestes anos de graduação, permitindo chegar a essa etapa do curso com muita aprendizagem e apreço por minha futura profissão.

A meus pais, Claudir Correa de Quadros e Solange G. Gandolfi de Quadros, e meu irmão Vitor Gabriel de Quadros, por todo o apoio e incentivo, tanto na graduação, quanto em toda minha vida. Amo vocês!

A Cristian Eduardo Spicker, por sempre estar ao meu lado nestes anos, com seu amor e carinho, e pelo auxílio na realização das análises laboratoriais deste trabalho. Te amo!

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão, por fornecer condições para a realização deste sonho, em uma universidade pública e de excelência.

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental, que me proporcionaram conhecimento neste processo de formação, de modo especial a Dra. Naimara Vieira do Prado, Dra. Claudia Eugenia Castro Bravo, Dra. Elaine Schornobay Lui e Dra. Priscila Soraia da Conceição Ribeiro, que com suas contribuições auxiliaram neste projeto.

Ao meu orientador Dr. Wagner de Aguiar e Coorientadora Dra. Ticiane Sauer Pokrywiecki, pelo auxílio na elaboração deste trabalho, pela paciência e compreensão, e por me acompanhar nesse momento, me orientando e repassando seus conhecimentos.

Aos laboratoristas que disponibilizaram seu tempo, reagentes e equipamentos para que fosse possível a realização das análises.

Aos meus amigos que deixaram minha caminhada mais alegre. E a todos que de maneira direta ou indiretamente fizeram parte desta caminhada, até minha formação, o meu muito obrigada.

**RESUMO:** A água é considerada um recurso de vital importância, utilizada para o desempenho de atividades cotidianas, e principalmente para o consumo humano, estando disponível por meios superficiais e subterrâneos. As águas subterrâneas, podem ser oriundas de nascentes ou poços, meios comumente utilizados em zonas rurais, pois, possuem maior nível de proteção do que as águas superficiais, já que passam por um processo de filtragem natural do solo. Portanto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade das águas subterrâneas oriundas de duas nascentes e um poço semiartesiano, situados em uma comunidade rural no interior de Francisco Beltrão/ PR. A qualidade da água foi avaliada através das análises físico-químicas de pH, temperatura, turbidez, cor, cloretos, DBO e DQO, e microbiológicas, por meio de seis coletas no decorrer do ano de 2022, entre os meses de maio a outubro. Ainda foram realizadas análises estatísticas utilizando teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para a comparação dos fatores estudados e do teste de Nemenyi, com nível de significância de 5 %, para comparação das médias. As análises de pH, cor, cloretos, DBO e temperatura atenderam ao especificado na legislação vigente. Entretanto, para índices microbiológicos das nascentes (NMP >23), de turbidez para todos os pontos e coletas (> 5,0 uT), e de DQO para o poço no mês de maio (32,4 mgO<sub>2</sub>/L), e para os três pontos nos meses de junho e julho, os resultados obtidos ultrapassaram os limites estabelecidos em Lei. Deste modo, ficou evidente as influências antrópicas como o manejo inadequado do solo e dos dejetos animais, condições climáticas como a precipitação e conseqüentemente ao escoamento superficial, na qualidade das águas amostradas. Quando comparadas entre si, é possível averiguar que as nascentes estão mais suscetíveis a contaminações do que o poço semiartesiano, evidenciando a necessidade de proteção efetiva e eficaz das formas de captação de águas subterrâneas. Sendo assim, é necessário garantir que as águas atendam aos padrões de qualidade, para que não se tornem um problema de saúde pública, devido as doenças de veiculação hídrica. Por isso, recomenda-se que estas passem por um processo de desinfecção ou de cloração e sejam monitoradas, para que atendam aos padrões de potabilidade exigidos nas legislações vigentes.

Palavras-chave: águas subterrâneas; padrões de potabilidade; fatores ambientais.

**ABSTRACT:** Water is considered a resource of vital importance, used for the performance of daily activities, and mainly for human consumption, being available by surface and underground means. Groundwater can come from springs or wells, means commonly used in rural areas, as they have a higher level of protection than surface water, as they undergo a natural soil filtration process. Therefore, this study aimed to evaluate the quality of groundwater from two springs and a semi-artesian well, located in a rural community in the interior of Francisco Beltrão/PR. The water quality was evaluated through physical-chemical analyzes of pH, temperature, turbidity, color, chlorides, BOD and COD, and microbiological, through six collections during the year 2022, between the months of May and October. Statistical analyzes were also carried out using the non-parametric Kruskal-Wallis test to compare the studied factors and the Nemenyi test, with a significance level of 5%, to compare the means. The pH, color, chloride, BOD and temperature analyzes met the specifications in current legislation. However, for microbiological indices of the springs (MPN >23), turbidity for all points and collections (> 5.0 uT), and COD for the well in May (32.4 mgO<sub>2</sub>/L), and for the three points in the months of June and July, the results obtained exceeded the limits established by law. Thus, the anthropic influences such as inadequate management of the soil and animal waste, climatic conditions such as precipitation and consequently surface runoff, on the quality of the sampled waters, were evident. When compared to each other, it is possible to verify that the springs are more susceptible to contamination than the semi-artesian well, highlighting the need for effective and efficient protection of the ways of capturing groundwater. Therefore, it is necessary to ensure that the water meets the quality standards, so that it does not become a public health problem, due to waterborne diseases. Therefore, it is recommended that they undergo a disinfection or chlorination process and be monitored, so that they meet the potability standards required by current legislation.

Keywords: underground water; potability standards; environmental factors.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Caixa de proteção de nascente tipo trincheira.....  | 22 |
| Figura 2 - Captação com drenos cobertos.....   | 23 |
| Figura 3 - Mapa de localização geográfica da área de estudo. ....  | 30 |
| Figura 4 - Mapa de localização geográfica dos pontos de coleta. ....   | 32 |
| Figura 5 - Nascente 01. ....   | 33 |
| Figura 6 - Nascente 02. ....   | 33 |
| Figura 7 - Poço e caixa de armazenamento da água.....  | 34 |
| Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo.....   | 36 |
| Figura 9 – Resultado positivo para <i>Escherichia coli</i> em meio de cultura ágar eosina metil blue (Ágar EMB)..... | 38 |
| Figura 10 - Esquematização de um clorador por difusão.....   | 50 |
| Figura 11 – Exemplificação de um clorador de pastilhas.....  | 51 |
| Figura 12 - filtro de água de cerâmica.....  | 53 |
| Figura 13 - Precipitações durante o mês de maio de 2022.....   | 64 |
| Figura 14 - Precipitações durante o mês de junho de 2022.....  | 64 |
| Figura 15 - Precipitações durante o mês de julho de 2022.....  | 65 |
| Figura 16 - Precipitações durante o mês de agosto de 2022.....   | 65 |
| Figura 17 Precipitações durante o mês de setembro de 2022. ....  | 66 |
| Figura 18 - Precipitações durante o mês de outubro de 2022.....  | 66 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Precipitação (mm) de uma semana antes da coleta. ....                     | 37 |
| Tabela 2 - Determinação da presença de coliformes termotolerantes nas amostras. .... | 38 |
| Tabela 3 – Resultados para o parâmetro pH.....                                       | 40 |
| Tabela 4 - Resultados para o parâmetro temperatura.....                              | 41 |
| Tabela 5 - Resultados para o parâmetro cor.....                                      | 42 |
| Tabela 6 - Resultados para o parâmetro turbidez. ....                                | 43 |
| Tabela 7 - Resultados para o parâmetro cloretos. ....                                | 44 |
| Tabela 8 - Resultados para o parâmetro DQO. ....                                     | 46 |
| Tabela 9 - Resultados para o parâmetro DBO. ....                                     | 47 |
| Tabela 10 - Comparação das médias do parâmetro pH. ....                              | 68 |
| Tabela 11 - Comparação das médias do parâmetro Temperatura. ....                     | 68 |
| Tabela 12 - Comparação das médias do parâmetro Turbidez. ....                        | 68 |
| Tabela 13 – Comparação das médias do parâmetro Cloretos.....                         | 68 |
| Tabela 14 - Comparação das médias do parâmetro Cor.....                              | 69 |
| Tabela 15 - Comparação das médias do parâmetro DQO.....                              | 69 |

## SUMÁRIO

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>1</b>    | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>2</b>    | <b>OBJETIVOS .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2.1</b>  | <b>Objetivo Geral .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.2</b>  | <b>Objetivos Específicos .....</b>                                   | <b>13</b> |
| <b>3</b>    | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>3.1</b>  | <b>Importância da água.....</b>                                      | <b>14</b> |
| <b>3.2</b>  | <b>Aquíferos subterrâneos .....</b>                                  | <b>14</b> |
| <b>3.3</b>  | <b>Abastecimento por águas subterrâneas .....</b>                    | <b>16</b> |
| <b>3.4</b>  | <b>Qualidade das águas de abastecimento público .....</b>            | <b>17</b> |
| <b>3.5</b>  | <b>Poluição das águas subterrâneas.....</b>                          | <b>18</b> |
| <b>3.6</b>  | <b>Influência do clima na qualidade das águas subterrâneas .....</b> | <b>20</b> |
| <b>3.7</b>  | <b>Proteção de nascentes .....</b>                                   | <b>21</b> |
| <b>3.8</b>  | <b>Doenças de veiculação hídrica .....</b>                           | <b>23</b> |
| <b>3.9</b>  | <b>Análise microbiológica da água.....</b>                           | <b>24</b> |
| <b>3.10</b> | <b>Análises físico-químicas da água .....</b>                        | <b>25</b> |
| 3.10.1      | Potencial hidrogeniônico (pH) .....                                  | 25        |
| 3.10.2      | Temperatura .....  | 26        |
| 3.10.3      | Cor.....   | 26        |
| 3.10.4      | Turbidez .....   | 27        |
| 3.10.5      | Cloretos .....   | 27        |
| 3.10.6      | Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....                              | 28        |
| 3.10.7      | Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....                           | 29        |
| <b>4</b>    | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                      | <b>30</b> |
| <b>4.1</b>  | <b>Caracterização da área de coleta .....</b>                        | <b>30</b> |
| 4.1.1       | Relevo .....   | 31        |
| 4.1.2       | Vegetação .....  | 31        |
| 4.1.3       | Clima .....  | 31        |
| <b>4.2</b>  | <b>Pontos de Coletas .....</b>                                       | <b>32</b> |
| <b>4.3</b>  | <b>Coleta das amostras .....</b>                                     | <b>34</b> |
| <b>4.4</b>  | <b>Análises físico-químicas e microbiológicas da água .....</b>      | <b>35</b> |
| <b>4.5</b>  | <b>Análises Estatística.....</b>                                     | <b>35</b> |
| <b>5</b>    | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                  | <b>36</b> |
| <b>5.1</b>  | <b>Caracterização do uso e ocupação do solo .....</b>                | <b>36</b> |
| <b>5.2</b>  | <b>Análise microbiológica da água.....</b>                           | <b>37</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>5.3</b> | <b>Análises físico-químicas da água</b> .....                                      | <b>40</b> |
| 5.3.1      | Potencial hidrogeniônico (pH) .....  | 40        |
| 5.3.2      | Temperatura .....  | 41        |
| 5.3.3      | Cor.....   | 42        |
| 5.3.4      | Turbidez .....   | 43        |
| 5.3.5      | Cloretos .....   | 44        |
| 5.3.6      | Demanda química de oxigênio (DQO).....   | 45        |
| 5.3.7      | Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) .....   | 47        |
| <b>5.4</b> | <b>Recomendações para o tratamento da água de abastecimento rural</b><br><b>49</b> |           |
| 5.4.1      | Clorador por difusão .....   | 50        |
| 5.4.2      | Clorador de pastilhas.....   | 50        |
| 5.4.3      | Utilização de Hipoclorito de sódio.....  | 51        |
| 5.4.4      | Utilização de Iodo .....   | 52        |
| 5.4.5      | Utilização de filtros .....  | 52        |
| <b>6</b>   | <b>CONCLUSÃO</b> .....   | <b>54</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>55</b> |
|            | <b>APÊNDICE A – Regime de precipitação durante as coletas</b> .....                | <b>63</b> |
|            | <b>APÊNDICE B – Análises estatísticas</b> .....                                    | <b>67</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A água, que é responsável por cobrir 75% da superfície terrestre, é um recurso fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos. Desta, 97,6% é água salgada, constituída principalmente pelos oceanos, e apenas 2,4% é água doce, sendo 1,9% situada nas calotas polares e geleiras, inacessível para o consumo humano, e 0,5% no subsolo, as chamadas águas subterrâneas (CAPUCCI *et al.*, 2001).

O consumo de águas subterrâneas ocorre principalmente em áreas rurais, pois, nestas localidades, 65,5% das residências são abastecidas por meio de fontes alternativas, como os poços e nascentes (STOLF; MOLZ, 2017). Segundo Hollas (2015), estas águas apresentam qualidade superior quando comparadas a alguns corpos hídricos superficiais, devido a suas características naturais e ao processo de filtragem de contaminantes que o solo oferece.

No entanto, a utilização de águas provenientes destes locais requer certo cuidado, pois, podem ser facilmente contaminadas, uma vez que o solo não possui capacidade de reter todos os compostos e organismos, podendo ainda o mesmo estar contaminado, devido à falta de proteção adequada e cuidados no local (HOLLAS, 2015).

Se a qualidade da água estiver comprometida, ela acaba tornando-se um vetor de transmissão de doenças, as chamadas doenças de veiculação hídrica, que trazem riscos à saúde humana, por meio de enfermidades causadas por microrganismos patógenos provenientes de fezes humanas e de animais (COLVARA *et al.*, 2009).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca a importância de água, saneamento e higiene adequados, pois, as doenças infecciosas relacionadas a água, são motivos de preocupação mundial, de modo especial para os países emergentes (OMS, 2019).

Segundo a OMS (2019), cerca de 13% de todas as mortes no mundo, em crianças menores de 5 anos, ocorrem devido a doenças diarreicas, caracterizadas como enfermidades transmitidas por meio da ingestão de água contaminada.

E, no Brasil, em 2016, 2175 pessoas morreram por doenças relacionadas ao indicador 3.9.2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que se refere a taxa de mortalidade atribuída a fontes de água inseguras, saneamento inseguro e falta de higiene (OMS, 2019).

Nesse contexto, conforme Pasa (2020), as características físico-químicas e biológicas da água, podem sofrer influências diretas do clima, assim como das atividades antrópicas desempenhadas nas proximidades da área onde é realizada a captação.

Sendo assim, para que a água seja considerada própria para consumo, se faz necessária a realização de análises microbiológicas e físico-químicas, visando verificar se a mesma atende aos padrões de potabilidade estabelecidos (PASA, 2020).

Deste modo, a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio 2021, responsável pelos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade, estabelece que toda água destinada ao consumo humano, deve passar por processo de desinfecção ou cloração (BRASIL, 2021).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo realizar a avaliação das águas subterrâneas destinadas ao consumo, oriundas de diferentes fontes, de acordo com os padrões de potabilidade vigentes, para que, se necessário, sejam propostas possíveis formas de tratamento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os padrões de potabilidade das águas subterrâneas, oriundas de um poço e duas nascentes d'água, de uma comunidade rural situada em Francisco Beltrão no Paraná.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a qualidade das águas oriundas de duas nascentes e um poço semiartesiano;
- Verificar a possível influência da precipitação e do uso e ocupação do solo local na qualidade destas águas;
- Propor soluções para remediação, diante da possibilidade de não atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Importância da água

A água é, sob vários aspectos, um dos recursos naturais mais importantes para a constância da vida na Terra, ou seja, é o bem mais precioso e indispensável para todos os seres, pois, mantém o equilíbrio de ciclos geológicos, biológicos e químicos. Portanto, devido a sua tamanha importância, faz parte dos dezessete objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), sendo especificamente o ODS número 6, que visa garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos, de forma segura (IBGE, 2022).

Sendo assim, o direito à água abrange os usos para sustentar a vida e a saúde, bem como, as necessidades básicas. No entanto, não há uma quantidade ilimitada de água por indivíduo, pois, são necessários entre 50 e 100 litros de água por pessoa por dia, para que as necessidades mais básicas sejam atendidas, com ocorrências mínimas de problemas de saúde (OHCHR, 2010).

Também, deve-se enfatizar que, o consumo humano não deve ser desenfreado, já que a porcentagem de água doce disponível para consumo, em todo o planeta, é muito pequena. Nesse contexto, Quaggio *et al.* (2018) descrevem que as águas subterrâneas surgem como um recurso natural valioso, pois, alimentam os rios, lagos e zonas húmidas, bem como, influenciam em processos geológicos e, representam importante fonte de abastecimento para populações, por meio de obtenção de água por poços e fontes naturais.

#### 3.2 Aquíferos subterrâneos

Capucci *et al.* (2001) ressaltam que a água subterrânea, nada mais é do que água infiltrada no subsolo, onde, em seu movimento descendente, preenche gradualmente os poros, saturando a faixa inferior dos solos e rochas. Essa infiltração varia de acordo com a porosidade e a permeabilidade. A porosidade pode ser definida como a capacidade que o solo ou rocha tem de armazenar água. Já a permeabilidade diz respeito a capacidade que tem a rocha ou solo para armazenar e transmitir a água, e depende do tamanho dos poros.

A camada do solo preenchida parcialmente é denominada de zona de aeração, enquanto a parte onde os poros estão repletos de água é denominada zona saturada,

onde está localizada a água subterrânea propriamente dita. A espessura da zona saturada varia desde alguns decímetros até centenas de metros, de acordo com alguns fatores como a natureza geológica do subsolo e suas propriedades hidro geológicas, vegetação e pluviosidade (ABAS, 2022).

Na parte superior da zona de saturação está localizado o lençol freático ou superfície freática, onde a água contida nos poros encontra-se sob pressão atmosférica. Na camada mais profunda da zona saturada encontram-se os aquíferos, que são formações rochosas ou camadas geológicas que armazenam e transmitem água economicamente passível de extração (CAPUCCI *et al.*, 2001).

Quanto à porosidade, existem três tipos básicos de aquíferos (ABAS, 2022):

- Aquíferos porosos: formados por rochas sedimentares, onde a água circula nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada. De modo geral, possui porosidade homogeneamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função dos diferenciais de pressão hidrostática existente. Essa propriedade é conhecida como isotropia.
- Aquíferos fissurais: aqueles nos quais a água está presente nas fraturas e fendas das rochas cristalinas abertas devido ao movimento tectônico, como por exemplo basalto, granitos, gabros e filões de quartzo. Nesses aquíferos, a água só pode fluir onde houverem fraturas, que, quase sempre, tendem a ter orientações preferenciais. São ditos, portanto, aquíferos anisotrópicos.
- Aquíferos cárstico: formado em rochas calcáreas ou carbonáticas, onde a circulação da água se faz em fraturas resultantes da dissolução do carbonato pela água. São aquíferos heterogêneos, descontínuos, com águas duras, com fluxo em canais.

Quanto à superfície superior (segundo a pressão da água), os aquíferos podem ser de dois tipos (ABAS, 2022):

- Aquíferos Livres: ocorrem quando a superfície que limita a zona saturada dos aquíferos coincide com o lençol freático. Possuem recarga direta e o nível da água varia de acordo com a quantidade de chuva. São os mais comuns e explorados pela população, por isso, apresentam maiores problemas de contaminação.
- Aquífero confinado ou artesiano: encontra-se entre duas camadas impermeáveis em pressão superior a atmosférica. Têm a chamada recarga indireta e quase sempre estão em locais onde ocorrem rochas sedimentares profundas.

O poço que capta água de um aquífero confinado, é chamado poço artesiano, pois seu nível d'água está acima do lençol freático, sendo denominado nível artesianos ou piezométrico. Quando o nível artesianos se eleva acima da superfície do solo o poço é chamado surgente ou jorrante (CAPUCCI *et al.*, 2001).

### 3.3 Abastecimento por águas subterrâneas

O uso de águas subterrâneas para a utilização do ser humano é muito comum em todo o planeta. Sua utilização acompanhou a evolução da humanidade e representa uma importante forma de abastecimento, sendo captada de diferentes fontes, como as nascentes e os poços, que possuem grande capacidade de armazenamento de águas de excelente qualidade (QUAGGIO *et al.*, 2018).

Segundo Leal (2012), as nascentes de água são resultantes do afloramento das águas infiltradas e acumuladas nos lençóis freáticos, fornecendo água de boa qualidade, próxima do local de uso e de cota topográfica elevada, possibilitando sua distribuição por gravidade, sem gasto de energia.

Também, os poços podem ser definidos como um canal vertical escavado para captação de águas subterrâneas, classificados como poços rasos e profundos. Os poços rasos são os que captam a água do lençol freático em profundidades na ordem de até 20 metros. Já os poços profundos (artesianos e semiartesianos) são perfurados por métodos de percussão rotativos hidráulicos ou rotativos reversos com diâmetro de 4" a 36" e profundidade de até 2000 metros (GIAMPÁ; GONÇALVES, 2005; VASCONCELOS, 2015).

Em relação aos poços semiartesianos, podem ser descritos como aqueles que necessitam de um conjunto de bombeamento para trazer a água até a superfície, geralmente captam água de lençóis freáticos, a profundidades que podem variar de 20 a 50 metros. São constituídos por tubos metálicos ou de concreto, evitando a contaminação da água por agentes externos (PRONER, *et al.*, 2019).

Nesse contexto, Gomes (2008), destaca que, a utilização de águas subterrâneas é crescente, e possui vantagens como:

- Não acarreta em inundação de áreas superficiais aproveitáveis, muitas vezes representadas por solos agricultáveis;
- A área de captação e proteção é reduzida, apresentam vantagens em custos, prazos e execuções;

- Os poços perfurados dentro dos padrões técnicos normalmente têm vida útil superior a vinte anos;
- Os impactos ambientais são mínimos ou bem restritos em relação às águas superficiais.

Tal crescimento do uso destas águas destinadas principalmente ao abastecimento público e para atividades agrícolas e industriais, ocorre devido as vantagens citadas das águas subterrâneas em relação às águas superficiais (GOMES, 2008).

### **3.4 Qualidade das águas de abastecimento público**

Desde a antiguidade buscou-se determinar a potabilidade da água, sendo os sentidos humanos, considerados como o primeiro parâmetro a ser utilizado, pois, inicialmente o homem saía à procura de uma fonte que possuísse a água mais límpida, de sabor fresco e adocicado. E, ainda que em tempos rudimentares, o homem tinha razão por esta escolha, pois, mesmo que límpida, se houvesse algum resquício de sólidos ou coloides na água, era sabido que esta poderia causar algum mal (LENZI *et al.*, 2011).

Existe uma grande preocupação quando o assunto é a qualidade da água, tendo em vista que a presença de substâncias orgânicas e inorgânicas são prejudiciais à saúde humana e ao equilíbrio ecológico. Sendo assim, para que esta seja segura para utilização, é fundamental que apresente condições adequadas, por isso, na avaliação da qualidade da água, são considerados os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos (BRASIL, 2007).

No Brasil, o Ministério da Saúde é responsável por estabelecer procedimentos e responsabilidades relacionados ao controle e vigilância da qualidade da água consumida e determina seu padrão de potabilidade. Portanto, é considerada potável, a água que atenda aos padrões estabelecidos pelos anexos da Portaria Nº 888 de 2021, não oferecendo riscos à saúde (BRASIL, 2021).

A mesma portaria discorre que o padrão de potabilidade compreende o conjunto de valores admitidos como parâmetros da qualidade da água para consumo humano, por isso, não deve haver microrganismos causadores de doenças, ressaltando a importância da realização de uma análise bacteriológica para identificar a qualidade da água para o consumo (BRASIL, 2021).

Assim como as águas superficiais, as águas subterrâneas também possuem uma normativa visando sua proteção e preservação, por meio da Resolução CONAMA nº 396 de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas, levando em consideração a necessidade de promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas, pois, uma vez que poluídas ou contaminadas, sua remediação é lenta e requer custos financeiros (CONAMA, 2008).

### **3.5 Poluição das águas subterrâneas**

De acordo com estudos da Agência Nacional de Águas, as atividades antrópicas vêm comprometendo a qualidade das águas, sejam superficiais ou subterrâneas, tornando este um assunto cada vez mais importante, pois, o país possui um déficit no conhecimento de seu potencial hídrico e seus aquíferos (ANA, 2007).

Conforme Derisio (2017), a poluição da água possui quatro fontes distintas, sendo:

- Poluição Natural: aquela que resulta de atividades naturais, tais como as chuvas e escoamento superficial e a decomposição de vegetais ou animais;
- Poluição Industrial: oriunda dos despejos de resíduos líquidos gerados nos processos industriais, sendo as indústrias de papel e celulose, refinarias de petróleo, usinas de açúcar e álcool, siderúrgicas e metalúrgicas, químicas e farmacêuticas, abatedouros e frigoríficos, têxteis e curtumes, as principais poluidoras.
- Poluição Urbana: proveniente das cidades, é o resultado do lançamento de esgotos domésticos direta ou indiretamente em corpos hídricos.
- Poluição Agropastoril: relacionada as atividades de agricultura e pecuária por meio de defensivos agrícolas, fertilizantes, excrementos de animais e erosão.

Ainda, Libânio (2010) descreve que a poluição dos corpos d'água sucede-se de forma pontual ou difusa. Onde a poluição pontual manifesta-se de forma concentrada no espaço, como por meio do lançamento de efluentes domésticos e industriais ou da contaminação de um manancial subterrâneo por postos de combustíveis.

Schimitz (2017) complementa que as fontes pontuais tem origem bem definida, portanto podem ser mais fáceis de solucionar, como por exemplo as fossas sépticas residenciais, instalações inadequadas para animais e esterqueiras não isoladas do contato com o solo com rápida infiltração nos perfis atingindo o lençol freático.

A poluição difusa, por sua vez, distribui-se ao longo da extensão do curso d'água, sendo os casos mais comuns os agrotóxicos pulverizados e dejetos de animais utilizados como fertilizantes, transportados pela água das chuvas devido à erosão dos solos ou através da infiltração lenta nos perfis de solo, sendo por isso de mais difícil controle (LIBÂNIO, 2010).

Em áreas urbanas, segundo o mesmo autor, as principais fontes contaminantes dos aquíferos são os lixões e aterros sanitários, vazamentos nas redes coletoras de esgotos, lagoas de estabilização e o lançamento de efluentes no solo (LIBÂNIO, 2010).

Entretanto, em áreas rurais, as águas de nascentes, rios, lagos ou poços, possuem um risco maior de contaminação, tendo em vista a predominância de pastagens ocupadas por animais e a ocorrência de deposição de resíduos orgânicos diretamente no solo (NASCIMENTO *et al.*, 2012).

Costa (2015) cita que a água de escoamento superficial é o fator que mais contribui para a mudança da qualidade da água. Este, de acordo com Carvalho (2016), corresponde ao segmento do ciclo hidrológico relativo ao deslocamento das águas sobre a superfície do solo, transportando partículas que sofrem deposição somente quando sua velocidade é reduzida.

Também, Schimitz (2017) evidencia em seu trabalho que existem impurezas em pequenas proporções na atmosfera, mas a maior parte está no solo. Assim, além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta nutrientes químicos, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que causam contaminação das águas das nascentes no meio rural.

Fitts (2015) destaca que a agricultura moderna inclui várias práticas que podem levar à contaminação de águas subterrâneas, como a aplicação de pesticida, herbicida e fertilizante, irrigação e armazenamento de resíduo animal.

A aplicação de fertilizante pode resultar em altas concentrações de nitrato e fosfato, e altas cargas de nutrientes em escoamentos de cursos de água na superfície. E os rebanhos de animais geram grande quantidade de resíduos que podem contaminar a recarga para as águas subterrâneas subjacentes. Os contaminantes mais comuns nesses ambientes são nitrato, produtos farmacêuticos veterinários e hormônios esteroides oriundos das vacinas aplicadas nestes animais (FITTS, 2015).

Portanto, as nascentes são sistemas frágeis onde as fontes de poluição podem afetar a qualidade da sua água na constituição biológica, química e física (SCHIMITZ, 2017). Este fato evidencia a importância da proteção de nascentes, pois, segundo

Villwock e Crispim (2016), ressaltaram em seu trabalho que as análises de água em nascentes desprotegidas demonstraram contaminantes que podem prejudicar a saúde humana.

Também, segundo a Agência Nacional de Águas, outro fator que coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas e deve ser levado em consideração, é o crescimento da perfuração de poços sem critérios técnicos adequados, pois, nestes casos é criada uma conexão entre as águas mais rasas e suscetíveis à contaminação, com águas mais profundas e menos vulneráveis (ANA, 2007).

Entre os principais fatores construtivos dos poços tubulares, que podem representar risco de contaminação das águas subterrâneas, podem ser citados, o não isolamento das camadas indesejáveis durante a perfuração; ausência de laje de proteção sanitária e altura inadequada da boca do poço; proximidade com pontos potencialmente contaminantes da água, como fossas, postos de gasolina e lixões; não desinfecção do poço após a construção e a não cimentação do espaço anelar entre o furo e o poço, que facilita a entrada de águas superficiais (ANA, 2007).

### **3.6 Influência do clima na qualidade das águas subterrâneas**

A qualidade da água pode ser avaliada por meio de sua caracterização físico-química e microbiológica, que podem ser influenciadas tanto por ações antrópicas desempenhadas nas proximidades do recurso hídrico como pelo clima, vegetação, relevo, drenagem e geologia da região onde é realizada a captação (PASA, 2020).

A quantidade de água que sai das nascentes pode variar de acordo com a vazão do lençol freático, que está ligada com a pluviosidade local. No sudoeste paranaense, as características climáticas são de boa pluviosidade, fator que aumenta a quantidade de água circulante no aquífero livre que alimentará a nascente (SCHIMITZ, 2017).

Um fator limitante para o uso sustentável de águas oriundas do subsolo, é a recarga, ou seja, o reabastecimento de um aquífero, que ocorre a partir da infiltração de água das chuvas, a chamada recarga direta, característica dos aquíferos livres. Já em aquíferos confinados, ocorre a recarga indireta, quando o reabastecimento é somente nos locais onde a camada que contém o aquífero aflora (CAPUCCI *et al.*, 2001).

A pluviosidade sobre a área de recarga ou também chamada microbacia, afeta o movimento e a quantidade de água subterrânea. Em períodos de intensa precipitação há um aumento da zona saturada e, conseqüentemente, do nível do lençol freático,

enquanto que em períodos de estiagem há o rebaixamento deste nível (SCHIMITZ, 2017).

Sabe-se que na região sudoeste do Paraná, as chuvas são do tipo convectiva e frontal. As convectivas são típicas da estação do verão, possuem curta duração e alta intensidade, podendo causar erosão do solo. No entanto, as chuvas frontais ocorrem na estação mais fria, caracterizada pela baixa intensidade e longa duração, o que favorece o processo de infiltração e recarga dos aquíferos subterrâneos (DEDECEK, 1988).

Contudo, quando o solo se encontra saturado, ou compactado devido ao manejo empregado, ocorrem os escoamentos superficiais, que carregam todos os tipos de sedimento presentes no solo, desde de dejetos animais até resíduos de agrotóxicos. Estes, chegam até os cursos de água, incluindo as nascentes, que quando desprotegidas e sem mata ciliar em seu entorno, correm sérios riscos de contaminação (GONÇALVES *et al.*, 2020).

Segundo os autores Capucci *et al.* (2001), solos com maior porosidade favorecem a infiltração das águas de precipitações, no entanto, o processo é favorecido se este for coberto por vegetação e estiver em relevo plano. Além disso, em regiões de clima úmido e solos permeáveis, a recarga pode atingir até 25% da precipitação pluviométrica anual.

Considerando um curto prazo de tempo, a recarga pode ser afetada por variabilidades climáticas, ou seja, o desvio de estatísticas climáticas durante um dado período de tempo, afetando a recarga através da redução de volumes e frequência de precipitações, pelo aumento de temperatura ou uma combinação desses (CHAVES; ALBUQUERQUE; MATTOS, 2010).

Montenegro (2009) cita que, uma consequência das mudanças climáticas, além do aumento do nível do mar, é a alteração no regime de chuvas e consequentemente redução nas taxas de recarga. Também, Oliveira *et al.* (2007) realizaram um estudo avaliando o efeito de mudanças climáticas na recarga de aquíferos. A análise identificou uma possível redução na recarga natural de até 45% devido a mudanças no padrão de precipitação, consequência das alterações climáticas.

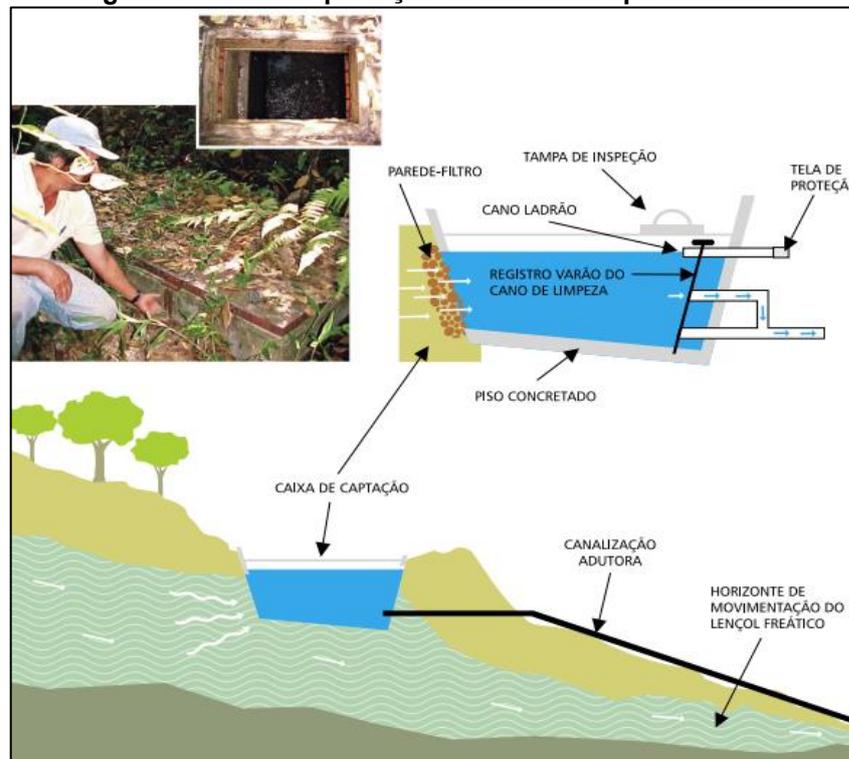
### **3.7 Proteção de nascentes**

De acordo com Schimitz (2017), existem estruturas protetoras nas nascentes que visam evitar a contaminação. São proteções físicas específicas apropriadas para cada forma de nascente, protegendo a área e garantindo a deposição da água para consumo.

Existem alguns tipos de estruturas protetoras simples para as nascentes, como a técnica de captação com drenos cobertos e de trincheiras

A técnica de trincheiras é utilizada quando o lençol freático é próximo a superfície. A trincheira é aberta em posição transversal à direção do fluxo até penetrar na camada permeável por onde corre o lençol. Deve apresentar uma declividade no sentido da largura a fim de que a água possa ser captada. A abertura deve permanecer fechada para impedir a queda de folhas ou qualquer outro contaminante. Deve-se também, instalar um tubo ladrão e nesse, uma tela de proteção para se evitar a penetração de insetos (CALHEIROS *et al.*, 2004). A Figura 1 exemplifica a técnica.

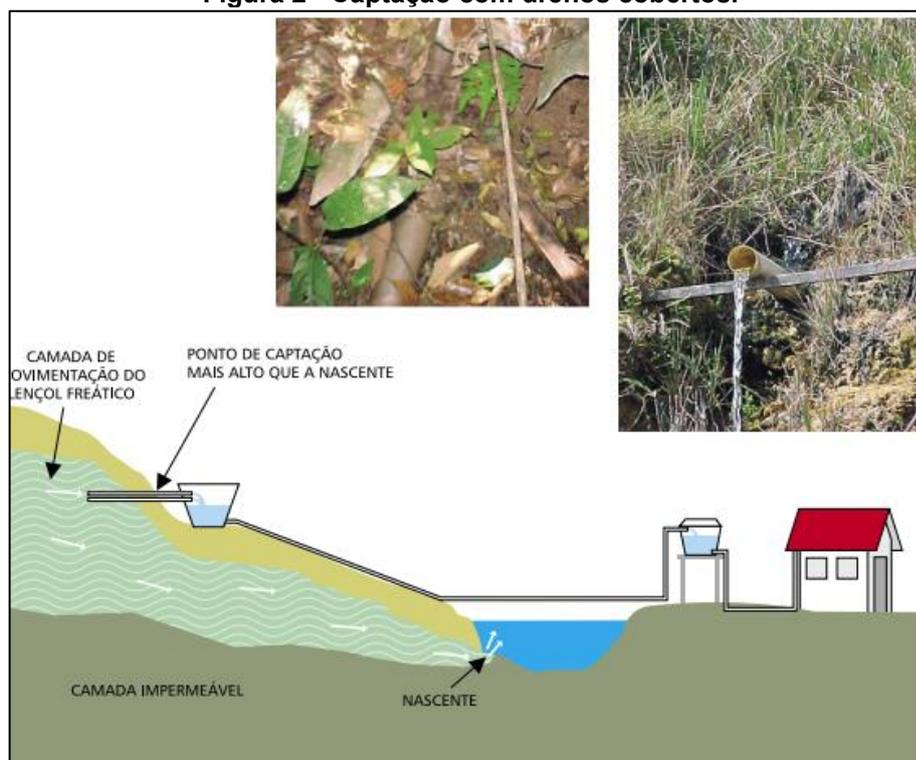
**Figura 1 - Caixa de proteção de nascente tipo trincheira.**



Fonte: Calheiros *et al.* (2004).

A captação com drenos cobertos possibilita a captação da água em um nível mais elevado que o da nascente. Para tal, utilizam-se drenos constituídos por tubos, que conduzem a água por gravidade. Recomenda-se que na instalação do dreno, haja revestimento com manta geotêxtil, para filtrar a água de partículas de solo. A parte do dreno que sai da superfície do solo possui uma tampa de fibrocimento protegendo o ponto de penetração do tubo no solo, e uma bica de água potável com um dreno de PVC saindo da encosta (Figura 2). (CALHEIROS *et al.*, 2004).

**Figura 2 - Captação com drenos cobertos.**



Fonte: Calheiros, et al. (2004).

Schimitz (2017) destaca que os poços rasos e profundos além de serem uma das mais antigas construções usadas para captar águas subterrâneas, também são uma forma de proteção, desenvolvida há milhares de anos, apesar de algumas adaptações. É considerado uma técnica apropriada para ambientes nos quais há escassez de nascentes superficiais, e permite o aproveitamento da água de lençol freático, sendo que sua produção diária também dependerá das características do lençol freático.

### 3.8 Doenças de veiculação hídrica

Um dos fatores preocupantes relacionados a qualidade da água, é a transmissão de doenças, tendo em vista que, esta pode servir como um veículo para microrganismos. A maior parte das enfermidades transmitidas para o ser humano é causada por vírus, bactérias, protozoários e helmintos, ocorridas pela ingestão de água contaminada, denominadas, portanto, enfermidades de veiculação hídrica (BRASIL, 2006).

Segundo Brasil (2006) e Pasa (2020), as principais doenças de veiculação hídrica são as diarreias infecciosas e disenterias causadas por bactérias (*Escherichia coli*; *Salmonella*; *Shigella*; *Campylobacter pylori*; *Chlamydia trachomatis*), cólera, esquistossomose, febre tifoide e paratifoide, febre amarela, leptospirose, hepatite

infeciosa, dengue, além de infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e escabiose.

De acordo com Pasa (2020), as doenças que são contraídas a partir da ingestão de águas contaminadas, podem ser prevenidas por meio do acesso da água potável e de melhor higiene. Também, Paulus (2017), cita que a coleta e tratamento de esgotos domésticos e de águas de abastecimento pode ser minimizar ou até mesmo evitar a ocorrência desse tipo de enfermidade.

Conforme a Resolução Conama 357, de 2005, as águas doces de classe 1 devem ser ausentes de materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, substâncias que comuniquem gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis, enfatizando a relevância que as análises físico-químicas possuem sobre a qualidade da água ingerida (CONAMA, 2005).

A mesma norma relata que a água deve estar ausente de coliformes termotolerantes (CONAMA, 2005), por isso, é de suma importância que seja realizada análise bacteriológica, visando a preocupação do monitoramento das águas de abastecimento público e para verificar se as mesmas se encontram em condições de potabilidade, de forma que não ofereçam riscos à saúde (PAULUS, 2017).

### **3.9 Análise microbiológica da água**

Devido ao fato de a água contaminada ter se tornado um veículo na transmissão de uma grande variedade de doenças, analisar sua qualidade microbiológica é um fator indispensável. Tendo em vista que, a presença de bactérias do grupo coliformes indica sua contaminação (ZULPO *et al.*, 2006).

Os mesmos autores constatam que, coliformes são bactérias gram-negativas, não esporuladas, na forma de bastonetes que fermentam a lactose com formação de gás. Esta definição abrange um número de espécies de enterobactérias incluídas nos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo a *Escherichia coli* a principal representante do subgrupo termotolerante.

Conforme afirma Porto *et al.* (2011), geralmente os coliformes totais estão presentes no solo e nos vegetais, e possuem grande facilidade de se multiplicarem na água. No entanto, os termotolerantes ocorrem na flora intestinal de animais de sangue quente, inclusive do homem.

De acordo com Brasil (2013), as águas para fins de consumo não devem apresentar microrganismos patogênicos nem possuir bactérias que indicam provável contaminação fecal. Portanto, para a obtenção de um controle efetivo, deve ser realizado o monitoramento das condições sanitárias de água para consumo, tendo em vista que, cerca de 80% de todas as doenças que acometem os países em desenvolvimento provêm de água de má qualidade (PORTO *et al.*, 2011).

Portanto, as análises microbiológicas visam fornecer subsídio a respeito da potabilidade da água, ou seja, ausência de risco de ingestão de micro-organismos causadores de doenças. Ressaltando que, micro-organismos presentes nas águas naturais são, em sua maioria, inofensivos à saúde humana. Porém, na contaminação por esgoto sanitário estão presentes micro-organismos que poderão ser prejudiciais à saúde humana (BRASIL, 2013).

### **3.10 Análises físico-químicas da água**

Para a garantia da qualidade da água consumida também é fundamental que sejam realizados monitoramentos físico-químicos periódicos (CARVALHO *et al.*, 2018). As análises físico-químicas visam identificar elementos presentes em água e associá-los aos efeitos de suas propriedades a questões ambientais, possibilitando a compreensão dos processos naturais ou alterações no meio ambiente (PARRON *et al.*, 2011).

Os teores determinados em amostras são comparados com padrões conhecidos, especificados em portarias e resoluções legais. Assim, é possível estimar quais ações devem ser tomadas, para que seja possível adequar-se aos padrões estabelecidos por lei (PARRON *et al.*, 2011).

#### **3.10.1 Potencial hidrogeniônico (pH)**

O potencial Hidrogeniônico, comumente chamado de pH, representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. É um fator de extrema importância em processos de tratamento de água, sendo medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção.

Possui valor adimensional, que varia de 0 a 14. Sendo que, com valores abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina (BRASIL, 2013). Recomenda-se que o pH das águas no sistema de distribuição seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL,

2021). Também, a Resolução Conama nº 357 de 2005, informa que o pH adequado para águas doces, que são pertencentes a Classe 1 da normativa, sejam mantidas na faixa de pH 6,0 a 9,0 (CONAMA, 2005).

### 3.10.2 Temperatura

No que se trata de águas subterrâneas, sua variação térmica anual é, de modo geral, baixa, variando entre 1 a 2° C, entretanto, é um dos parâmetros mais utilizado para avaliar a qualidade da água. Independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície (COSTA, 2015).

Normalmente, a temperatura da água varia entre 0 °C a 30 °C, levando em consideração o regime climático e a estação do ano de cada região. Também influencia na fauna e na flora aquática, pois, estas possuem limites de tolerância térmica, que afeta na sua reprodução, crescimento e migração (SPERLING, 2005).

Com relação as legislações, a Portaria do Ministério da Saúde Nº 888 de 2021, não estabelece um determinado limite de temperatura da água para o consumo (BRASIL, 2021). Assim como a Resolução Conama nº 357/05, que define a temperatura como um parâmetro é utilizado para avaliar a qualidade da água (CONAMA, 2005).

### 3.10.3 Cor

A cor muitas vezes pode ser motivo de rejeição da água pela população, pois pode ser natural ou resultado de uma fonte de contaminação, como de corantes industriais, por exemplo. No caso da cor natural, pode ser aparente ou verdadeira (LENZI *et al.*, 2011).

O mesmo autor define a cor aparente como a consequência de substâncias em suspensão ou no estado coloidal. Neste caso, basta a retirada das partículas por centrifugação ou deposição, e a água se torna incolor. E, a cor verdadeira é o resultado de diversos fatores, podendo ser de origem natural, como a decomposição da matéria orgânica e a presença de substâncias inorgânicas, como o ferro e manganês. Ou de origem antropogênica, como as substâncias oriundas de efluentes industriais e domésticos.

Ainda, Lenzi *et al.* (2011) afirma que a cor se intensifica à medida que seu pH aumenta. Entretanto, de modo geral, a cor natural da água não é indicativa de toxicidade, mas a sua remoção é de ordem estética.

No que se trata de normativas com relação ao parâmetro cor, a Portaria de Nº 888 de 2021, estabelece que o valor máximo permissível de cor aparente na água é de 15 mg Pt-Co/L (BRASIL, 2021). Enquanto que, a Resolução CONAMA nº 357 de março de 2005, estabelece o valor de cor verdadeira de até 75 mg Pt-Co/L (Escala Platina-Cobalto por litro) (CONAMA, 2005).

#### 3.10.4 Turbidez

Turbidez é a medição da resistência da água à passagem de luz, gerada pela matéria em suspensão, que dispersa e absorve a luz impedindo a passagem da mesma, responsável pela aparência turva (HOLLAS, 2015). Pode ser decorrente de diversas causas, naturais ou antrópicas, como argilas, lançamento de efluentes e/ou partículas de solo, e da presença de microrganismos (LENZI *et al.*, 2011).

Ainda, segundo Lenzi *et al.* (2011), se a natureza química dos compostos em suspensão não for tóxica, é apenas uma questão de inadequação estética. Entretanto, caso haja microrganismos, e estes se associem as partículas em suspensão buscando alimento e proteção, deve-se realizar a decantação deste material suspenso, visando melhorar o aspecto da água.

Portanto, o parâmetro representa um bom indicador sanitário, pois a turbidez pode estar associada a compostos tóxicos ou a microrganismos, que podem ser patogênicos. Também, está ligado ao padrão de aceitação da água de consumo humano, sendo que águas turvas são rejeitadas pela população (HOLLAS, 2015). Sendo assim, a Portaria Nº 888 de 2021, estabelece que o Valor Máximo Permitido é de 5,0 uT (unidades de Turbidez) (BRASIL, 2021).

#### 3.10.5 Cloretos

O conhecimento do teor de cloretos em água, fornece informações sobre o seu grau de mineralização ou indícios de contaminação, como esgotos domésticos e resíduos industriais. Sendo o Cloro, na forma de íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), um ânion inorgânico que mais ocorre em águas naturais, em concentrações variadas (ZÜGE.; VENDRAME, 2018).

Segundo Sousa (2017), elevadas concentrações de cloreto podem ser encontradas em dejetos de animais, bem como dos seres humanos, devido ao fato de o cloreto de sódio ser um ingrediente comum, integrado em dietas, e passa inalterado pelo sistema digestivo. Ainda, a presença de concentrações anormais de cloreto e material nitrogenado em estações de abastecimento, indicam uma possível poluição das águas.

As concentrações do íon  $\text{Cl}^-$  por litro, podem resultar em uma água com um sabor salino detectável. Para os seres humanos, a tolerância para o cloreto nas zonas áridas, pode chegar a 900 mg/L sem nenhum efeito fisiológico adverso, entretanto, para indivíduos acostumados a baixas concentrações, um alto teor de cloreto na água ingerida pode ter efeito laxativo (SOUSA, 2017).

De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde Nº 888 de 2021 e com a Resolução CONAMA nº 357/05, o teor máximo de cloreto permissível, em águas de abastecimento, é de 250 mg de íon cloreto por litro ( $\text{Cl}^-/\text{L}$ ). (CONAMA, 2005; BRASIL, 2021).

### 3.10.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A demanda química de oxigênio (DQO), é um parâmetro global utilizado como indicador de matéria orgânica, baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte, ou seja, mede a capacidade da água de consumir o oxigênio durante processos químicos (VALENTE *et al.*, 1997).

Esta análise é indicada para medir o teor de matéria orgânica oxidável e de substâncias capazes de consumir oxigênio ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{NH}^{4+}$ ). Em águas subterrâneas, os valores comumente se situam na faixa de 1 a 5 mg/L de  $\text{O}_2$ , sendo os valores acima de 10 mg/L de  $\text{O}_2$  podem ser um claro indicativo de poluição (COSTA, 2015).

Embora a resolução CONAMA 357/05 não faça referência ao parâmetro DQO, algumas legislações ambientais estaduais estabelecem limites máximos para este parâmetro em seus padrões de lançamento. A Resolução SEMA nº 21, estabelece um valor máximo de DQO de até 225mg/L para os efluentes das estações de tratamento (PARANÁ, 2009).

### 3.10.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) é um indicador que determina a quantidade de oxigênio necessária para consumir a matéria orgânica na água, mediante processos biológicos aeróbios (COSTA, 2015). É um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20°C e durante um período de incubação também fixo, de 5 dias, por isso a nomenclatura DBO<sub>5</sub> (VALENTE *et al.*, 1997).

Os autores Valente *et al.* (1997), também citam que, neste período de 5 dias a 20°C (DBO<sub>5</sub>), são consumidos de 70% a 80% da matéria orgânica (esgoto doméstico); e após este período, inicia-se a demanda nitrogenada, onde em cerca de 20 dias são consumidos 100% da matéria orgânica.

Segundo Costa (2015), é uma medida muito importante, pois indica a poluição das águas. Valores altos indicam que há lançamentos de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos, o que influencia na diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, provocando eliminação de organismos aquáticos. De modo geral, em águas subterrâneas, a DBO é inferior a 1 mg/L de O<sub>2</sub>.

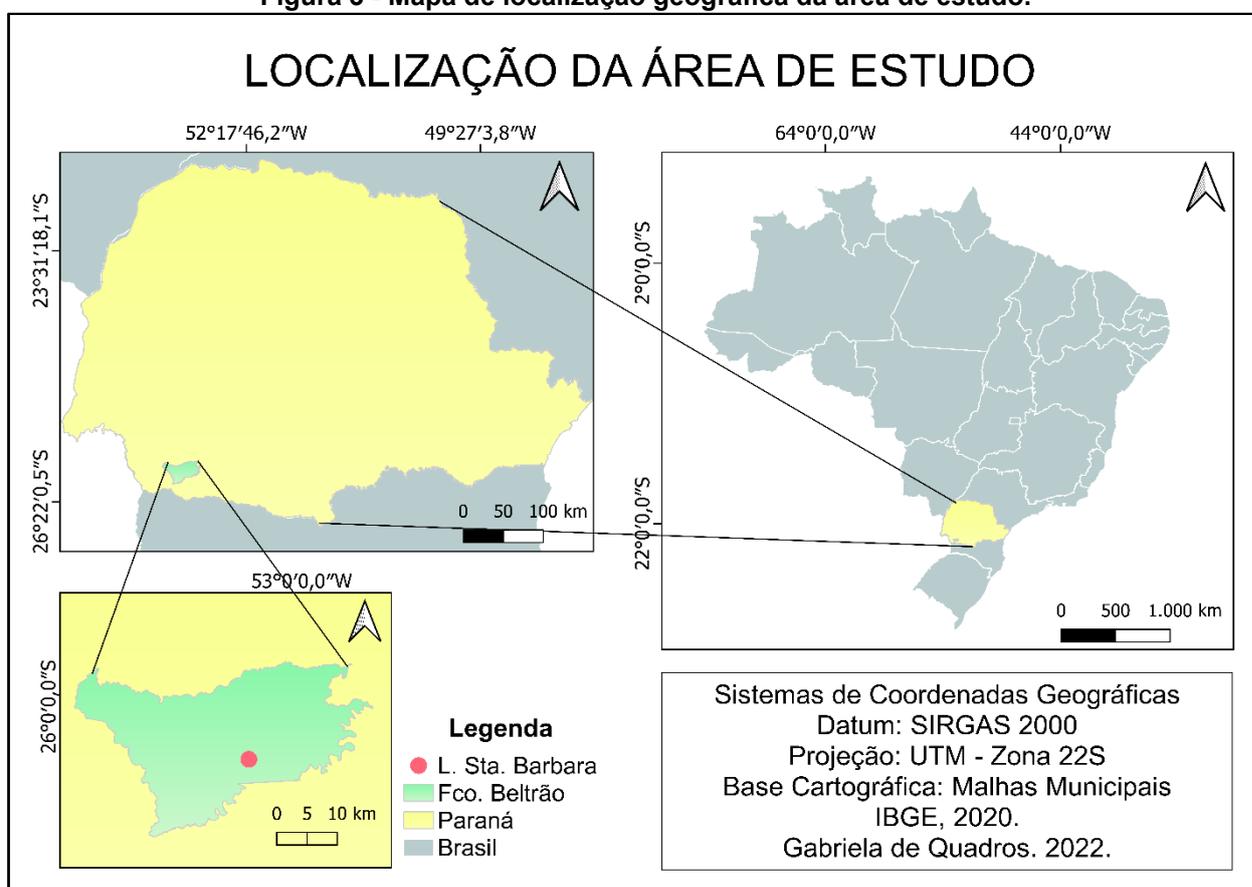
A Resolução CONAMA n°357/05 indica que, em águas doces de classe 1 ou de classe especial, a DBO 5 dias em temperatura constante de 20°C deve ser de até 3mg/L O<sub>2</sub> (CONAMA, 2005).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de coleta

O estudo foi realizado no município de Francisco Beltrão, situado no Sudoeste do Paraná latitude  $26^{\circ} 4' 42''$  Sul e longitude  $53^{\circ} 3' 11''$  Oeste (Figura 3). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o município ocupa uma área de 735,111 km<sup>2</sup>, possui população estimada para o ano de 2021 de 93.308 habitantes e com densidade demográfica 107,39 hab./km<sup>2</sup> até o ano de 2010 (IBGE, 2021).

Figura 3 - Mapa de localização geográfica da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2022).

Francisco Beltrão é abastecido pelo aquífero denominado Serra Geral, sendo que as águas provenientes deste manancial, de modo geral, não apresentam restrições ao consumo, salvo exceções de contaminações pontuais (HOLLAS, 2015). O município possui 75 comunidades rurais, contudo, o presente trabalho teve como objeto de estudo a comunidade Linha Santa Bárbara, devido sua proximidade da universidade, facilitando a realização das coletas, e o tipo de uso e ocupação do solo local.

#### 4.1.1 Relevo

O município de Francisco Beltrão encontra-se na área de bacia sedimentar do estado do Paraná, no Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto Arenito basáltico, oriundo de um grande derrame mesozoico de rochas eruptivas básicas. O tipo de solo predominante no local é o Latossolo distrófico roxo de textura argilosa, possuindo inclinação para oeste-noroeste e subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná (SANTOS *et al.*, 2006).

O relevo do município se configura como suave ondulado, ou seja, sua superfície de topografia é pouco movimentada, apresentando declives suaves predominantemente variáveis de 3 a 8% (EMBRAPA, 2006). Sendo que as altitudes do município variam entre 450m até 900m (FRANCISCO BELTRÃO, 2017).

#### 4.1.2 Vegetação

No estado do Paraná, as principais fitofisionomias dividem-se em Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual. A vegetação predominante no local de estudo é a floresta ombrófila mista, também conhecida como Floresta com Araucária, caracterizada por ser definida exclusivamente pela presença natural do pinheiro-do-paraná (*Araucária angustifolia*). Este tipo de floresta se localiza principalmente em áreas de latossolo roxo e possui afinidade com espécies mais resistentes ao frio, como Angico, Cedro, Ipê-roxo e amarelo, Canafístula, entre outras (WREGE *et al.*, 2017).

#### 4.1.3 Clima

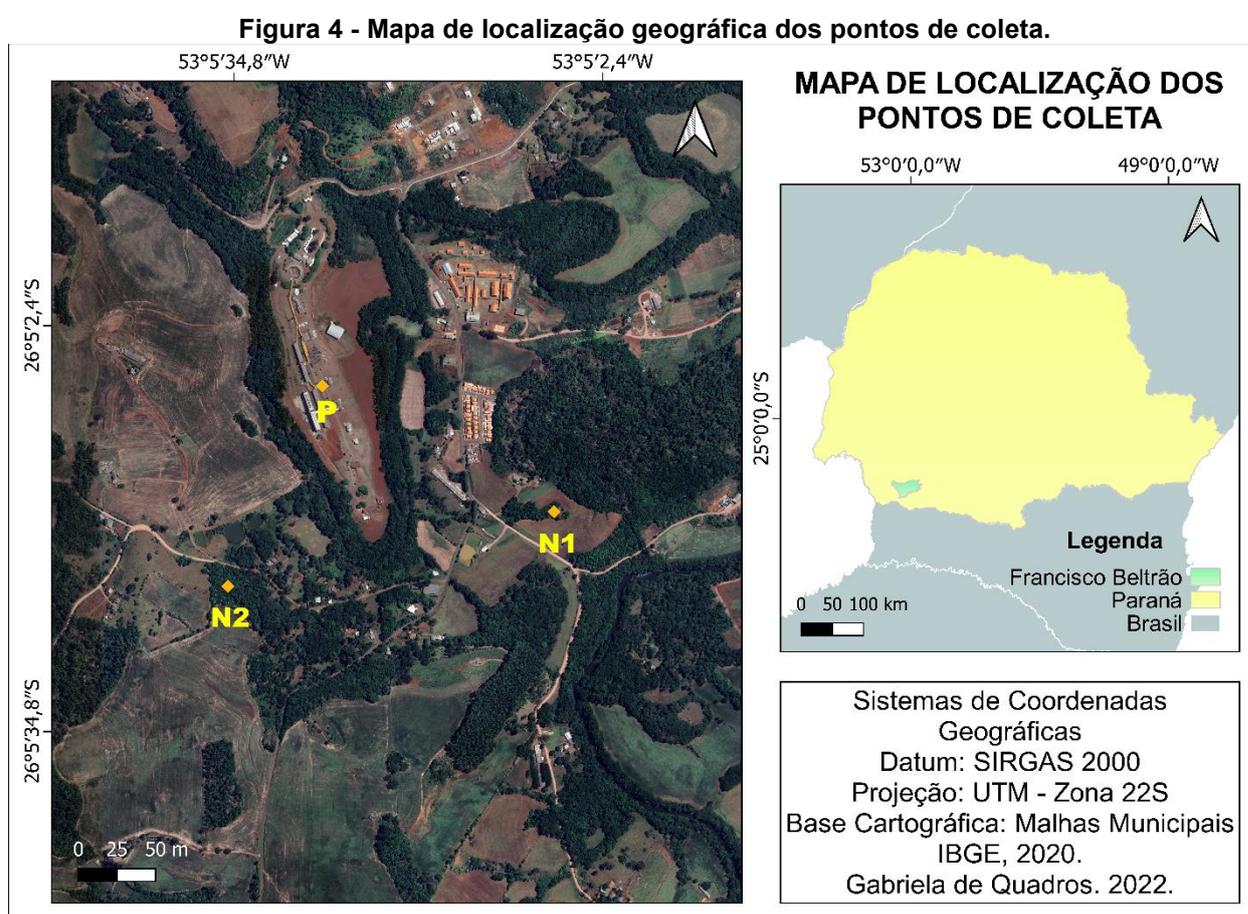
O município possui como clima predominante, segundo a Classificação de Köppen, como Cfa - Clima Subtropical Úmido Mesotérmico, ou seja, clima temperado, com invernos onde a temperatura é superior a -3° C e inferior a 18° C, sujeito a geadas, e verões quentes com temperatura superior a 22° C (FRANCISCO BELTRÃO, 2017).

Geralmente, os verões são quentes e chuvosos, tendo em vista que a umidade, quando associada ao calor gera nuvens pesadas com chuvas de curta duração. Os invernos são mais secos, chovendo apenas com a passagem de frentes frias, porém, nestas ocorrências, as temperaturas podem chegar a até -5°C. Sendo os meses de janeiro, fevereiro, maio e outubro ocorrem as maiores médias mensais de precipitação (NITSCHKE *et al.*, 2019).

Nesse contexto, para o presente estudo, os dados relacionados ao tempo, foram retirados da estação meteorológica automática, instalada no campus da UTFPR, de Francisco Beltrão, que disponibilizados em *site* eletrônico (*e-Clima*).

## 4.2 Pontos de Coletas

As amostras foram coletadas de duas nascentes de água e um poço, situados na comunidade da Linha Santa Bárbara, área rural de Francisco Beltrão, como demonstrado na Figura 4. Ao todo foram realizadas seis coletas, sendo uma coleta por mês, de maio a outubro de 2022.



Fonte: Autoria própria (2022).

A nascente 01 (N1), inicialmente foi protegida por meio da utilização da técnica de captação com drenos cobertos, no entanto, devido à instabilidade do local, houve um deslizamento rompendo a proteção, portanto, atualmente a nascente não possui uma forma de proteção efetiva, ou seja, encontra-se desprotegida. Está encanada a uma caixa de água, diretamente ligada a uma residência, onde é realizado o consumo destas águas sem um tratamento prévio (Figura 5).

No entorno da nascente há a presença de vegetação, com árvores de médio e grande porte, sendo que no entorno desta área vegetação há predominância de atividade agrícola.

**Figura 5 - Nascente 01.**



Fonte: Autoria própria (2022).

A nascente 02 (N2), possui uma forma de proteção, chamada proteção de trincheiras (Figura 6), maneira rústica utilizada pelos moradores do entorno, que também realizam o consumo destas águas, sem nenhum tipo de tratamento.

Assim como a nascente 01, a nascente 2 possui vegetação nativa em seu entorno, contendo árvores de médio e grande porte, no entanto, nas proximidades, além de atividade agrícola, existe a criação de animais, mas que não possuem livre acesso ao ponto de coleta.

**Figura 6 - Nascente 02.**



Fonte: Autoria própria (2022).

Já com relação ao poço semiartesiano (P), é utilizado para o abastecimento de toda a instituição de ensino (UTFPR), e está ligado diretamente a caixa de armazenamento da água, que possui capacidade para 15 mil litros (Figura 7).

**Figura 7 - Poço e caixa de armazenamento da água.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Por estar situado nesta localidade não sofre interferências externas, como a presença de animais, por exemplo. E passa previamente por um processo de tratamento de desinfecção por meio de Cloro em pastilhas, portanto, suas águas estão menos vulneráveis a contaminações.

### **4.3 Coleta das amostras**

As coletas das amostras de água de abastecimento foram realizadas conforme recomendação do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, o qual cita que o local de saída da água deve ser previamente limpo, devendo esta, escoar por tempo suficiente para eliminar possíveis conteúdos contaminantes (BRANDÃO *et al.*, 2011).

Sendo assim, para as análises microbiológicas foram utilizados frascos Schott estéril, para evitar contaminações. E para as demais análises, foram utilizados recipientes limpos, mas sem a necessidade da esterilização. O transporte das amostras foi realizado sob refrigeração, assim como a etapa de armazenamento até o momento dos ensaios.

#### 4.4 Análises físico-químicas e microbiológicas da água

Todas as análises (físico-químicas e microbiológica) foram realizadas utilizando a metodologia descrita no Standard Methods (APHA, 2005). Com relação as análises físico-químicas, sendo pH, turbidez, cor platina-cobalto, cloretos, DBO e DQO, foram realizadas no Laboratório de Águas e Efluentes da UTFPR, Campus Francisco Beltrão. Apenas a temperatura foi aferida no momento das coletas, *in loco*.

Já as análises microbiológicas foram realizadas seguindo o método de fermentação em tubos múltiplos, que determina o número mais provável (NMP) de coliformes em 100 mL de amostra de água, no Laboratório de Microbiologia da referida Universidade.

#### 4.5 Análises Estatística

Para a análise estatística dos resultados do presente trabalho acadêmico, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), considerado, por Perecin (2013) como o delineamento mais simples. Para que seja utilizado, é necessário que as condições ambientais sejam uniformes, pois, o único componente que deve sofrer variação de uma parcela para outra, são os tratamentos. Por ser um delineamento em um só bloco, é aplicado em experimentos realizados em laboratório, tendo em vista a maior facilidade de controle do ambiente (PERECIN, 2013).

Portanto, para o delineamento foram considerados dois fatores, o tipo e as condições. O tipo é caracterizado pelos pontos de coleta, ou seja, as nascentes e o poço, logo, foram dois tipos. E as condições são definidas como a quantidade de coletas a serem realizadas.

Ainda, foi utilizado o Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para a comparação dos fatores estudados e o Teste de Nemenyi, com nível de significância de 5 %, para comparação das médias. Estes foram realizados por meio do Software R-Studio (R CORE TEAM, 2019).

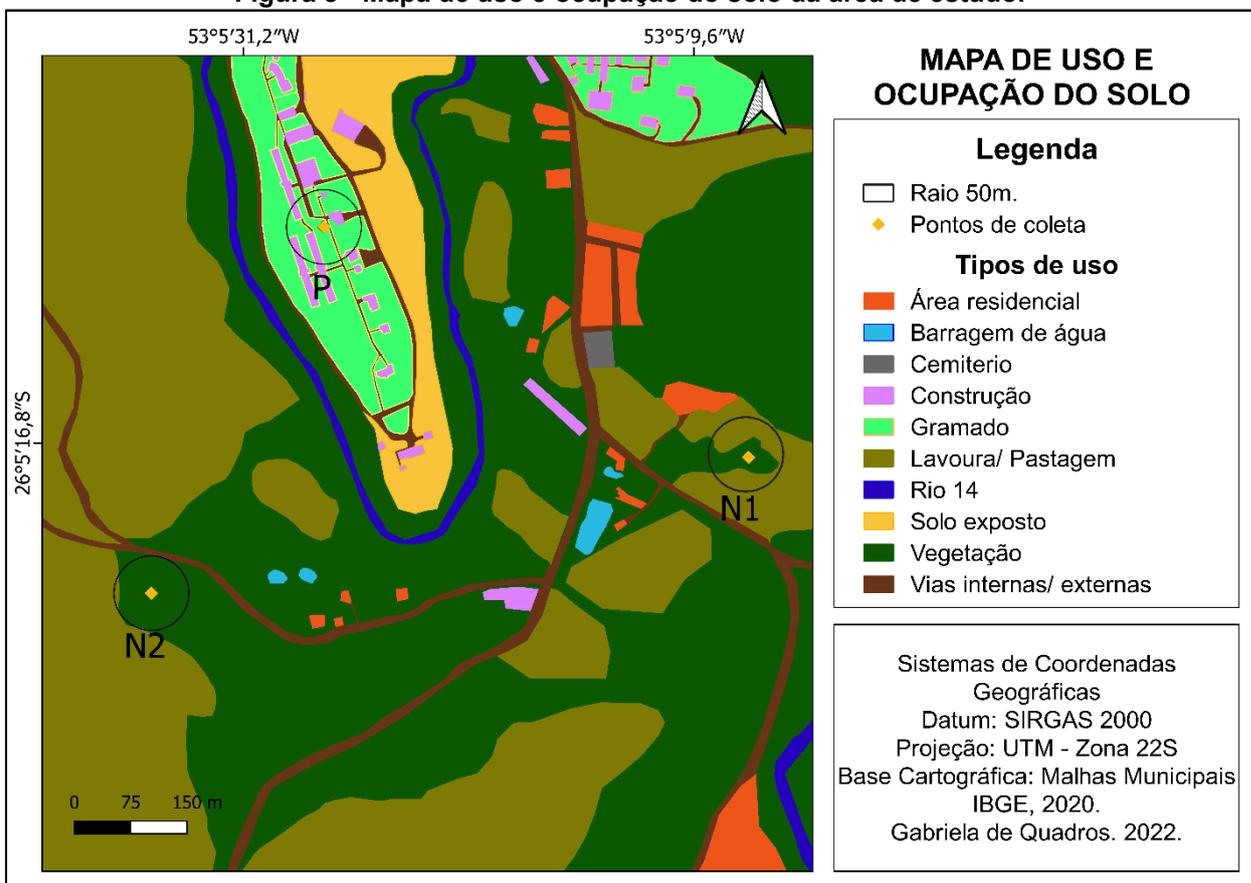
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do uso e ocupação do solo

A partir do mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo (Figura 8), nota-se predominância das vegetações, bem como de lavouras e pastagens. A pastagem é cultivada em área de lavoura durante a estação de inverno.

Ainda, o referido mapa apresenta áreas residenciais, construções, barragens de água (açudes), o cemitério da comunidade da Linha Santa Bárbara, as dependências da UTFPR e do Colégio Agrícola Estadual, assim como fragmentos do Rio 14 e as vias internas e externas.

Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2022).

No que se trata de legislação, a Lei n° 12.727 de 2012 descreve que deve haver um raio mínimo de 50m de área de preservação permanente (APP) em torno das nascentes e dos olhos d'água perenes, independente da sua situação topográfica (BRASIL, 2012). Assim, o único ponto que se aproxima do ideal descrito pela referida Lei é a Nascente 02, que possui um raio de APP próximo dos 50m.

As APPs são de suma importância para a preservação da biodiversidade local, visto que auxiliam no controle da erosão do solo, do assoreamento e da poluição dos cursos d'água, proporcionando boa infiltração e drenagem, contribuindo para a recarga dos aquíferos (SOL; PISSANTI, 2018).

A presença de pastagens próximas as nascentes podem favorecer a contaminação destas águas. Segundo Nascimento (2012), em áreas rurais, as águas subterrâneas, possuem um risco maior de contaminação pois, nestes locais há ocorrência de animais, como o gado, e conseqüentemente a deposição de resíduos orgânicos diretamente no solo.

Além das contaminações oriundas de dejetos, também é possível que haja contaminações provenientes das lavouras, devido as práticas da agricultura moderna, que envolvem a aplicação de pesticidas, herbicidas e fertilizantes, os quais podem resultar em altas cargas de nutrientes, contaminando não somente o solo, como a água devido ao escoamento superficial (FITTS, 2015).

Para Fitts (2015), o escoamento superficial ocorre em eventos de precipitação, com base no tipo de uso do solo, superfícies com maior impermeabilização tendem a apresentar uma menor taxa de infiltração, e seu oposto, respectivamente.

Em vista disto, a Tabela 1 apresenta as taxas de precipitação no período de uma semana anterior a data de coleta, sendo este o intervalo de tempo pré-determinado para que a precipitação seja um possível fator de interferência nos resultados das análises laboratoriais.

**Tabela 1 – Precipitação (mm) de uma semana antes da coleta.**

| <b>Coleta</b>             | <b>Seg.</b> | <b>Ter.</b> | <b>Qua.</b> | <b>Qui.</b> | <b>Sex.</b> | <b>Sáb.</b> | <b>Dom.</b> |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>22 a 28/05/2022</b>    | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,2         | 53,4        | <b>34,2</b> | 0,0         |
| <b>20 a 26/06/2022</b>    | 0,0         | 0,8         | 0,8         | 9,0         | 0,0         | 0,0         | <b>0,2</b>  |
| <b>04 a 10/07/2022</b>    | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | <b>0,0</b>  |
| <b>14 a 20/08/2022</b>    | 0,0         | 19,4        | 89,4        | 26,6        | 0,0         | <b>0,0</b>  | 0,0         |
| <b>04 a 10/09/2022</b>    | 2,2         | 7,6         | 18,8        | 0,0         | 0,0         | <b>0,0</b>  | 0,0         |
| <b>25/09 a 01/10/2022</b> | 0,2         | 2,8         | 46,4        | 1,6         | 0,2         | <b>3,0</b>  | 3,4         |

Número destacado em negrito indica a precipitação do dia da coleta.

Fonte: Adaptado de Manosso, *et al.* (2022).

## 5.2 Análise microbiológica da água

Quanto as análises microbiológicas, em 100% das amostras de água das nascentes (nascente 01 – não protegida e nascente 02 - protegida) apresentaram

resultado positivo para *Escherichia coli*, (Figura 9). Entretanto, no poço não foram detectadas a presença de tais microrganismos.

**Figura 9 – Resultado positivo para *Escherichia coli* em meio de cultura ágar eosina metil blue (Ágar EMB).**



Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com os resultados obtidos através das amostras (Tabela 2), as águas de ambas as nascentes estão em desacordo com o padrão de potabilidade definido pela Portaria nº 888 (BRASIL, 2021).

Para que estejam dentro dos padrões aceitáveis de potabilidade para o consumo humano, a água deve apresentar-se ausente de coliformes termotolerantes, sendo assim, neste caso, as águas das nascentes estão inadequadas para o consumo, sendo que sua utilização não pode ocorrer sem tratamento prévio.

**Tabela 2 - Determinação da presença de coliformes termotolerantes nas amostras.**

| Coleta          | Nascente 1            |     | Nascente 2            |      | Poço                  |      |
|-----------------|-----------------------|-----|-----------------------|------|-----------------------|------|
|                 | Nº de tubos positivos | NMP | Nº de tubos positivos | NMP  | Nº de tubos positivos | NMP  |
| <b>Maio</b>     | 10                    | >23 | 10                    | >23  | 0                     | <1,1 |
| <b>Junho</b>    | 7                     | 12  | 0                     | <1,1 | 0                     | <1,1 |
| <b>Julho</b>    | 4                     | 5,1 | 0                     | <1,1 | 0                     | <1,1 |
| <b>Agosto</b>   | 10                    | >23 | 4                     | 5,1  | 0                     | <1,1 |
| <b>Setembro</b> | 1                     | 1,1 | 0                     | <1,1 | 0                     | <1,1 |
| <b>Outubro</b>  | 7                     | 12  | 5                     | 6,9  | 0                     | <1,1 |

Fonte: Autoria própria (2022).

Já com relação as amostras coletadas no poço, obtiveram resultado negativo para coliformes totais e termotolerantes, indicando que, microbiologicamente, as águas do poço são próprias para o consumo, atendendo aos padrões de potabilidade exigidos pela legislação. Este fato evidencia a importância da desinfecção prévia da água, pois, no poço é realizado o processo de cloração da água por meio de pastilhas, que se mostrou eficaz na eliminação de possíveis microrganismos patogênicos.

A nascente que apresentou o maior NMP, que corresponde a uma estimativa da densidade das bactérias pesquisadas a partir da combinação de resultados positivos e negativos, foi a nascente 01, sendo que, um dos possíveis motivos da ocorrência deste resultado é a falta de proteção efetiva desta nascente, visto que, ao serem comparados com a nascente 02, protegida, seus valores de NMP são mais altos, indicando que há uma maior quantidade de microrganismos presentes em suas amostras.

Segundo CETESB (2020), a *E. coli*, principal espécie do grupo dos coliformes termotolerantes, é um microrganismo que possui origem exclusivamente fecal, presente em grandes densidades em dejetos humanos, de mamíferos e pássaros, raramente encontrada em água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal.

Os resultados obtidos indicam que a água das nascentes pode ter sido contaminada possivelmente por ação antrópica, devido ao manejo inadequado dos dejetos animais, considerando que as mesmas se encontram em área rural. De acordo com Cembranel *et al.*, (2019), a presença destes microrganismos está associada a presença de excrementos de animais, a falta de proteção da área onde se localiza a fonte como também ao grande recebimento de contribuição pluvial do seu entorno.

Desse modo, nota-se que em eventos de precipitação, os valores de NMP são maiores do que nas coletas onde houveram menores índices de precipitação (Tabela 1), ficando evidente a contribuição das chuvas na qualidade das águas amostradas, possivelmente devido ao escoamento superficial, que pode levar consigo sedimentos e contaminantes.

Ainda, em estudos realizados na área rural do município de Dois Vizinhos (PR), por Daneluz e Tessaro (2015), foram analisados um total de 90 amostras de nascentes e de poços rasos, sendo que em 38 amostras de água de nascente e em 26 amostras de água de poços rasos apresentaram coliformes termotolerantes, não atendendo aos padrões de qualidade.

Além destes, resultados positivos para coliformes totais e termotolerantes também foram relatados por Vicente (2021) em estudo realizado para averiguação da qualidade da água em seis poços artesianos da cidade de Peabiru (PR).

### 5.3 Análises físico-químicas da água

#### 5.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH das amostras das nascentes 01 (desprotegida), nascente 02 (protegida) e do poço, não apresentaram grande variação ao longo das seis coletas realizadas, estando todas as amostras dentro dos padrões previstos pela legislação, como pode ser observado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Resultados para o parâmetro pH.**

| <b>Coleta</b>   | <b>Nascente 1</b> | <b>Nascente 2</b> | <b>Poço</b> |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|
| <b>Mai</b>      | 7,0               | 6,6               | 7,8         |
| <b>Junho</b>    | 6,5               | 6,3               | 6,8         |
| <b>Julho</b>    | 6,5               | 6,4               | 7,2         |
| <b>Agosto</b>   | 6,1               | 5,9               | 7,0         |
| <b>Setembro</b> | 6,5               | 6,5               | 7,4         |
| <b>Outubro</b>  | 6,4               | 6,3               | 7,4         |

Fonte: Autoria própria (2022).

Os valores mais altos encontrados foram das amostras do poço. Entretanto, valor mínimo encontrado em uma das amostras (5,9) foi da nascente 02, abaixo do determinado na Portaria N° 888 (BRASIL, 2021), e na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

De acordo com Rocha e Zanella (2016), valores de pH abaixo de 6,0 podem estar associados com a decomposição da matéria orgânica presente nas amostras, pois, os índices de pH de águas subterrâneas, dependem das relações entre a matéria orgânica, as rochas, o ar, água e os seres vivos que a cerca (ALVES *et al.*, 2008). Sua alteração pode ter origem natural, por meio da dissolução de rochas e da fotossíntese, ou antropogênica oriunda de despejos domésticos e industriais (BRASIL, 2006).

Resultados semelhantes foram obtidos nos estudos Pasa (2020), em águas de nascentes de uma propriedade rural no município de Francisco Beltrão, onde os valores de pH não apresentaram grande variação ao longo do período das análises e estão dentro dos padrões previstos pela legislação.

Estatisticamente, o parâmetro pH apresentou variação significativa entre os pontos de coleta, onde o poço mostrou-se diferente quando comparado as nascentes 01 e 02, que segundo o teste de Kruskal-Wallis, com nível de 5% de significância, apresentaram resultados iguais, conforme Tabela 10, do apêndice B.

### 5.3.2 Temperatura

As variações de temperatura ocorrem naturalmente, sendo parte do regime climático normal, apresentando variações sazonais e diurnas, são influenciadas por fatores como a estação do ano, período do dia (insolação) e profundidade de onde se encontram (CETESB, 2020). A Tabela 4 apresenta os índices de variação de temperatura obtidos em cada ponto de coleta das amostras.

**Tabela 4 - Resultados para o parâmetro temperatura.**

| <b>Coleta</b>   | <b>Nascente 1<br/>(°C)</b> | <b>Nascente 2<br/>(°C)</b> | <b>Poço<br/>(°C)</b> | <b>Temperatura<br/>ambiente (°C)</b> |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| <b>Maio</b>     | 17,4                       | 17,6                       | 17,4                 | 18,0                                 |
| <b>Junho</b>    | 19,7                       | 20,4                       | 19,9                 | 20,5                                 |
| <b>Julho</b>    | 19,6                       | 20,1                       | 19,7                 | 20,7                                 |
| <b>Agosto</b>   | 18,4                       | 18,6                       | 17,4                 | 19,8                                 |
| <b>Setembro</b> | 19,8                       | 20,4                       | 20,2                 | 19,7                                 |
| <b>Outubro</b>  | 19,9                       | 20,4                       | 20,5                 | 24,0                                 |

**Fonte: Autoria própria (2022).**

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, para o parâmetro temperatura os pontos de coleta são estatisticamente iguais. No entanto, existe uma variação significativa quando as médias são comparadas em relação aos meses de coleta, conforme o teste de Nemenyi com 5% de significância.

Quanto a legislação, não há um limite de temperatura definido para as águas destinadas ao consumo, contudo, a Resolução Conama nº 357/05, define a temperatura como um parâmetro utilizado para avaliar a qualidade da água (CONAMA, 2005).

Águas subterrâneas apresentam baixas variações entre 1 a 2° C, independente da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos (COSTA, 2015).

Neste caso, observa-se que as temperaturas das amostras não obtiveram tanta variação em relação a temperatura ambiente no dia da coleta. De modo geral, a

temperatura da água varia entre 0 °C a 30 °C, levando em consideração o regime climático e a estação do ano de cada região (SPERLING, 2005).

Libânio (2010), cita que a variação da temperatura da água em países tropicais, é praticamente restrita ao intervalo de 20 a 25 °C, e que os padrões de potabilidade brasileiro e da Organização Mundial da Saúde (OMS) não estabelecem temperatura máxima para água de consumo, mas limitam em 15 °C no padrão canadense e americano.

Daneluz e Tessaro (2015) destacam a importância deste parâmetro, visto que, a temperatura interfere nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas, bem como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais na água.

### 5.3.3 Cor

A cor é um parâmetro importante da qualidade química e biológica da água, perceptível aos olhos e ao paladar, interferindo no consumo humano (SCHIMITZ, 2017). Deste modo, a Tabela 5 apresenta os valores referentes as análises de cor de cada amostra.

**Tabela 5 - Resultados para o parâmetro cor.**

| <b>Coleta</b>   | <b>Nascente 1<br/>(mg Pt Co/L)</b> | <b>Nascente 2<br/>(mg Pt Co/L)</b> | <b>Poço<br/>(mg PtCo /L)</b> |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| <b>Maio</b>     | 20,2                               | 15,3                               | 3,1                          |
| <b>Junho</b>    | 3,7                                | 1,9                                | 1,3                          |
| <b>Julho</b>    | 2,5                                | 1,3                                | 0,0                          |
| <b>Agosto</b>   | 6,1                                | 4,9                                | 3,1                          |
| <b>Setembro</b> | 1,9                                | 1,3                                | 0,0                          |
| <b>Outubro</b>  | 1,3                                | 2,5                                | 0,7                          |

**Fonte: Autoria própria (2022).**

No presente caso, todas as amostras de água do poço encontraram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, tanto pela Portaria N° 888 de 2021 (15 mg Pt-Co/L), como pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005 (75 mg Pt Co/L). O mesmo ocorreu com 83% das amostras das nascentes 01 e 02, visto que na primeira coleta, os valores ultrapassaram os 15 uC (CONAMA, 2005; BRASIL, 2021).

Considerando as análises estatísticas, conforme teste de Kruskal-Wallis e de Nemenyi, para as análises de cor, os pontos de coleta são estatisticamente iguais. No entanto, existe uma variação significativa na comparação das médias em relação aos meses de coleta, especificamente o mês de maio, que se diferencia dos demais meses.

A cor da água é oriunda da reflexão da luz em partículas, denominadas coloides. Quando a cor se manifesta em águas subterrâneas, via de regra é resultado da presença de compostos de ferro e manganês (LIBÂNIO, 2010).

Libânio (2010) explica ainda que os compostos orgânicos que conferem cor às águas naturais são provenientes basicamente, da decomposição de matéria orgânica vegetal, do metabolismo de microrganismos presentes no solo e de atividades antrópicas, como, descargas de efluentes domésticos ou industriais, lixiviação de vias urbanas e solos agriculturáveis.

Sendo assim, esta alteração obtida nos primeiros dados de cada uma das nascentes pode ser explicada devido a precipitação ocorrida no dia da coleta, conforme a Tabela 1, de 34,2 mm, evidenciando a influência do clima no lençol freático.

Nos estudos de Schimitz (2017), realizados em fontes de água no sudoeste do Paraná, resultados semelhantes foram obtidos, onde após períodos de precipitação, as águas de nascentes apresentaram seus parâmetros de cor alterados.

#### 5.3.4 Turbidez

A turbidez é gerada por sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, como algas e bactérias, que dispersam e absorvem a luz impedindo a passagem da mesma (CETESB, 2020). A seguir, estão descritos na Tabela 6, os dados pertencentes ao parâmetro turbidez.

**Tabela 6 - Resultados para o parâmetro turbidez.**

| <b>Coleta</b>   | <b>Nascente 1<br/>(NTU)</b> | <b>Nascente 2<br/>(NTU)</b> | <b>Poço<br/>(NTU)</b> |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>Maio</b>     | 16,9                        | 12,4                        | 9,7                   |
| <b>Junho</b>    | 10,1                        | 10,4                        | 10,0                  |
| <b>Julho</b>    | 10,7                        | 10,1                        | 9,3                   |
| <b>Agosto</b>   | 11,1                        | 11,3                        | 10,1                  |
| <b>Setembro</b> | 10,3                        | 10,5                        | 9,8                   |
| <b>Outubro</b>  | 11,0                        | 11,0                        | 10,0                  |

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Os índices de turbidez de todas as amostras de água estão em desacordo com o previsto na Portaria do Ministério da Saúde Nº 888 de maio de 2021, que estabelece o limite máximo de 5 uT (BRASIL, 2021).

O valor mais elevado de turbidez foi obtido na nascente 01 na primeira coleta (16,9 NTU), momento onde houveram ocorrências de precipitação (Tabela 1), podendo

explicar os resultados extremos. Ainda, a turbidez pode estar relacionada ao fato de a água estar estagnada dentro dos reservatórios da proteção das nascentes, e a possível presença de argilas, algas e microrganismos (SCHIMITZ, 2017).

Bahia *et al.* (2010) destacam em seu trabalho que os valores da turbidez em águas subterrâneas mostram-se maiores na época de chuva, quando comparados a estação de seca. E que a presença de elevados valores na turbidez de águas subterrâneas, pode estar relacionado ao desenvolvimento deficiente de poços no momento da sua construção ou por atividades antrópicas.

Os resultados estatísticos para o parâmetro turbidez apresentaram variação significativa entre os pontos de coleta, onde o poço mostrou-se diferente quando comparado a ambas as nascentes, que apresentaram resultados estatisticamente iguais, conforme Tabela 12, do apêndice B.

### 5.3.5 Cloretos

As análises para determinação do teor de cloretos existentes nas amostras mostraram-se importantes para analisar a qualidade da água, haja visto que altos teores deste componente indicam poluição oriunda de resíduos industriais ou esgotos domésticos (SOUSA, 2017). Na Tabela 7 foram expostos os valores obtidos para o teor de cloretos nas amostras.

**Tabela 7 - Resultados para o parâmetro cloretos.**

| <b>Coleta</b>   | <b>Nascente 1<br/>(Cl<sup>-</sup>/L)</b> | <b>Nascente 2<br/>(Cl<sup>-</sup>/L)</b> | <b>Poço<br/>(Cl<sup>-</sup>/L)</b> |
|-----------------|--|--|------------------------------------|
| <b>Maio</b>     | 11,5                                     | 10,7                                     | 12,1                               |
| <b>Junho</b>    | 11,0                                     | 10,3                                     | 11,2                               |
| <b>Julho</b>    | 8,6                                      | 9,5                                      | 9,9                                |
| <b>Agosto</b>   | 9,2                                      | 9,8                                      | 9,2                                |
| <b>Setembro</b> | 11,1                                     | 11,4                                     | 11,5                               |
| <b>Outubro</b>  | 11,1                                     | 9,9                                      | 10,9                               |

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Em águas subterrâneas, o íon Cl<sup>-</sup> tem origem da percolação da água através de solos e rochas. Sua concentração em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor salgado na água. Também, influi nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (CETESB, 2020).

Ainda, de acordo com CETESB (2020), concentrações acima de 250 mg/L causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados. No entanto, os consumidores podem acabar por se acostumarem com elevadas concentrações.

A Portaria Nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo de 250 mg/L de cloreto na água potável como padrão de aceitação de consumo (BRASIL, 2021), diante disso, todas as amostras analisadas apresentaram-se em conformidade com a legislação.

É possível verificar que o regime de chuvas durante as coletas não interferiu significativamente para os resultados das análises de cloretos, mas notam-se valores mais baixos durante o mês de julho, onde não houve a ocorrência de precipitação antes do dia da coleta, conforme descrito na Tabela 1.

Em seu trabalho, Sousa (2017) cita que em águas naturais de ambientes lênticos da região Nordeste, ou seja, locais onde as águas apresentam pouco ou nenhum fluxo, como lagos e reservatórios, o aumento da concentração de cloretos é comum, devido ao alto índice de evaporação e da curta temporada de precipitação chuvosa.

Este fato acaba por confirmar os resultados obtidos, visto que, as chuvas no município de Francisco Beltrão são frequentes, ocasionando na movimentação das águas, tanto superficiais como subterrâneas, acarretando em baixas concentrações de cloretos em água.

Ainda, ao serem estatisticamente analisados, os resultados para a análise, referentes aos pontos de coleta mostraram-se iguais, porém, apresentaram uma variação significativa quando as médias foram comparadas em relação aos meses de coleta, como descrito na Tabela 13, do apêndice B.

#### 5.3.6 Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização da água, pois, visa medir a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico (CETESB, 2020). A tabela 8 demonstra os resultados obtidos nas análises de DQO.

Tabela 8 - Resultados para o parâmetro DQO.

| <b>Coleta</b>   | <b>Nascente 01<br/>(mgO<sub>2</sub>/L)</b> | <b>Nascente 02<br/>(mgO<sub>2</sub>/L)</b> | <b>Poço<br/>(mgO<sub>2</sub>/L)</b> |
|-----------------|--|--|-------------------------------------|
| <b>Maio</b>     | 1,3  | 2,8  | 32,4                                |
| <b>Junho</b>    | 31,9                                       | 44,3                                       | 13,2                                |
| <b>Julho</b>    | 26,6                                       | 29,0                                       | 33,8                                |
| <b>Agosto</b>   | 0,18                                       | 1,4  | 0,78                                |
| <b>Setembro</b> | 0,00                                       | 0,00                                       | 0,00                                |
| <b>Outubro</b>  | 0,00                                       | 0,00                                       | 0,00                                |

Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com as análises estatísticas para o parâmetro, as amostras de água das nascentes e do poço não obtiveram variação significativa, ou seja, são estatisticamente iguais.

No entanto, quando as médias são comparadas conforme os meses, existe uma variação significativa entre os meses de agosto, setembro e outubro com os demais, conforme expresso na Tabela 15, do apêndice B.

Ainda, a respeito das legislações federais, estas não fazem referência ao parâmetro, no entanto, em águas subterrâneas, CETESB (2020) cita que comumente os valores se situam na faixa de 1 a 5 mg/L de O<sub>2</sub>, sendo os valores acima de 10 mg/L um indicativo de poluição.

Conforme a tabela 8, é possível notar que os índices mais altos ocorreram nos meses de junho e julho, onde os dados de precipitação, conforme a Tabela 1, foram os mais baixos registrados durante o período de coletas. O contrário ocorreu nos meses de setembro e outubro, onde houveram os maiores índices pluviométricos nos dias próximos a coleta e os menores resultados, demonstrando a influência das precipitações nas análises.

No trabalho de Silva (2019), o comportamento da DQO foi bastante semelhante, pois suas concentrações apresentaram quedas consideráveis nos dias chuvosos. Como a DQO retrata o teor de matéria orgânica nos corpos de água, é um indicador do potencial consumo do oxigênio dissolvido, deste modo, quanto maior a DQO, maior o teor de oxigênio dissolvido na água e maior o grau de poluição da mesma.

Nas ocorrências de precipitação, as águas tendem a movimentar-se mais, carregando consigo sedimentos e resíduos presentes no solo, como os dejetos de animais. Quando há estiagem, as águas tendem a movimentar-se menos e evaporar mais, concentrando os possíveis poluentes na água, assim, os valores de DQO tendem

a aumentar, e quando há ocorrência de chuvas estes são diluídos, acarretando em valores mais baixos de DQO (SILVA, 2019).

Nota-se que, mesmo que as águas do poço estejam mais protegidas do que as águas das nascentes, em relação a efetividade do solo de filtrar naturalmente os microrganismos, podem haver ainda compostos orgânicos em suspensão e dissolvidos no solo, que são facilmente carregados, contaminando as águas.

Assim, fica evidente que a falta de proteção das nascentes, interfere significativamente na qualidade de suas águas, que podem estar apresentando uma baixa qualidade por não possuírem uma forma de proteção efetiva.

### 5.3.7 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO indica a intensidade do consumo de oxigênio necessário para as bactérias na estabilização da matéria orgânica carbonácea, acabando por também indicar a concentração do carbono biodegradável (LIBÂNIO, 2010). Os teores obtidos por meio das análises estão dispostos na tabela 9, a seguir.

**Tabela 9 - Resultados para o parâmetro DBO.**

| <b>Coleta</b>   | <b>Nascente 01<br/>(mgO<sub>2</sub>/L)</b> | <b>Nascente 02<br/>(mgO<sub>2</sub>/L)</b> | <b>Poço<br/>(mgO<sub>2</sub>/L)</b> |
|-----------------|--|--|-------------------------------------|
| <b>Maio</b>     | 0,00                                       | 0,00                                       | 0,57                                |
| <b>Junho</b>    | 0,57                                       | 0,56                                       | 0,21                                |
| <b>Julho</b>    | 0,54                                       | 0,55                                       | 0,28                                |
| <b>Agosto</b>   | 0,00                                       | 0,00                                       | 0,00                                |
| <b>Setembro</b> | 0,00                                       | 0,00                                       | 0,00                                |
| <b>Outubro</b>  | 0,00                                       | 0,00                                       | 0,00                                |

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Nos meses de agosto, setembro e outubro as análises de DBO não puderam ser realizadas, visto que, a DBO é diretamente ligada a DQO. A diferença entre eles está no tipo de matéria orgânica estabilizada, enquanto a DBO se refere exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos microrganismos, a DQO engloba também a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim sendo, o valor da DQO é sempre superior ao da DBO (BRASIL, 2006).

Portanto, para os meses de agosto, setembro e outubro, assim como para as nascentes 01 e 02 no mês de maio, os valores de DBO foram zero, pois os valores de DQO para estes momentos foram consideravelmente baixos, e para que fosse possível realizar a análise, seriam necessários volumes muito grandes de amostra, para um

resultado muito baixo de DBO, ou seja, considerou-se que as amostras continham pouquíssima matéria orgânica, muito próximo de zero.

A grande variação entre a relação DQO/ DBO indica que parte do material tratado provavelmente não é biodegradável, ou seja, é a parcela de matéria orgânica pouco suscetível à decomposição por microrganismos, nas condições ambientais ou em condições pré-estabelecidas (CETESB, 2020).

Resultados muito parecidos foram encontrados nos estudos de Fineza (2008), onde foram analisados cinco poços de monitoramento, no período de agosto de 2007 a março de 2008, abrangendo os momentos de estiagem e de chuvas. Seus resultados indicaram poluição com material orgânico de mais difícil biodegradabilidade, ou em estágios iniciais de degradação, indicado pelas elevadas relações DQO / DBO.

Neste caso, como a área de estudo é a comunidade rural da Linha Santa Bárbara, é provável que tais resultados tenham ocorrido devido ao uso e ocupação do solo local, onde há predominância de pastagens e lavouras, potenciais contaminantes devido a criação de animais, bem como, a possível utilização de pesticidas e fertilizantes para os cultivos anuais, no entanto, somente seria possível afirmar este fato se houver um monitoramento durante um período de tempo maior, de um ano ou mais, para avaliar se estas alterações são recorrentes.

Segundo Brasil (2006), em ambientes naturais não poluídos, a concentração de DBO é de 1 mg/L a 10 mg/L, podendo atingir valores bem mais elevados em corpos d'água sujeitos à poluição orgânica, está em geral decorrente do recebimento de esgotos domésticos ou de criatórios de animais (BRASIL, 2006).

Ainda, a Resolução CONAMA nº 357/05 indica que, em águas doces de classe 1 ou de classe especial, a DBO 5 dias em temperatura constante de 20°C deve ser de até 3mg/L O<sub>2</sub>, ou seja, o parâmetro encontra-se em conformidade com a legislação (CONAMA, 2005).

Como a DBO possui uma relação direta com a DQO, o regime pluviométrico também influi nos resultados, visto que, os meses em que foi possível a realização da análise, foram os meses de menor precipitação, conforme descrito nos gráficos do Apêndice A.

Os presentes resultados também conferem com os de Oliveira *et al.* (2020), onde com as médias de DBO, considerando dias secos e chuvosos, pôde-se concluir que em dias de maior precipitação, a concentração da DBO se apresentou menor que a média dos dias secos.

Para o parâmetro DBO, não foi possível a realização das análises estatísticas, visto que, para os testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi, é necessário que a DBO fosse realizada todos os meses, o que, como já exposto, não foi possível.

#### **5.4 Recomendações para o tratamento da água de abastecimento rural**

A desinfecção da água tem sido praticada a milênios, e é indispensável para o controle sanitário. Conforme a Resolução CONAMA N°357 de 2005, a desinfecção consiste na remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos (CONAMA, 2005).

Atualmente, o processo de desinfecção mais aplicado é o que emprega o cloro ou produtos à base de cloro como agentes desinfetantes, tendo em vista o seu êxito, a fácil acessibilidade e custo razoável (BRASIL, 2014).

Estes possuem alta capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica, ação germicida de amplo espectro e boa persistência nos sistemas de distribuição, pois apresenta propriedade residual e pode ser medido facilmente e monitorado nas redes de distribuição (BRASIL, 2014).

Ainda, a Portaria N° 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, estabelece a obrigatoriedade de manutenção de no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatórios e rede) (BRASIL, 2021).

Nesse contexto, o Plano Nacional de Saneamento Rural, aborta a matriz tecnológica e requisitos de soluções individuais para o abastecimento de água, identificando o tratamento mais apropriado de acordo com a forma de captação (BRASIL, 2019).

Para a desinfecção da água existem diferentes equipamentos para dosagem do cloro, desde os mais simples até os mais sofisticados, como as bombas dosadoras elétricas de diafragmas e de pistão, hidro ejetores a vácuo, dosadores de nível constante, clorador de pastilha, geradores de hipoclorito, sistemas automatizados, sendo todos confiáveis (BRASIL, 2014).

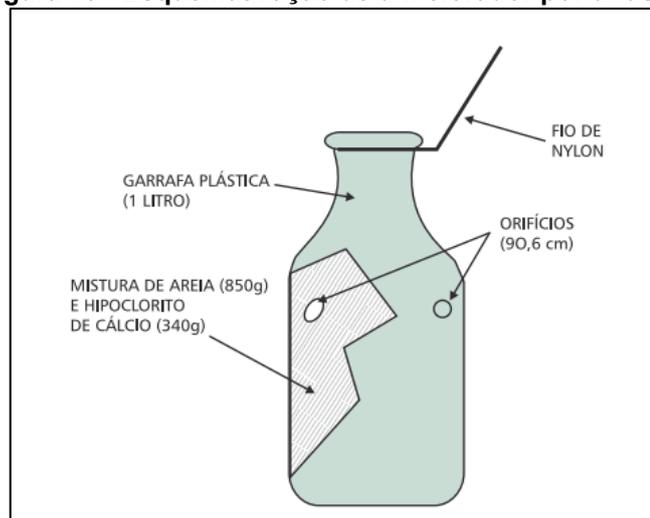
A escolha do processo de desinfecção é responsabilidade do gestor do abastecimento, que deverá escolher de tal modo que o processo seja econômico, eficaz, confiável e permanente. No caso de pequenas comunidades rurais, existem algumas soluções simplificadas para a desinfecção de águas de pequenas instalações e em domicílios (BRASIL, 2006).

#### 5.4.1 Clorador por difusão

Consiste um equipamento para dosagem de cloro, instalado no interior de poços rasos, reservatórios públicos ou domiciliares, com a função liberar cloro em concentrações homogêneas, mantendo um teor residual até o término de sua vida útil (BRASIL, 2006).

O difusor constitui-se de um recipiente contendo uma mistura de areia com hipoclorito de cálcio, a areia tem a função de facilitar a liberação lenta do cloro para a água. Materiais como garrafas, bambu, casca de coco, entre outros, podem ser utilizados como recipiente, conforme Figura 10. (BRASIL, 2006).

**Figura 10 - Esquematização de um clorador por difusão.**



Fonte: Brasil (2006).

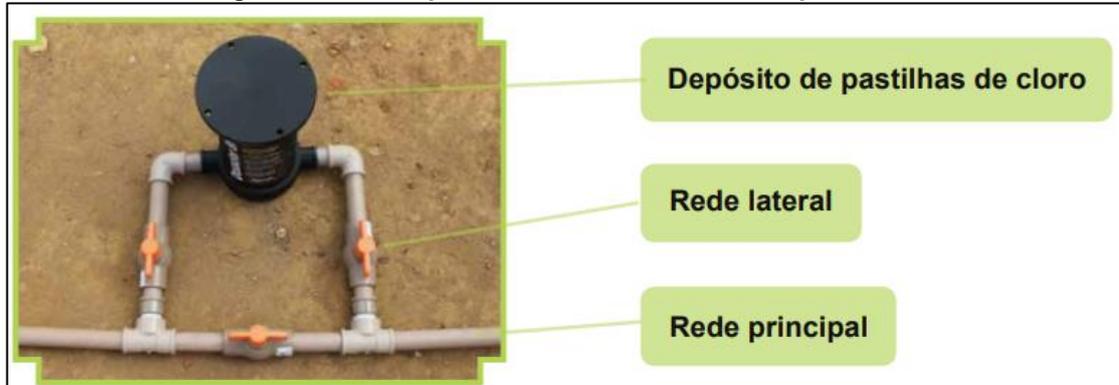
Para cada litro de água, são utilizados 340g de hipoclorito de cálcio em pó e 850g de areia lavada. São feitas duas perfurações diametralmente opostas de 0,6 cm de diâmetro, a 10 cm abaixo do gargalo, para promover o contato entre o desinfetante e a massa líquida. Essa mistura é suficiente para a desinfecção de um volume de até 2 mil litros de água. Contudo, em função do volume do reservatório ou da vazão de recalque do poço, haverá necessidade do emprego de mais de uma unidade (BRASIL, 2006).

#### 5.4.2 Clorador de pastilhas

O clorador de pastilhas é composto de tubo externo com cap rosqueável e orifícios de entrada e saída de água, tubo perfurado, espaçadores de apoio e intermediário. O

cloro residual é conferido à água por meio do fenômeno de progressiva abrasão das pastilhas. (BRASIL, 2006). A figura 11 apresenta um clorador de pastilhas.

**Figura 11 – Exemplificação de um clorador de pastilhas.**



**Fonte: Otenio, et al. (2014).**

Além disso, as pastilhas possuem grande praticidade de aplicação na purificação de água, pois são fáceis de carregar e basta acrescentar 1 tablete em 1 litro de água e esperar agir por 15 a 30 minutos. Portanto, as vantagens da aplicação deste tratamento da água em propriedades rurais são (OTENIO, et al., 2014):

- Eliminação de agentes patogênicos existentes na água;
- Prevenção de doenças veiculadas pela água;
- Melhoria da segurança da água para o consumo;
- Baixo custo de montagem e manutenção;
- Fácil instalação e funcionamento pelo próprio usuário;
- Fácil encontrar peças no mercado;

#### 5.4.3 Utilização de Hipoclorito de sódio

A utilização do hipoclorito de sódio é a forma mais comum para eliminar as bactérias da água, diminuindo riscos para a saúde. O hipoclorito é ótimo para desinfetar a água, tornando-a segura para beber, e é facilmente encontrado na água sanitária, que contém entre 2 e 2,5% de hipoclorito de sódio. Deve-se usar apenas 2 gotas para purificar 1 litro de água, e deixar agir por 15 a 30 minutos antes do consumo (BRASIL, 2006).

#### 5.4.4 Utilização de Iodo

De acordo com Brasil (2006), no emprego do iodo como desinfetante são utilizadas 20 gotas de tintura de iodo a 8% em 20 litros de água, em seguida, este é completado com a água a ser tratada, e é deixado em repouso por uma hora. Após, 20 gotas de uma solução de hipossulfito de sódio são adicionadas, agitadas e mantidas em repouso por mais uma hora.

A solução de hipossulfito visa neutralizar o excesso de iodo que ainda se encontra na água, após o primeiro período de repouso. Se as 20 gotas da solução de iodo não produziram uma tonalidade amarelada na água, significa que esta se encontra altamente contaminada, sendo necessária, portanto, uma quantidade adicional de desinfetante (BRASIL, 2006).

Nesse caso, deve-se adicionar uma gota de tintura de iodo e agitar a mistura, sucessivamente, até que se obtenha uma tonalidade amarelada. O Iodo é facilmente encontrado em farmácias, e seu uso não é indicado para mulheres grávidas, pessoas com doenças da tireoide ou que usem medicamentos à base de lítio, pois pode ser prejudicial, nestes casos (BRASIL, 2006).

#### 5.4.5 Utilização de filtros

A utilização de filtros domésticos tem como função a retenção de partículas em suspensão, que causam cor e turbidez, além de retirar significativamente os microrganismos presentes na água (CARTAXO, *et al.*, 2019).

Bellingieri (2004) destaca a difusão dos filtros de barro e como colaboraram com a saúde pública, pois possuem uma câmara de filtração feita de velas de cerâmica, muito eficazes na retenção de cloro, pesticidas, ferro e alumínio. Atualmente, os filtros são compostos por dois recipientes, sendo que a filtração ocorre por gravidade (Figura 12).

**Figura 12 - filtro de água de cerâmica.**



**Fonte: Cartaxo, et al. (2019).**

No compartimento superior está inserido a vela, também é o local onde deposita-se a água a ser tratada, que passa pela vela e goteja no recipiente inferior, onde fica armazenada a água para o consumo. A vela de cerâmica constitui-se de uma peça de forma cilíndrica de 18 cm de altura, oca, com paredes filtrantes em material cerâmico poroso (CARTAXO, *et al.*, 2019).

Ainda, Cartaxo, *et al.* (2019), destacam que o Brasil é considerado o produtor do melhor filtro de barro do mundo. Sendo que estes filtros possuem vantagens como a não necessidade de instalações elétrica ou hidráulicas, e conseguem manter a água sempre fresca devido as suas paredes porosas, que permitem que as moléculas de água mais quentes de dentro do filtro passem para o lado externo, e no processo de evaporação se resfriam, ocorrendo troca calor de dentro e fora do filtro, resfriando a água (DIAS, 2008).

## 6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nas análises físico-químicas pode-se observar que algumas das análises atenderam ao especificado na legislação, como o caso dos índices de pH, cor, cloretos, DBO e temperatura, ainda que para esta não haja um limite definido, suas variações ocorreram dentro do esperado.

Para os demais parâmetros físico-químicos, como nos casos da turbidez e DQO, os resultados obtidos ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação. Do mesmo modo, para a análise microbiológica das nascentes 01 e 02, que se apresentaram em desacordo com o padrão de potabilidade definido pela Portaria do Ministério da Saúde N° 888 de 2021 (BRASIL, 2021).

Assim, torna-se evidente a influência antrópica na alteração da qualidade das águas, haja visto a predominância da ocupação de lavouras, pastagens e vegetação no solo local, e a falta de proteção efetiva das nascentes. Ainda, ressalta-se as interferências climáticas, como a precipitação, que também influenciaram na qualidade da água.

Com isso, recomenda-se que as águas passem por um processo de desinfecção ou de cloração e sejam monitoradas, para que atendam a Portaria N° 888, de 04 de maio de 2021, apresentando-se aptas para o consumo humano (BRASIL, 2021).

Destacasse-se também a importância das ações de educação ambiental, relacionadas a qualidade da água consumida e a proteção das principais fontes de abastecimento, para que assim os problemas sanitários rurais sejam minimizados, despertando o interesse pela mudança para um ambiente mais seguro e preservado.

## REFERÊNCIAS

- ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas) **Águas Subterrâneas. O que são?** 2022. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/#ind21>. Acesso em: 08 jun. 2022.
- ALVES, E. C. *et al.* Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum. Tecnologia**, v. 30, n. 1, pág. 39-48, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i1.3199>. Acesso em: 11 out. 2022.
- ANA (Agência Nacional De Águas). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília. 126 p. 2007. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DO\\_ENQUADRAMENTO.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf). Acesso em: 09 abr. 2022.
- APHA. (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Washington. 21 ed. 2671 p. 2005.
- BAHIA, V. E., *et al.* Avaliação hidro geoquímica dos recursos hídricos na área de abrangência do parque estadual do Utinga–Belém (PA). **Águas subterrâneas**, 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22928>. Acesso em: 14 out. 2022.
- BRANDÃO, C. J. *et al.* **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas.** Brasília. 326 p. 2011. Disponível em: <http://dspace.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2211>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa.** Brasília. 2014. 36 p. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf). Acesso em: 15 nov. 2022.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4. ed. Brasília. 2013. 150 p. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf). Acesso em: 23 abr. 2022.
- BRASIL. Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012a. **Diário Oficial da União.** Brasília, 2012. Seção 1, p.1.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural.** Brasília, 260 p. 2019. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL\\_PNSR\\_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb). Acesso em: 05 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/ MS nº 888 de 04 de maio de 2021. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. Brasília. 86 p. 2007. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao\\_sanitaria\\_abastecimento\\_agua.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf). Acesso em: 09 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília. 212 p. 2006. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf). Acesso em: 22 fev. 2022.

BELLINGIERI, J. C. **Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do filtro de água em São Paulo**. Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material, v. 12, n. 1, p. 161-191, 2004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/anaismp/article/view/5407>. Acesso em: 17 nov. 2022.

CALHEIROS, R. O. *et al.* Preservação e recuperação das nascentes. **Piracicaba: Comitê das Bacias hidrográficas dos rios PCJ-CTRN**. 53 p. 2004. Disponível em: <http://saf.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/CartilhaNascentes.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

CAPUCCI, E. *et al.* **Poços Tubulares e outras captações de águas subterrâneas – orientação aos usuários**. Rio de Janeiro, Brasil: SEMADS, SEINPE. 70 p. 2001. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3924?show=full>. Acesso em: 09 abr. 2022.

CARVALHO, D. F. **Manejo e Conservação do solo e da água**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

CARVALHO, M. R. *et al.* **Importância das análises físico-químicas nos recursos hídricos de Araguaína**. Instituto Federal do Tocantins. 9ª Jornada de iniciação científica e extensão. Palmas. 2018. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/9jice/paper/view/9175>. Acesso em: 10 jun. 2022.

CEMBRANEL, A. S. *et al.* Qualidade ambiental de nascente em área urbana. **Tecnologia e Ambiente**, v. 25, p. 145-159, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/tecnoambiente/article/view/4589>. Acesso em: 11 out. 2022.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 11 out. 2022.

CARTAXO, A. S. B. *et al.* Eficiência da filtração doméstica na remoção de cor e turbidez presentes em água superficial. Anais I CONIMAS. Campina Grande: **Realize Editora**, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63488>. Acesso em: 17 nov. 2022.

CHAVES, H. M. L.; ALBUQUERQUE, A. C. L.; MATTOS, I. Impactos da variabilidade e das mudanças climáticas sobre a recarga da água subterrânea em bacias com dados escassos. **Águas Subterrâneas**, 17 p. 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22870>. Acesso em: 23 abr. 2022.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, II SSA, v. 2, p. 11-14, 2009. Disponível em: [http://bjft.ital.sp.gov.br/especiais/especial\\_2009/v11\\_edesp\\_03.pdf](http://bjft.ital.sp.gov.br/especiais/especial_2009/v11_edesp_03.pdf). Acesso em: 09 abr. 2022.

CONAMA (Conselho Nacional Do Meio Ambiente). Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008. Ministério Do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**. Brasília. 2008.

CONAMA (Conselho Nacional Do Meio Ambiente). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Ministério Do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**. Brasília. 2005.

COSTA, A. G. **Sistemas de abastecimento de água**. Ministério do Meio Ambiente. Fortaleza. 2015.

DANELUZ, D.; TESSARO, D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 82, p. 01-05, 2015. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/704>. Acesso em: 11 out. 2022.

DEDECEK, R. A. Fatores de Erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. 08 p. 1988. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/303928/1/FatoresErosividade0001.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2022.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. Oficina de Textos. São Paulo. 5 ed. 2017. Disponível em: <https://www.livrebooks.com.br/livros/introducao-ao-control-de-poluicao-ambiental-jose-carlos-derisio-dw-pdaaaqbaj/baixar-ebook>. Acesso em: 22 fev. 2022.

DIAS, T. A tradição e o frescor da cerâmica. **Revista e portal meio filtrante**, ano VI, edição n. 30, 2008. Disponível em: <https://www.meiofiltrante.com.br/Edicao/30/janeirofevereiro-de-2008>. Acesso em: 17 nov. 2022.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro. 306p. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/338818>. Acesso em: 23 jun. 2022.

FINEZA, A. G. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de tabuleiro-MG**. Universidade Federal de Viçosa. 63 p. 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3746>. Acesso em: 16 nov. 2022.

FITTS, C. R. **Águas subterrâneas**. Revisão técnica: Ribeiro Barison. Rio de Janeiro. 2 ed. 551 p. 2015.

FRANCISCO BELTRÃO. Dados Geofísicos. Plano Diretor. 2017. Disponível em: <https://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/o-municipio/plano-diretor/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALVES, V. G. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo. 40 p. 2005. Disponível em: <https://www.abas.org/arquivos/aguasf.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

GOMES, M. A. F. Uso agrícola das áreas de afloramento do aquífero Guarani no Brasil: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. Brasília. **Embrapa Informação Tecnológica**. Jaguariúna. 417 p. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15642/1/2008OL04.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

GONÇALVES, M. S. *et al.* **Nascentes riscos e impactos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 26 p. 2020. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5200/2/educacaoeparticipacaosolical\\_pr\\_odo.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5200/2/educacaoeparticipacaosolical_pr_odo.pdf). Acesso em: 16 nov. 2022.

HOLLAS, C. E. **Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento na zona rural do Município de Francisco Beltrão-Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 165 p. 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11506>. Acesso em: 12 abr. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/francisco-beltrao.html>. Acesso em: 22 abr. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2022. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 21 fev. 2022.

LEAL, J.T.C.P. **Água para consumo na propriedade rural**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2012. 18 p. Disponível em: [https://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/DETEC\\_Ambientalcartilha%20%C3%A1gua%20para%20consumo%20na%20propriedade%20rural.pdf](https://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/DETEC_Ambientalcartilha%20%C3%A1gua%20para%20consumo%20na%20propriedade%20rural.pdf). Acesso em: 12 abr. 2022.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. Introdução à química da água: ciência, vida e sobrevivência. **Grupo Editorial Nacional**. Rio de Janeiro. 605 p. 2011.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. **Editora Átomo**. 3 ed. Campinas. 486 p. 2010.

MANOSSO, F. C.; AGUIAR, W.; SATO, G. Y.; RIEDI, M. **e-Clima**. Universidade Tecnológica federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2022. Disponível em: <https://www.e-clima.fb.utfpr.edu.br/index.php>. Acesso em: 10 out. 2022.

MONTENEGRO, S. M. G. L. et al. Águas subterrâneas na zona costeira da planície do Recife (PE): evolução da salinização e perspectivas de gerenciamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 3, p. 81-93, 2009. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=10&SUMARIO=125>. Acesso em: 23 abr. 2022.

NASCIMENTO, K. A. *et al.* **Análise e orientações sobre a qualidade microbiológica da água não tratada utilizada para o consumo humano em propriedades na zona rural e periurbana e em escolas rurais de Jataí e entorno**. Universidade Federal de Goiás. Jataí. 5 p. 2012. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/399/o/KARLA\\_ALVARENGA\\_NASCIMENTO.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/399/o/KARLA_ALVARENGA_NASCIMENTO.pdf). Acesso em: 23 fev. 2022.

NITSCHKE, P. R. *et al.* **Atlas Climático Do Estado Do Paraná**. IAPAR. Londrina. 210 p. 2019. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2022.

OHCHR - Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights The Right to Water. **Fact Sheet N°. 35**. 61 p. 2010. Disponível em: <https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35en.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2022.

OTENIO M. H. *et al.* **Como montar e usar o clorador de pastilhas em residências rurais**. Cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Gado de Leite. Brasília. 2014, 38 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116736/1/Cnpogl-2014-Cartilha-Clorador-completa.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

OLIVEIRA, D. B. C.; *et al.* Avaliação da influência da precipitação pluviométrica na qualidade do tratamento de esgoto tipo filtro biológico e decantação secundária. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 06, p. 2728-2743, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/243812>. Acesso em: 18 out. 2022.

OLIVEIRA, M. M.; NOVO, M, E.; FERREIRA, J. P. L. Models to predict the impact of the climate changes on aquifer recharge. **International Association of Hydrological Sciences (IAHS)**, v. 310, p.103-110. 2007. Disponível em: <https://iahs.info/uploads/dms/13794.15-103-110-05-IC310-23-Oliveira.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

OMS (Organização Mundial da Saúde). **Água mais segura, melhor saúde**. 80 p. 2019. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329905/9789241516891-eng.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2022.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná. Resolução N° 021, de 22 de abril de 2009. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Curitiba. 2009.

PARRON, M. L. *et al.* **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Embrapa. Documentos 232. Colombo. 69 p. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/921050/manual-de-procedimentos-de-amostragem-e-analise-fisico-quimica-de-agua>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PASA, A. P. **Avaliação Microbiológica da Água da Nascente de uma Propriedade Rural no Município de Francisco Beltrão – PR**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica federal do Paraná. Francisco Beltrão. 35 p. 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24611>. Acesso em: 23 fev. 2022.

PAULUS, A. E. **Qualidade Microbiológica Da Água Dos Bebedouros Para Consumo Em Escolas Municipais De Missal - Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 47 p. 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13499>. Acesso em: 24 de fev. 2022.

PERECIN, D. **Introdução à experimentação**. Jaboticabal. 83 p. 2013. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5637370/mod\\_folder/content/0/Apostila\\_Experimentacao\\_Zootecnica.pdf?forcedownload=1](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5637370/mod_folder/content/0/Apostila_Experimentacao_Zootecnica.pdf?forcedownload=1). Acesso em: 22 mai. 2022.

PORTO, M. A. L. *et al.* Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 2653-2658, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000500035>. Acesso em: 12 abr. 2022.

PRONER, L. P. *et al.* Georreferenciamento e análise microbiológica dos poços semiartesianos do município de Lacerdópolis–SC. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, [S. l.], p. e21513, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/21513>. Acesso em: 16 nov. 2022.

QUAGGIO, C. S., *et al.* Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímicas. **Revista Águas Subterrâneas**. v. 32, n.3, p. 283-294, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i3.29085>. Acesso em: 21 fev. 2022.

R CORE TEAM (2019) R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Áustria. URL <https://www.R-project.org/>

ROCHA, A. A.; ZANELLA, G. B. **Avaliação da qualidade da água do Rio Santa Rosa, Francisco Beltrão-PR. 2016.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 79 p. 2016. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11405>. Acesso em: 15 set. 2022.

SANTOS, L. J. C. *et al.* Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 03 – 12, 2006. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/74>. Acesso em: 29 abr. 2022.

SCHIMITZ, L. A. **Proteção de fontes de água em Unidades de Produção e Vida Familiares (UPVFS) no Sudoeste do Paraná: uma análise das ações desenvolvidas pela ACESI/STR, GETERR/UNIOESTE e EMATER-PR.** Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná. Francisco Beltrão. 258 p. 2017.

SILVA, T. T. M. C. **Análise da qualidade de água nas nascentes na cidade de Catende-PE.** Universidade Federal De Pernambuco. Trabalho de Conclusão de Curso. 52 p. 2019. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/43796>. Acesso em: 16 nov. 2022.

SOL, C. B. O.; PISSANTI, A. R. **A importância ambiental das áreas de preservação permanente (APPs) e sua fundamentação jurídica de acordo com o código florestal.** Centro Universitário de Várzea Grande. Mato Grosso. 9 p. 2018. Disponível em: <http://repositoriodigital.univag.com.br/index.php/rep/article/view/134>. Acesso em: 17 out. 2022.

SOUSA, A. C. M. **Avaliação do potencial coagulante/floculante da semente de Moringa. Oleífera Lam (Moringaceae) na purificação de água da Lagoa do Apodi-RN.** Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Rio Grande Do Norte. 68 p. 2017. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/1869>. Acesso em: 16 abr. 2022.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.

STOLF, D, F; MOLZ, S. Avaliação microbiológica da água utilizada para consumo humano em uma propriedade rural de Taió-SC. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, v. 6, n. 1, p. 96-106, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.24302/sma.v6i1.1104>. Acesso em: 09 abr. 2022.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/ Botucatu-SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-46701997000100005>. Acesso em: 16 abr. 2022.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Águas Subterrâneas**. Fortaleza. 2015. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288>. Acesso em: 12 abr. 2022.

VICENTE, Y. S. **Qualidade de águas de poços artesianos de Peabiru, Paraná, Brasil: um município sem saneamento público**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 83 p. 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26891>. Acesso em: 11 out. 2022.

VILLWOCK, F. H.; CRISPIM, J. Q. Qualidade da água das nascentes para consumo no assentamento Muquidão na bacia do rio Muquidão no município de Iretama – PR. **Revista Educação Ambiental em Ação**, Iretama, v. 20, n. 78, 2016. Disponível em: <http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=2364>. Acesso em: 22 abr. 2022.

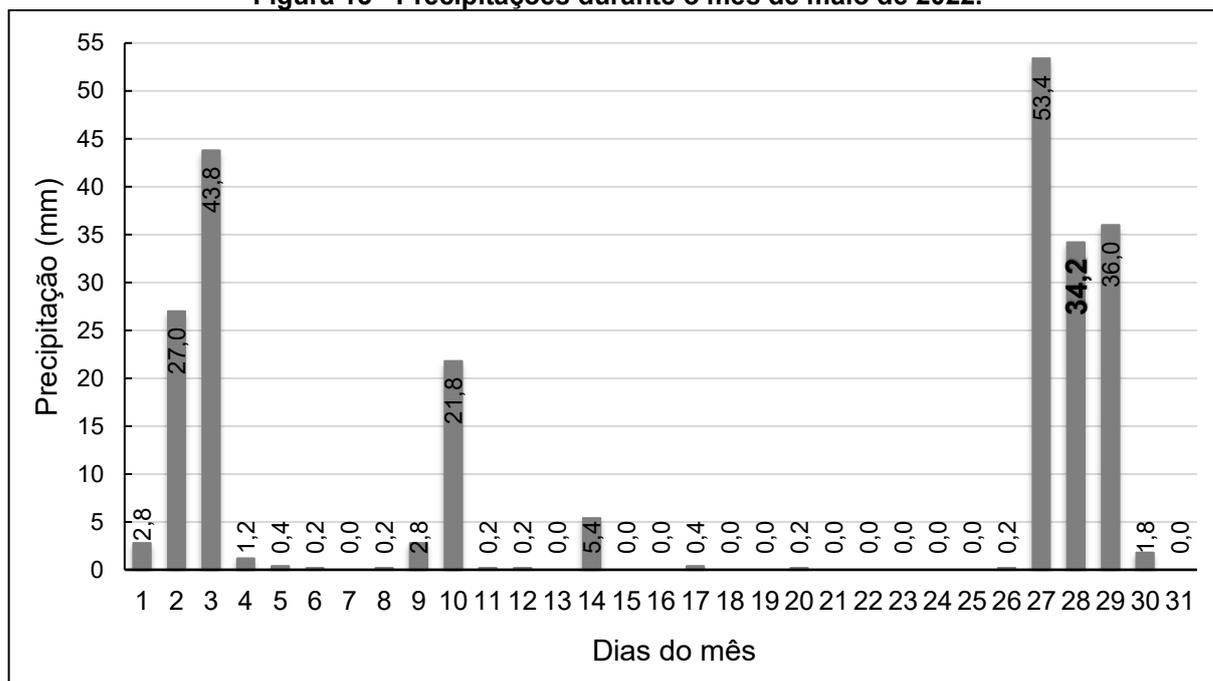
WREGGE, M. S. *et al.* Principais fitofisionomias existentes no estado do Paraná e os novos cenários definidos pelas mudanças climáticas globais. **Revista Ambiência**. Guarapuava. v.13 n.3 p. 600 – 615. 2017. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4367>. Acesso em: 29 abr. 2022.

ZÜGE, G.; VENDRAME, Z. B. Caracterização e análise de cloretos da água do parque ecológico Honorato Toniolo, Guaporé-RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/101149>. Acesso em: 16 abr. 2022.

ZULPO D. L; PERETTI J, ONO LM, GARCIA JL. Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 107-110. 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744079011.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

## **APÊNDICE A – Regime de precipitação durante as coletas**

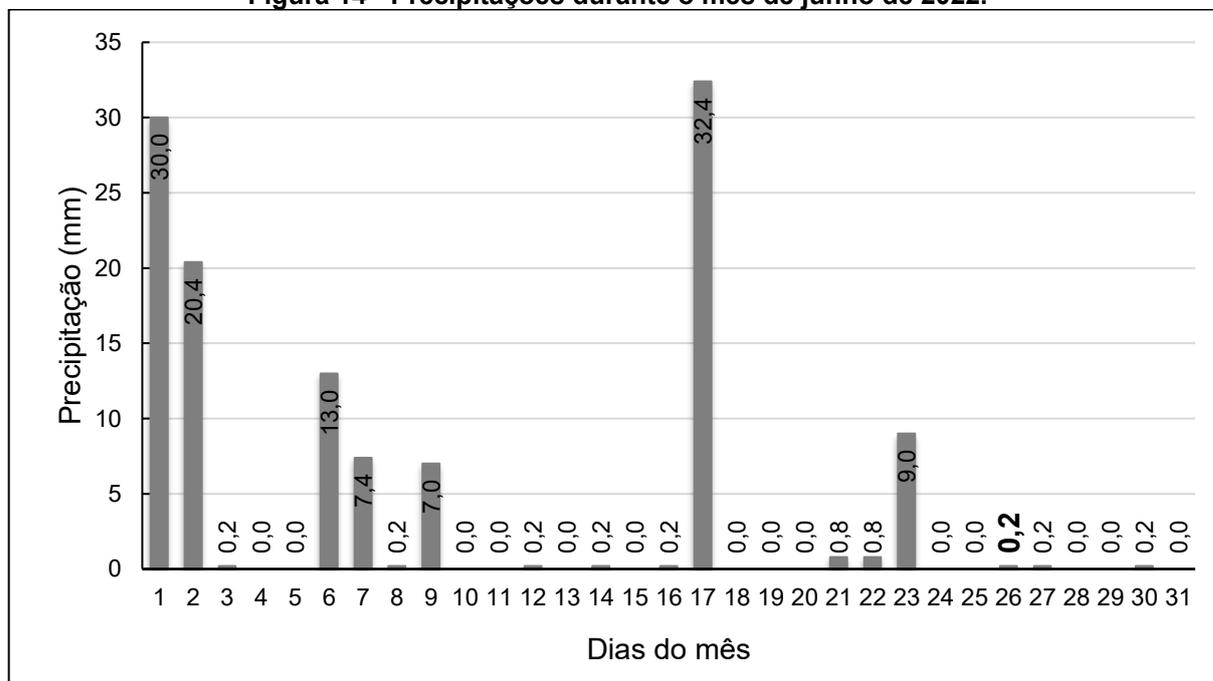
**Figura 13 - Precipitações durante o mês de maio de 2022.**



Número destacado em negrito indica a precipitação do dia da coleta.

Fonte: Manosso, *et al.* (2022).

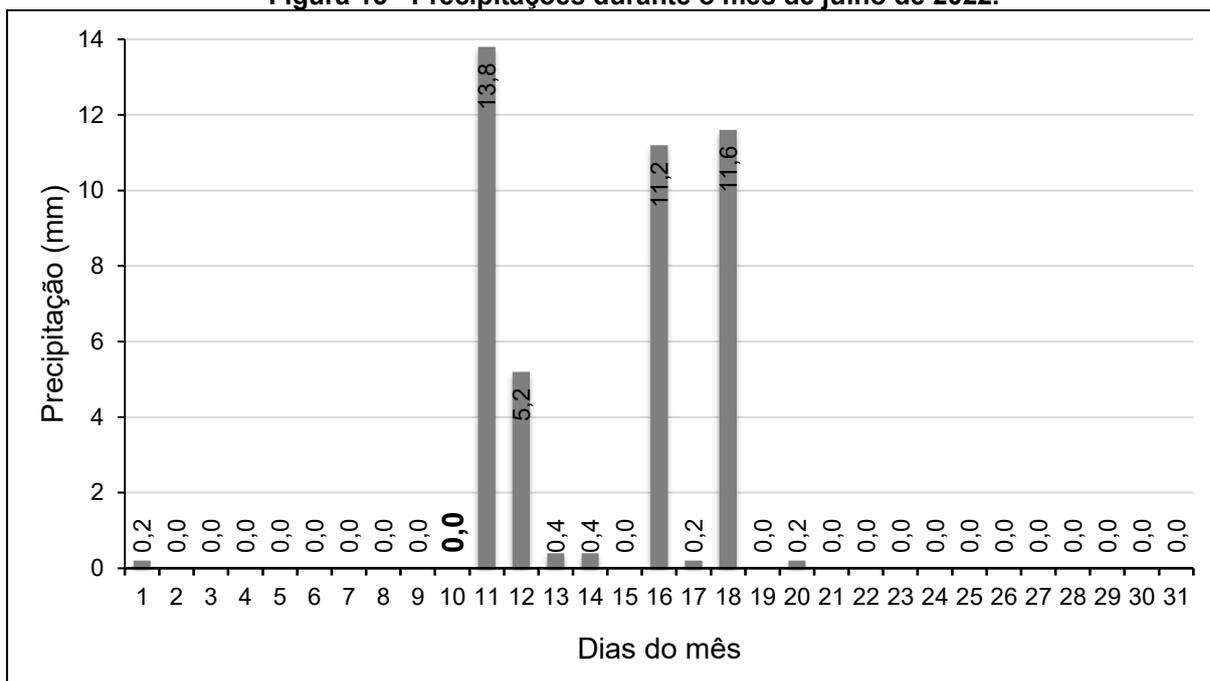
**Figura 14 - Precipitações durante o mês de junho de 2022.**



Número destacado em negrito indica a precipitação do dia da coleta.

Fonte: Manosso, *et al.* (2022).

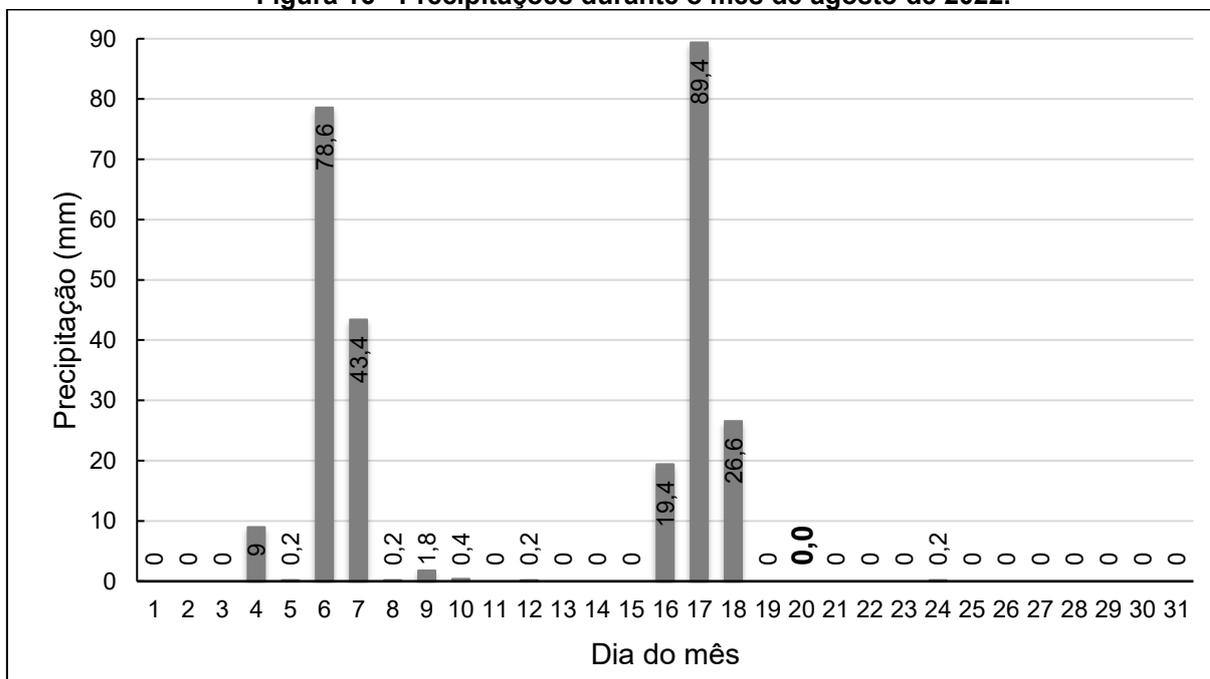
**Figura 15 - Precipitações durante o mês de julho de 2022.**



Número destacado em negrito indica a precipitação do dia da coleta.

Fonte: Manosso, et al. (2022).

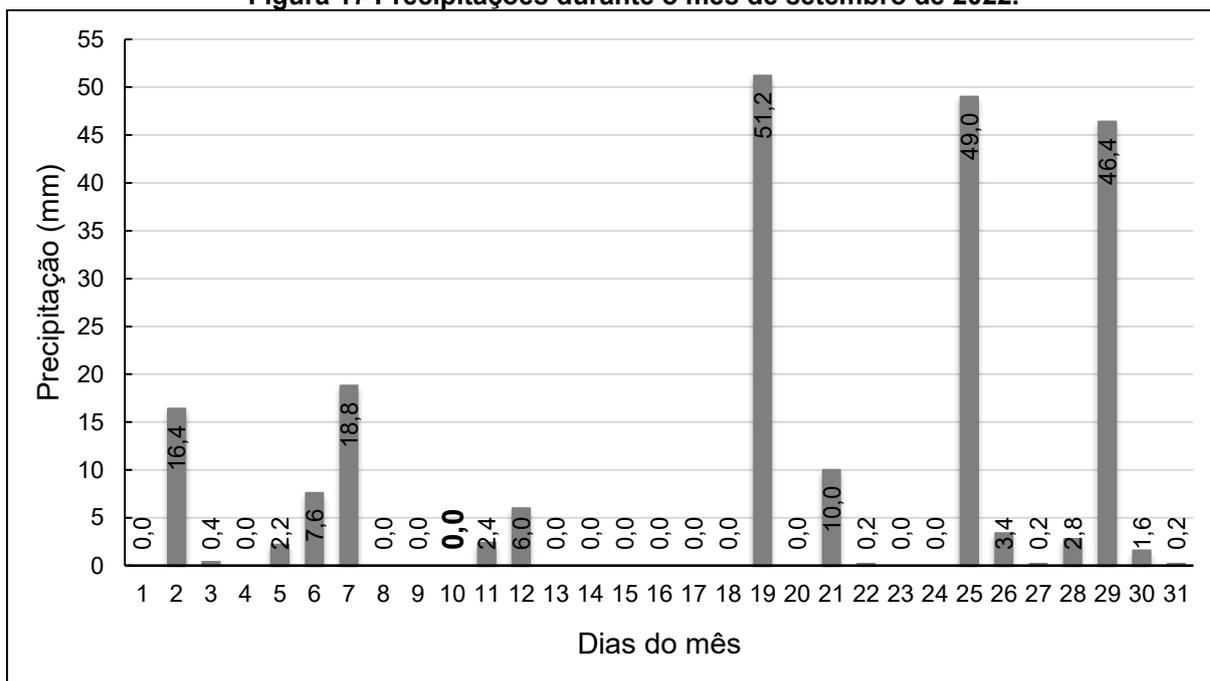
**Figura 16 - Precipitações durante o mês de agosto de 2022.**



Número destacado em negrito indica a precipitação do dia da coleta.

Fonte: Manosso, et al. (2022).

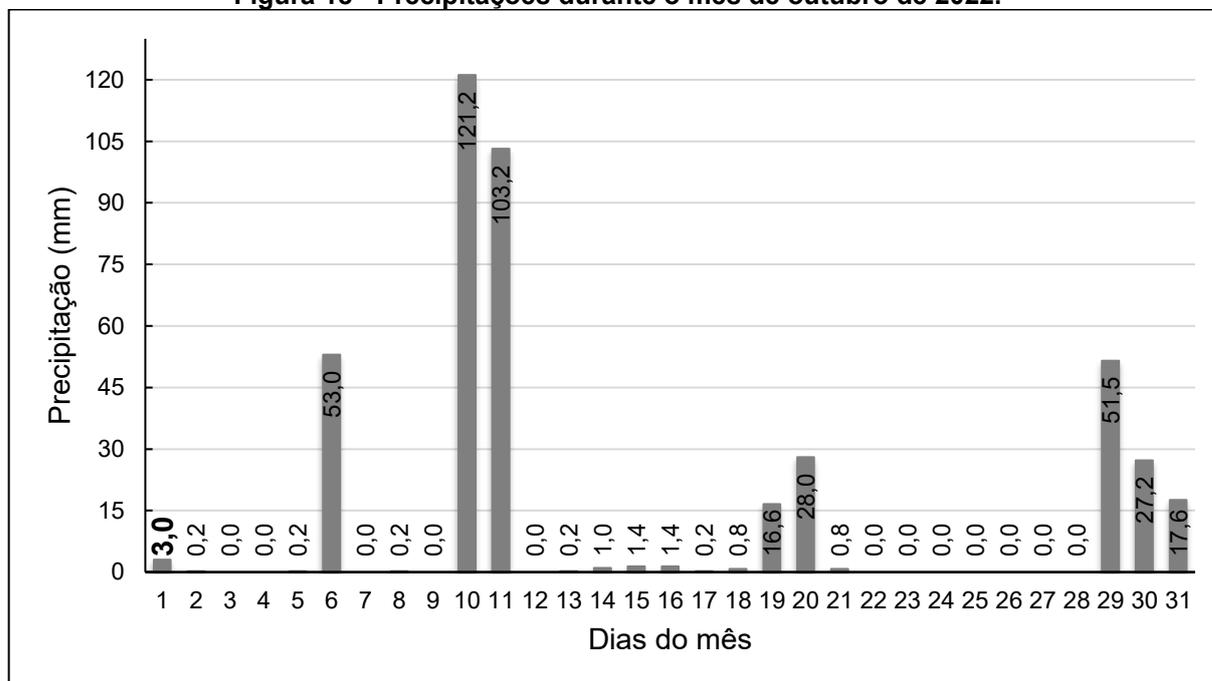
**Figura 17 Precipitações durante o mês de setembro de 2022.**



Número destacado em negrito indica a precipitação do dia da coleta.

Fonte: Manosso, et al. (2022).

**Figura 18 - Precipitações durante o mês de outubro de 2022.**



Número destacado em negrito indica a precipitação do dia da coleta.

Fonte: Manosso, et al. (2022).

## **APÊNDICE B – Análises estatísticas**

Tabela 10 - Comparação das médias do parâmetro pH.

|           | Maio             | Junho            | Julho            | Agosto           | Setembro         | Outubro          |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|           | Média ± DP       |
| <b>N1</b> | 7,04 ± 0,049 b A | 6,53 ± 0,036 b A | 6,49 ± 0,021 b A | 6,13 ± 0,058 b A | 6,46 ± 0,064 b A | 6,38 ± 0,035 b A |
| <b>N2</b> | 6,59 ± 0,636 b A | 6,25 ± 0,023 b A | 6,40 ± 0,007 b A | 5,93 ± 0,028 b A | 6,46 ± 0,064 b A | 6,34 ± 0,035 b A |
| <b>P</b>  | 7,81 ± 0,007 a A | 6,83 ± 0,018 a A | 7,22 ± 0,071 a A | 6,99 ± 0,029 a A | 7,44 ± 0,071 a A | 7,35 ± 0,106 a A |

DP: Desvio Padrão.

Letras minúsculas compara os Tipos (Nascente 1, Nascente 2 e Poço).

Letras maiúsculas compara as condições - meses de coletas (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro).

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi com 5% de significância.

Tabela 11 - Comparação das médias do parâmetro Temperatura.

|           | Maio              | Junho             | Julho              | Agosto             | Setembro           | Outubro           |
|-----------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|           | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP         | Média ± DP         | Média ± DP         | Média ± DP        |
| <b>N1</b> | 17,40 ± 0,141 a B | 19,70 ± 0,000 a A | 19,55 ± 0,071 a AB | 18,60 ± 0,141 a BC | 19,75 ± 0,071 a AC | 19,90 ± 0,000 a A |
| <b>N2</b> | 17,60 ± 0,141 a B | 20,45 ± 0,071 a A | 20,05 ± 0,071 a AB | 18,55 ± 0,212 a BC | 20,40 ± 0,000 a AC | 20,40 ± 0,141 a A |
| <b>P</b>  | 17,40 ± 0,141 a B | 20,15 ± 0,071 a A | 19,65 ± 0,212 a AB | 17,35 ± 0,071 a BC | 20,15 ± 0,071 a AC | 20,45 ± 0,071 a A |

DP: Desvio Padrão.

Letras minúsculas compara os Tipos (Nascente 1, Nascente 2 e Poço).

Letras maiúsculas compara as condições - meses de coletas (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro).

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi com 5% de significância.

Tabela 12 - Comparação das médias do parâmetro Turbidez.

|           | Maio               | Junho             | Julho             | Agosto            | Setembro          | Outubro            |
|-----------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|           | Média ± DP         | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP         |
| <b>N1</b> | 16,94 ± 0,0821 a A | 10,03 ± 0,000 a A | 11,13 ± 1,068 a A | 10,96 ± 0,000 a A | 10,14 ± 0,000 a A | 11,075 ± 0,000 a A |
| <b>N2</b> | 12,41 ± 0,082 a A  | 10,27 ± 0,176 a A | 10,09 ± 0,082 a A | 11,25 ± 0,082 a A | 10,49 ± 0,164 a A | 10,959 ± 0,164 a A |
| <b>P</b>  | 9,68 ± 0,000 b A   | 10,09 ± 0,246 b A | 9,27 ± 0,246 b A  | 10,09 ± 0,082 b A | 9,79 ± 0,000 b A  | 9,972 ± 0,082 b A  |

DP: Desvio Padrão.

Letras minúsculas compara os Tipos (Nascente 1, Nascente 2 e Poço).

Letras maiúsculas compara as condições - meses de coletas (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro).

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi com 5% de significância.

Tabela 13 – Comparação das médias do parâmetro Cloretos.

|           | Maio              | Junho              | Julho             | Agosto            | Setembro          | Outubro             |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|           | Média ± DP        | Média ± DP         | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP          |
| <b>N1</b> | 11,49 ± 1,161 a A | 12,32 ± 1,161 a AC | 8,62 ± 0,581 a BD | 9,22 ± 0,901 a BC | 11,09 ± 0,581 a A | 11,11 ± 1,125 a ACD |
| <b>N2</b> | 10,67 ± 0,000 a A | 9,88 ± 0,035 a AC  | 9,47 ± 0,548 a BD | 9,77 ± 0,464 a BC | 11,44 ± 0,658 a A | 9,86 ± 0,000 a ACD  |
| <b>P</b>  | 12,09 ± 0,322 a A | 11,91 ± 0,581 a AC | 9,85 ± 0,000 a BD | 9,22 ± 0,901 a BC | 11,49 ± 0,000 a A | 10,91 ± 0,252 a ACD |

DP: Desvio Padrão.

Letras minúsculas compara os Tipos (Nascente 1, Nascente 2 e Poço).

Letras maiúsculas compara as condições - meses de coletas (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro).

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi com 5% de significância.

**Tabela 14 - Comparação das médias do parâmetro Cor.**

|           | <b>Maio</b>       | <b>Junho</b>      | <b>Julho</b>      | <b>Agosto</b>     | <b>Setembro</b>  | <b>Outubro</b>   |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
|           | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP       | Média ± DP       |
| <b>N1</b> | 20,18 ± 0,000 a A | 3,09 ± 1,726 a AB | 2,48 ± 0,863 a AB | 6,14 ± 0,863 a AB | 3,09 ± 1,726 a B | 1,26 ± 0,863 a B |
| <b>N2</b> | 15,30 ± 1,726 a A | 1,87 ± 0,000 a AB | 1,87 ± 1,726 a AB | 4,92 ± 0,863 a AB | 1,26 ± 0,863 a B | 2,48 ± 0,863 a B |
| <b>P</b>  | 3,09 ± 0,000 a A  | 1,26 ± 0,863 a AB | 1,26 ± 0,863 a AB | 3,09 ± 1,726 a AB | 1,26 ± 0,863 a B | 1,26 ± 0,863 a B |

DP: Desvio Padrão.

Letras minúsculas compara os Tipos (Nascente 1, Nascente 2 e Poço).

Letras maiúsculas compara as condições - meses de coletas (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro).

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi com 5% de significância.

**Tabela 15 - Comparação das médias do parâmetro DQO.**

|           | <b>Maio</b>       | <b>Junho</b>      | <b>Julho</b>      | <b>Agosto</b>     | <b>Setembro</b>  | <b>Outubro</b>   |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
|           | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP        | Média ± DP       | Média ± DP       |
| <b>N1</b> | 1,35 ± 0,000 a A  | 31,95 ± 2,792 a A | 26,65 ± 1,701 a A | 0,18 ± 0,000 a AB | 0,00 ± 0,000 a B | 0,00 ± 0,000 a B |
| <b>N2</b> | 2,83 ± 2,094 a A  | 44,29 ± 0,698 a A | 29,05 ± 0,000 a A | 1,38 ± 1,701 a AB | 0,00 ± 0,000 a B | 0,09 ± 0,128 a B |
| <b>P</b>  | 32,45 ± 3,490 a A | 13,19 ± 0,000 a A | 33,87 ± 1,701 a A | 0,78 ± 0,850 a AB | 0,00 ± 0,000 a B | 0,00 ± 0,000 a B |

DP: Desvio Padrão.

Letras minúsculas compara os Tipos (Nascente 1, Nascente 2 e Poço).

Letras maiúsculas compara as condições - meses de coletas (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro).

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi com 5% de significância.