



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CAMPUS LARANJAL DO JARI
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

LARISSE CARVALHEIRO DA SILVA
LUANY MIGUENS REGO

**AVALIAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO NO ENTORNO
DO CEMITÉRIO SANTA ROSA NO MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI, AMAPÁ**

LARANJAL DO JARI

2023

LARISSE CARVALHEIRO DA SILVA

LUANY MIGUENS REGO

**AVALIAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO NO ENTORNO
DO CEMITÉRIO SANTA ROSA NO MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI, AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: MSc. Maicon Sathler Lemos

Coorientador: Esp. André Bacelar Rodrigues

LARANJAL DO JARI

2023

LARISSSE CARVALHEIRO DA SILVA

LUANY MIGUENS REGO


**AVALIAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO NO ENTORNO
DO CEMITÉRIO SANTA ROSA NO MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI,
AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: MSc. Maicon Sathler Lemos

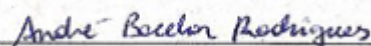
Coorientador: Esp. André Bacelar Rodrigues

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MAICON LEMOS SATHLER**
Data: 19/01/2024 14:40:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador: MSc. Maicon Sathler Lemos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari



Coorientador – Prof. Esp. André Bacelar Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari



Nubia Deborah Araújo Caramello
Docente – EBTT - Matrícula Siape: 3274990
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia

Membro da banca examinadora – Profa. Dr. Nubia Deborah Araújo Caramello

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari



Membro da banca examinadora – Prof. Paulo Gilbson Farias Bezerra

Formado em Engenharia Química e Mestre em Ciências Ambientais

Aprovada (o) em: 18/12/2023

Nota: 98

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente, a Deus por ter nos dado forças, saúde e sabedoria para superar as dificuldades.

Agradecemos também, em especial, nosso coorientador, André Bacelar, por ter nos ajudado e compreendido a nossa efervescência e frustração e também ao nosso orientador Maicon Sathler.

Aos nossos pais por ter nos dado o apoio necessário nessa trajetória e principalmente neste ano de TCC.

Aos nossos amigos que fizemos nesses quatro anos de faculdade e que certamente iremos levar para a nossas vidas.

A todos que participaram das pesquisas, na colaboração e disposição no processo de obtenção dos dados.

Por último, mas não menos importante, ao Instituto Federal do Amapá - IFAP, Universidade Federal do Amapá - UNIFAP e a todos os professores que fizeram parte dessa trajetória e que através deles repassaram seus conhecimentos e ensinamentos, que permitiram que pudéssemos estar concluindo o curso de Tecnologia em Gestão Ambiental.

RESUMO

Os recursos hídricos são de suma importância para o desenvolvimento e sobrevivência do ser humano, tendo em vista o seu uso mais diversas atividades. Observa-se que algumas dessas atividades, como a cemitério, podem colocar em risco a qualidade da água, comprometendo seu consumo. O consumo de águas contaminadas por microrganismos afeta consideravelmente a saúde humana, ocasionando as doenças de veiculação hídrica que atualmente despontam-se como um dos principais problemas de saúde pública. Nota-se então que o resíduo gerado a partir da decomposição dos cadáveres nos cemitérios, conhecido como necrochorume, é responsável pela contaminação de águas subterrâneas, quando não são instalados atendendo a legislação vigente. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água para consumo de poço artesiano localizado no bairro Mirilândia, na área de entorno do cemitério Santa Rosa, município de Laranjal do Jari. Como método de pesquisa foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas de 4 pontos localizados no entorno do cemitério Santa Rosa, Laranjal do Jari. Os resultados mostraram que apenas os parâmetros de turbidez e cor estão foram do que é padronizado na portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde. Observou-se ainda que existe a contaminação das águas subterrâneas do bairro Mirilândia por coliformes e *E. coli*, sendo alarmante tal resultado devido a exposição da população. Conclui-se que a presença de patógenos na água subterrânea proveniente de poço artesiano no bairro Mirilândia pode ter relação com a contaminação por necrochorume do cemitério Santa Rosa, sendo de suma importância a implementação de um sistema de monitoramento para a confirmação se a contaminação é pontual ou constante.

Palavras-chave: Água de poços; Coliformes; *E. coli*; Qualidade da água.

ABSTRACT

Water resources are of utmost importance for the development and survival of human beings, considering their use in a variety of activities. It is observed that some of these activities, such as cemeteries, can put the quality of water at risk, compromising its consumption. The consumption of water contaminated by microorganisms considerably affects human health, causing water-borne diseases that are currently emerging as one of the main public health problems. It should be noted that the waste generated by the decomposition of corpses in cemeteries, known as necrocorume, is responsible for the contamination of groundwater, when it is not installed in compliance with current legislation. In this context, the objective of this study was to analyze the quality of drinking water from an artesian well located in the Mirilândia neighborhood, around the Santa Rosa cemetery, municipality of Laranjal do Jari. As a research method, physical-chemical and microbiological analyzes were carried out at 4 points located around the Santa Rosa cemetery, Laranjal do Jari. The results showed that only the parameters of turbidity and color were outside what was normalized in Ordinance No. 888/2021 of the Ministry of Health, and it was also observed that there is contamination of the groundwater of the Mirilândia neighborhood by coliforms and *E. coli*, this The result is alarming due to the exposure of the population. It is concluded that the presence of pathogens in the groundwater from an artesian well in the Mirilândia neighborhood may be related to contamination by necroleachate in the Santa Rosa cemetery, being of utmost importance the implementation of monitoring wells within the area to verify the existence of critical contamination points.

Keywords: Water from wells; Coliforms; *E. coli*; Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso das águas subterrâneas.....	13
Figura 2 – Vazamento de necrochorume de sepultura	19
Figura 3 – Representação da contaminação por necrochorume	20
Figura 4 – Localização da área em estudo.....	22
Figura 5 – Coleta no ponto 02.....	23
Figura 6 – Sistema de tubulação do ponto 04	24
Figura 7 – Coleta de amostras do P4.....	25
Figura 8 – Análise das amostras.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Águas subterrâneas	12
3.2 Tipos de poços	16
3.3 Contaminação das águas subterrâneas.....	17
3.4 Cemitérios.....	19
4 METODOLOGIA	22
4.1 Área em estudo	22
4.2 Coleta das amostras.....	24
4.3 Análise das amostras	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 Análise físico-químicas.....	28
5.2 Análise microbiológica	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior reserva de água doce do planeta terra, sendo que de toda a água disponível no mundo apenas 2,5% são de águas doces e apenas 0,3% está disponível dessa água está disponível em rios, lagoas e lagos e desta tanto superficial quanto subterrânea e dessa porcentagem que o Brasil detém 12% de toda água doce do planeta terra. Sabemos que a água do planeta é a mesma desde o começo da terra, porém, os seres humanos vêm interferindo no ciclo hidrológico da natureza. A poluição do planeta juntamente com a degradação do meio ambiente tem impactado diretamente na qualidade das águas superficiais e subterrâneas (SILVA, 2022).

A região norte detém a maior parte dos aquíferos existentes no país e esses aquíferos contribuem, diretamente, para que os rios não se acumulem no tempo de estiagem. Tais aquíferos são divididos em três tipos os quais são determinados pela porosidade do solo em que se encontram e, também, pela pressão a que estão submetidos (ANA, 2021).

Observa-se que com o processo desordenado de ocupação das áreas urbanas e rurais acarretaram grande prejuízos ambientais, principalmente levando em consideração o descarte incorreto de resíduos sólidos em locais inapropriados, a instalação e permanência de lixões a céu aberto, assim como a construção de cemitérios sem os devidos estudos geológicos. Tais fatores contribuem para o risco de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, além de promover o crescimento de casos de doenças de veiculação hídrica (ANA 2021).

Nota-se que durante os últimos anos o cenário de abastecimento de água subterrânea cresceu exponencialmente no Brasil e no mundo, em especial pelo uso de poços artesianos para a captação de água para consumo humano (LUCAS, 2018). Para Lucas (2018) esse fato dar-se pela distribuição de lençóis freáticos em maior disponibilidade nas regiões, além de que em muitos casos águas subterrâneas não necessitam de tratamentos mais específicos, quanto as águas superficiais. Porém, é necessário lembrar que a perfuração de poços artesianos necessita atender a legislação específica para atividade, sendo que em locais com a presença de cemitérios instalados, torna-se de suma relevância um estudo geotécnico prévio para verificar possíveis fontes de contaminação.

Nota-se que nos últimos tempos aumentou-se as discussões acerca das problemáticas ambientais envolvendo os cemitérios, principalmente os mais antigos, visto que grande parte desses locais não receberam devida atenção dos órgãos públicos quanto a sua instalação e o

surgimento de possíveis passivo ambientais durante o seu período de atividade na região (MELO, 2018).

Diante dessa problemática, tornou-se necessário um estudo para avaliar a água que é utilizada para o consumo humano, uma vez que as pesquisas com o tema de contaminação por necrochorume assim como as suas propriedades químicas, físicas e biológicas são escassas o que torna dificultosa a compreensão sobre o tema e o fenômeno (MELO, 2018).

Ao analisar a situação do saneamento básico no estado do Amapá fica perceptível que a situação é bastante alarmante, tendo um dos piores índices de atendimento no contexto brasileiro (SNIS, 2019). Observa-se que a região tem precariedade das obras que compõe o sistema de saneamento básico, além da falta de investimentos em infraestrutura (CUNHA, 2018).

Um dos municípios do Amapá que também sofre com a falta de saneamento adequado é Laranjal do Jari, sendo este o terceiro maior município do estado como aponta os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Em Laranjal é possível encontrar dois cemitérios públicos, um localizado na BR 156 chamado Débora Másceno e o cemitério Santa Rosa, localizado em área urbana no bairro Mirilândia.

No município o sistema de abastecimento de água é realizado pelas tubulações da Companhia de Água e Esgoto do Amapá (CAESA) e pelo uso de poços artesianos públicos e privados. No cenário de abastecimento do bairro Mirilândia nota-se que ele é feito a partir da captação de águas de poços artesianos, porém, com a presença do cemitério Santa Rosa a qualidade da água para consumo da população pode estar em risco devido a presença do necrochorume. Assim, o presente estudo surgiu do seguinte questionamento: A presença do cemitério Santa Rosa no bairro Mirilândia tem influenciado na qualidade da água de consumo da população?

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água de poços utilizados pelo consumo humano no entorno do cemitério Santa Rosa em Laranjal do Jari – Amapá, e comparar os resultados com a Portaria de Consolidação 888/2021, do Ministério da Saúde. Tendo em vista a real necessidade e a importância da qualidade da água para a vida e bem-estar das pessoas, assim como as possíveis contaminações desta água devido a presença de substâncias oriundas do necrochorume que trazem riscos à saúde humana (SILVA, 2023).

Diante desses aspectos, o presente estudo justifica-se na relevância de compreender os aspectos relacionados a qualidade da água consumida pelos moradores do bairro Mirilândia, município de Laranjal do Jari, em especial, as residências atendidas por poços artesianos, tendo

em vista a existência de um cemitério dentro do bairro e que pode estar contaminando os lençóis freáticos através do necrochorume.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade da água para consumo de poço artesiano localizado no bairro Mirilândia, na área de entorno do cemitério Santa Rosa, município de Laranjal do Jari.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o comprometimento da qualidade hídrica do bairro Mirilândia a partir dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos a partir da Portaria de Consolidação nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde;
- Identificar os tipos de poços e sua utilidade;
- Contribuir para a caracterização físico-química e microbiológica das águas subterrâneas, no município de Laranjal do Jari.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Águas subterrâneas

O abastecimento de água para consumo pode ser realizado de duas formas, pela captação de águas superficiais e pela captação de águas subterrâneas. De acordo com a literatura 97,5% da água existente no mundo é salgada, proveniente de mares e oceanos. Enquanto a água doce corresponde apenas a 2,5%, onde são encontradas em geleiras e calotas, umidade dos solos, reservas subterrâneas e água dos pântanos, além dos lagos e rios que servem com fontes para o abastecimento público (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006; VICTORINO, 2007). Salientando-se ainda que 96% de toda a água doce disponível para consumo humano está em nascente subterrânea (FERIANI *et al.*, 2021).

O estudo de Silva (2022, p. 15) pontua que “o uso de águas subterrâneas ocorre em todo o mundo, dada a necessidade de atender as necessidades das populações por água própria para consumo e para facilitar a atividade econômica”. Frisa-se que apesar de sua importância para o abastecimento da população, as águas subterrâneas estão em constante perigo devido ao aumento da degradação ambiental, o que pode prejudicar a qualidade deste recurso.

Observa-se que no decorrer dos anos as atividades humanas passaram a exercer uma grande pressão na qualidade da água para consumo, principalmente levando em consideração a geração de poluentes que contribuem para a contaminação desses recursos hídricos (LÖBLER *et al.*, 2014). Além de sua utilização para o consumo humano as águas subterrâneas desempenham um papel de grande relevância dentro do processo do ciclo hidrogeológico, pelo tempo de residência, ubiquidade e pequena variabilidade composicional (CUSTÓDIO *et al.*, 2008).

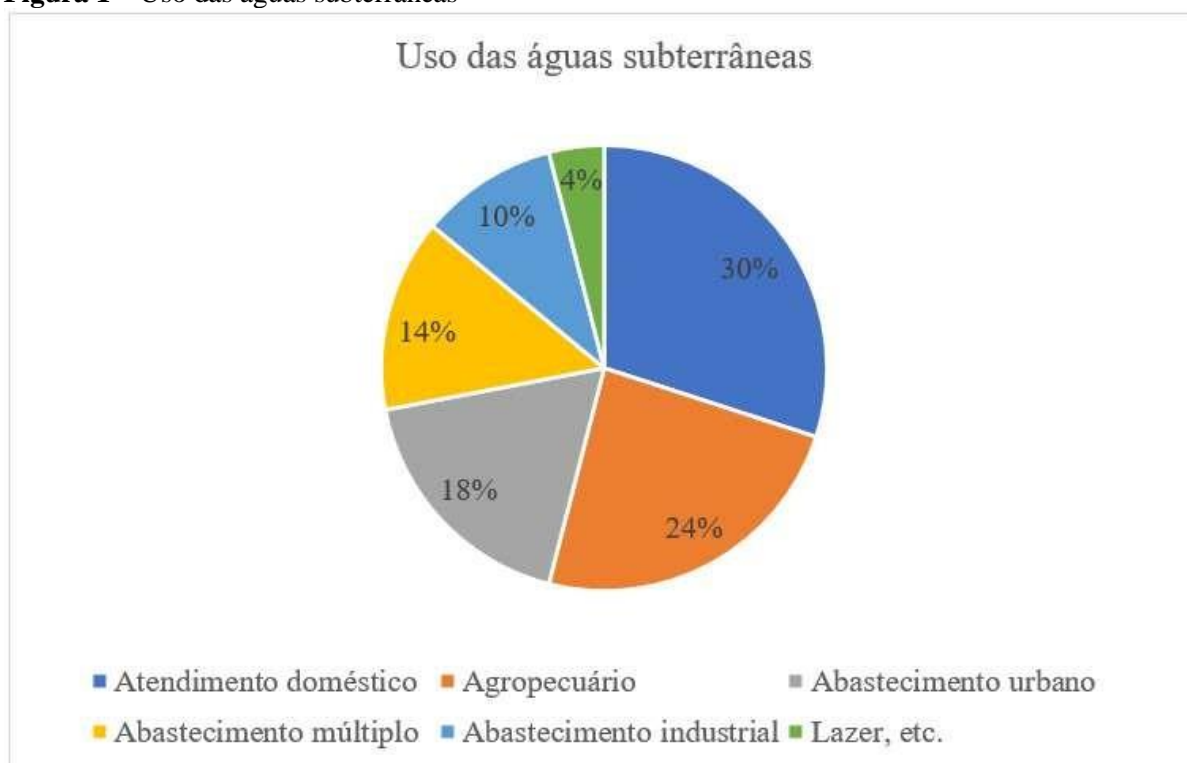
Para Brasil (2007), o conceito das águas subterrâneas, tem relação com a forma que este elemento teve sob o solo da superfície terrestre e escoou preenchendo espaços entre o solo, bem com a Resolução nº 15/2001, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), classifica as águas subterrâneas como aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo, tais como o corpo hídrico subterrâneo que compõe o volume de água armazenado no subsolo.

No Brasil, a distribuição das águas subterrâneas não é uniforme, assim como a distribuição das águas superficiais. Isso porque as condições pluviométricas nas regiões brasileiras são desiguais, pois os estados da região amazônica possuem sistema pluviométrico

abundante, enquanto os estados da região Nordeste sofrem com longos períodos de estiagem (BRASIL, 2019).

O Instituto Trata Brasil (2018) destaca que embora o processo de destinação da água subterrânea não seja eficiente, ela é um dos recursos naturais mais extraídos no Brasil, dadas as desigualdades existentes, ressalta-se ainda que o país tem mais de 2 milhões de poços tubulares funcionando, com uma produção anual de cerca de 17, 580 milhões de m³/ano (557 m³/s), ou “suficiente para abastecer a atual produção anual” da população brasileira ou 10 áreas metropolitanas de tamanho comparável com São Paulo, o equivalente a 217 milhões de pessoas” (HIRATA, 2018, p.6). Na figura 1 apresenta-se as principais atividades que fazem o uso das águas subterrâneas.

Figura 1 – Uso das águas subterrâneas



Fonte: Elaborado a partir de Silva (2022)

Como pode ser visto na figura acima o maior uso de águas subterrâneas tem relação direta com o abastecimento da população, principalmente no que tange o consumo dentro das residências. Além disso, nota-se que a agropecuária também faz uso desse recurso hídrico para o beneficiamento de suas atividades, porém, salienta-se ainda que o maior foco de consumo do setor continua sendo as águas superficiais.

O CNRH, na Resolução n° 15, de janeiro de 2001, em seu Art. 3º, inciso II, propõem que, “o enquadramento dos corpos de água subterrânea em classe dar-se-á segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e de seus respectivos usos preponderantes, a serem especialmente definidos”. Os aquíferos, de acordo com o CNRH (2001), é o corpo hidrogeológico, capaz de acumular e transmitir a água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carregamento de materiais rochosos. Os aquíferos podem ser divididos em dois tipos: aquífero livre, chamado também de freático ou não confinado, é aquele que o limite superior é a superfície de saturação, cujo todos os pontos encontram a pressão atmosférica. Já no aquífero confinado ou aquífero sob pressão, a pressão da água em seu tipo é maior do que a pressão atmosférica (JUNIOR; CAETANO, 2018).

Devido a função das camadas limítrofes o aquífero confinado é definido como: confinado drenante, pois, uma de suas camadas é semipermeável, permitindo a entrada ou saída de fluxos. Confinado não drenante, as camadas limítrofes, inferior e superior, são impermeáveis, onde ocorre a captação por sondagem nesse tipo de aquífero, água jorra naturalmente sem necessidade de bombeamento, são chamados de artesianos (JUNIOR; CAETANO, 2018).

A Resolução do CONAMA n° 396/2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento e preservação das águas subterrâneas, e dá outras providências, onde a classificação das águas doce são separadas em classe:

- Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;
- Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas, que podem exigir tratamento adequado, dependendo do preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, ‘com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e
- Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso (BRASIL, 2008, p. 310).

A partir disso, infere-se que o enquadramento das águas subterrâneas dar-se pela qualidade observada deste recurso, ou seja, a classe com melhor potencial de uso seria a classe especial devido ao seu padrão.

Alguns parâmetros devem ser levados em consideração para realizar a classificação dos corpos hídricos e seus usos, principalmente no que diz respeito a água destinada para consumo humano. No quadro abaixo tem-se alguns parâmetros e suas respectivas características que devem ser medidas.

Quadro 1 – Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de potabilidade da água

Parâmetros físicos	
Cor	É uma característica física devido à existência de substâncias dissolvidas, ou em estado coloidal, na maioria dos casos de natureza orgânica. Pode originar-se de minerais ou vegetações naturais, ou ainda de despejos industriais que incluem minas, refinarias, explosivos, papelarias. Na legislação vigente, portaria 888/21, ressalta que em análises de água para consumo o valor máximo permitido para a cor nas amostras é de 15 uH.
Sólidos dissolvidos totais	Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Os sólidos totais dissolvidos são constituídos, principalmente, por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e, possivelmente, nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, manganês e outras substâncias. Na legislação vigente, portaria 888/21, ressalta que em análises de água para consumo o valor máximo permitido para a cor nas amostras é de 500 mg/L.
Temperatura	Tem importância por acelerar as reações químicas, reduzir a solubilidade dos gases e acentuar a sensação de sabor e odor. Exerce muita influência nas atividades biológicas e no crescimento. O valor máximo permite para esse parâmetro é de 25°C, desde que obedeça aos critérios pré-estabelecidos na portaria 888/21.
Condutividade elétrica	De um modo geral, reflete a capacidade da água conduzir corrente elétrica. Esta propriedade pode ser um parâmetro relativo para compará-la a quantidade de sais presentes.
Parâmetros químicos	
Potencial hidrogeniônico (pH)	Consiste na medida da concentração relativa dos íons de hidrogênio em uma solução. Esse valor indica acidez ou alcalinidade da solução. O pH é a medida da acidez ou alcalinidade relativa de uma determinada solução. Na legislação vigente, portaria 888/21, ressalta que em análises de água para consumo o valor máximo permitido é entre 6 – 9.

Nitrogênio amoniacal/Amônia	É formado por processo de decomposição de matéria orgânica, é uma substância não persistente e não cumulativa que não provoca danos fisiológicos a humanos ou animais. Na legislação vigente, portaria 888/21, ressalta que em análises de água para consumo o valor máximo permitido para a amônia nas amostras é de 1,2 mg/L.
Fósforo	É liberado pelas rochas fosfatadas por intemperismo, erosão natural e pela ação humana. Uma vez libertado no ecossistema, o fósforo pode ser assimilado pelas plantas e/ou chegar aos corpos aquáticos por infiltração e lixiviação pelas águas das chuvas. As legislações não estabelecem limite de concentração de fósforo na água de consumo humano.
Parâmetros microbiológicos	
Coliformes totais	São os principais indicadores de contaminação utilizados, é um grande grupo de bactérias que tem sido isolada de amostras de água e solo poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e animais de sangue quente, são organismos de vida livre e não intestinal, podendo ser entendidos como coliformes “ambientais”. Na portaria em vigência é necessário que as amostras apresentem ausência em 100 mL.
<i>Escherichia coli (E. coli)</i>	Essa bactéria é encontrada em fezes humanas e de animais de sangue quente, é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, no entanto não garante que a contaminação seja de origem humana. Na portaria em vigência é necessário que as amostras apresentem ausência em 100 mL.

Fonte: Elaborado a partir de Sperling (2014) e Brasil (2021)

Nota-se então que as análises da qualidade da água para consumo humano tornam-se um instrumento das políticas públicas voltadas para a saúde pública, tendo em vista que águas contaminadas são as principais responsáveis pelo surgimento de doenças de veiculação hídrica, ocasionando casos de mortalidade infantil em países subdesenvolvidos (JUNIOR; CAETANO, 2018).

3.2 Tipos de poços

De acordo com estudos realizados pelo Instituto Trata Brasil existem 2,5 milhões de poços artesianos em todo o país. Sendo que, 12% são reconhecidos e registrados pelo poder público, enquanto 88% são sigilosos e existem não apenas em propriedades rurais e industriais, mas também em casas e prédios residenciais. O estudo pontua ainda que no cenário brasileiro 52% dos municípios possuem abastecimento de forma total ou parcial por águas subterrâneas,

salientando ainda que 48% das cidades com população inferior a 10.000 habitantes, esse é o único tipo de abastecimento (HIRATA *et al.*, 2018).

Sobre a classificação existente para poços de captação de água subterrânea a Agência Nacional de Águas e Saneamento pontua que a profundidade e o sistema de operação são as principais características para classificar os poços (ANA, 2016). Neste panorama, cita-se a seguinte classificação:

Poço simples: sua perfuração é feita manualmente até chegar nos lençóis freáticos, atingindo no máximo 20 metros de profundidade. A água ‘ ‘ tipo de poço, está em constante contato com o meio externo, ou seja, possui grandes chances de contaminação.

Poço semiartesiano: possui profundidade de aproximadamente 20 100 metros. Constituído por tubo metálico ou concreto, evitando, assim, a contaminação da água por agentes externos, estes precisam de bombeamento para a extração da água subterrânea até a superfície.

Poço artesiano: captam água de reservas hídricas mais profundas (aquíferos), podendo atingir até 2.000 metros. Também é tubular e detentor de proteção contra a contaminação, não necessitam de bomba para a captação de água devido à grande pressão exercida sobre ela (ANA, 2016, p.21)

A Portaria de Consolidação nº 888/2021 estabelece que a água potável é aquela destinada ao uso humano, como beber, preparar e produzir alimentos, bem como a higiene pessoal (BRASIL, 2021). A mesma portaria contém parâmetros de potabilidade da água, as águas destinadas para o consumo humano devem seguir a regulamentação, levando em consideração os limites máximos permitidos pelos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, é de suma importância a ausência de patógenos e bactérias que podem influenciar na contaminação desse recurso e representar riscos à saúde humana e ao meio ambiente (SILVA, 2022, p. 24).

3.3 Contaminação das águas subterrâneas

Durante muito tempo a sociedade teve o costume de despejar produtos com o potencial poluidor no solo, devido a falta de conhecimento e informação. Essas práticas hoje, são consideradas erradas, mas antigamente eram muito comuns, o que acabou contribuindo para a contaminação do solo e água subterrânea (ABS, 2017). Segundo ABAS (2017), os contaminantes atingem e infiltram-se no solo, chegando até as águas subterrâneas do lençol freático, por ser a parte mais vulnerável e rasa do aquífero. Após o solo ser atingido pelo contaminante, acumula-se resíduos de produtos em seus poros, transformando-se em uma fonte de contaminação, permitindo uma lenta percolação de contaminantes pelas águas subterrâneas.

As águas contaminadas, ficam armazenadas no aquífero e tornam-se uma espécie de pluma de fase dissolvida. Se o contaminante for misturável, formará uma fase separada, classificada como fase livre, podendo ficar suspensa sobre a água, e até mesmo, se infiltrar nas áreas mais profundas do aquífero. E caso o contaminante for volúvel, poderá desenvolver-se uma fonte de vapor, que predomina na zona não-saturada.

Hirata *et al.* (2018, p. 20), relata que “o crescimento da urbanização e das atividades humanas, especialmente após a década de 1960, aumentaram os relatos de poluição de aquíferos e águas subterrâneas”. Existem inúmeras fontes de poluição que podem influenciar na contaminação das águas subterrâneas, para Ayach *et al.* (2009):

A poluição das águas subterrâneas provenientes de fontes urbanas ocorre pelo lançamento de esgotos sanitários em áreas não ligadas às redes coletoras de esgotos; vazamento no sistema de esgotos municipais; pela infiltração em lagoas de oxidação não revestidas, usadas no tratamento de esgotos; pela disposição de resíduos em áreas não revestidas (lixões); pela infiltração de produtos do petróleo, gasolina, óleo diesel e álcool carburante, provenientes dos tanques de estocagem dos postos de abastecimento e, também, devido à descarga no solo de despejos nitrogenados da indústria alimentícia. Diante deste cenário, podemos observar que existe uma forte ligação da inadequação das condições de saneamento básico com a contaminação das águas subterrâneas, sendo de extrema relevância o monitoramento da qualidade dessas águas, como forma de compreender as diversas fontes de contaminação, abrangendo as implicações ambientais decorrentes e de saúde da população (AYACH *et al.*, 2009, p. 6)

Com o aumento da degradação dos recursos hídricos e o consumo da água de forma inadequada, houve um grande aumento de mortalidade por doenças de veiculação hídrica, de acordo com (VILA NOVA; TENÓRIO, 2019). No ano de 2016, 1,9 milhões de mortes foram relacionadas à falta de higiene, entre essas, 13% se referem a crianças na faixa etária de 0 a 5 anos, e a maior parte por diarreia (OMS, 2019). Conforme a OMS, em 2017, 3 bilhões de pessoas não possuíam instalações adequadas básicas para higienização das mãos em suas casas, sendo que esse é um simples ato, mas que é de suma importância para prevenir a infecção com o vírus SARS-CoV-2, agente da COVID-19 (OMS, 2020).

A água atua como vetor de muitas doenças, a transmissão pode ocorrer através de uma variedade de mecanismos. A via de transmissão de doenças mais lembrada e diretamente relacionada à qualidade da água é a ingestão da mesma, pessoas saudáveis bebem água que contém ingredientes nocivos à saúde, cuja presença no organismo pode levar ao aparecimento de doenças (BRASIL, 2006). Conforme Pecora (2010), as doenças de veiculação hídrica mais graves são gastroenterite, disenteria, hepatite A, cólera e febre tifóide. Acredita-se que exista uma relação direta com as doenças de veiculação hídrica e as condições de saneamento básico,

ou seja, regiões com o sistema de saneamento precário faz com que a saúde da população seja afetada. Ao analisar a realidade do saneamento brasileiro nota-se que algumas regiões têm índices precários, como o caso das regiões Norte e Nordeste, tendo ainda precariedade na instalação de seus cemitérios, afetando assim a qualidade de suas águas (PAZ *et al.*, 2021).

3.4 Cemitérios

A palavra cemitério significa um espaço, terreno ou recinto em que se enterram e guardam cadáveres humanos ou lugar onde se enterram alguns animais mortos (FERREIRA, 2004). Existentes há milênios os cemitérios têm como objetivo principal o sepultamento de corpos, porém, esses servem como um espaço destinado a visitação e preservação da memória de algo ou alguém que esteve em vida nesta terra. Sendo então procurados para tanto para sanar saudades quanto por questões de respeito e religiosidade (ROCHA; BUENO 2022).

Com a integração dos cemitérios nas grandes malhas urbanas somadas ao não estudo geotécnicos prévio dos corpos hídricos fez com que o solo e as águas subterrâneas e superficiais de rios, lagos e lagoas fossem contaminadas pelo necrochorume, sendo essa substância produzida no estágio de decomposição dos corpos (EVALDT, 2023).

Segundo Saraiva (2010, p.30), depois da morte “os corpos decompõem-se, passando por um processo de destruição dos tecidos por ação de bactérias e enzimas, resultando no fim na sua transformação em gases, líquidos e sais”. No processo de decomposição dos corpos, um líquido é liberado (Figura 2) e que de acordo com a resolução do CONAMA 335 de 3 de abril de 2003 recebeu o nome de “produto de coliquação” popularmente chamado de necrochorume.

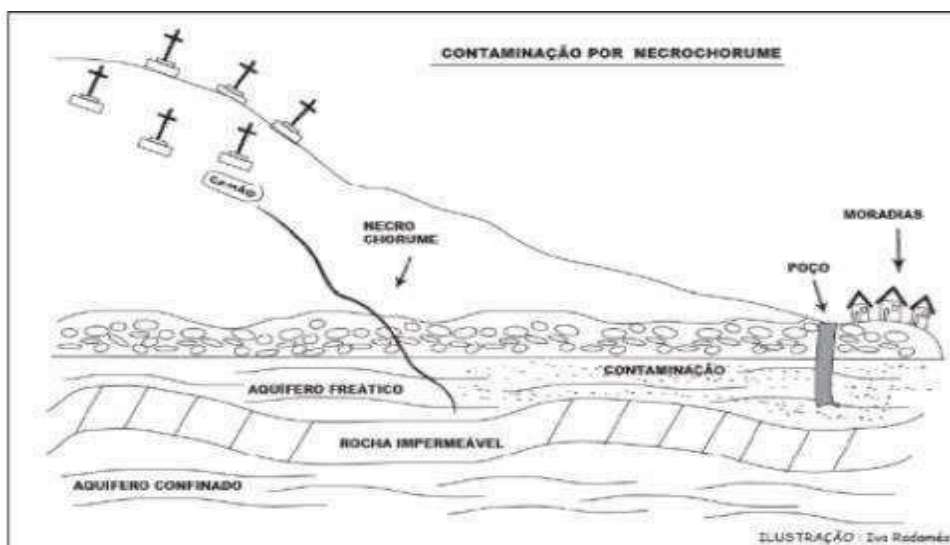
Figura 2 – Vazamento de necrochorume de sepultura



Fonte: Santos *et al.* (2018)

O necrochorume traz em sua composição substâncias como o carbono, fósforo, nitrogênio, cálcio, enxofre, potássio, magnésio, sódio, ferro, cloro e água, porém em análises as substâncias encontradas em maiores quantidades são os carbonos, nitrogênio e cálcio (CARVALHO, 2019). Quando liberado o necrochorume (Figura 3) no solo ocorre a liberação de um líquido percolado, que pode possuir como característica tons entre avermelhado, cobre, laranja até acinzentado, podem também apresentar um forte odor fétido e grande carga patogênica (NETO; JÚNIOR; SILVA, 2019).

Figura 3 – Representação da contaminação por necrochorume



Fonte: Leite (2009, p. 135).

A contaminação das águas ocorre pela liberação deste líquido, decorrente da decomposição de corpos, decomposição essa que ocorre pela presença de vírus, microrganismos e bactérias que ao entrarem em contato com a água levam doenças para os corpos hídricos e aqueles que ingerirem elas (CARVALHO, 2019).

O estudo de Carvalho (2019) pontua que em alguns estados brasileiros a construção dos cemitérios ocorreu de forma inadequada, contribuindo assim para a contaminação das águas subterrâneas nas suas áreas de instalação. O autor salienta ainda que a falta de estudos prévios antes da instalação dos cemitérios faz com que o poder público não tenha conhecimento sobre os perigos de contaminação ambiental na área, colocando em risco a saúde da população.

4 METODOLOGIA

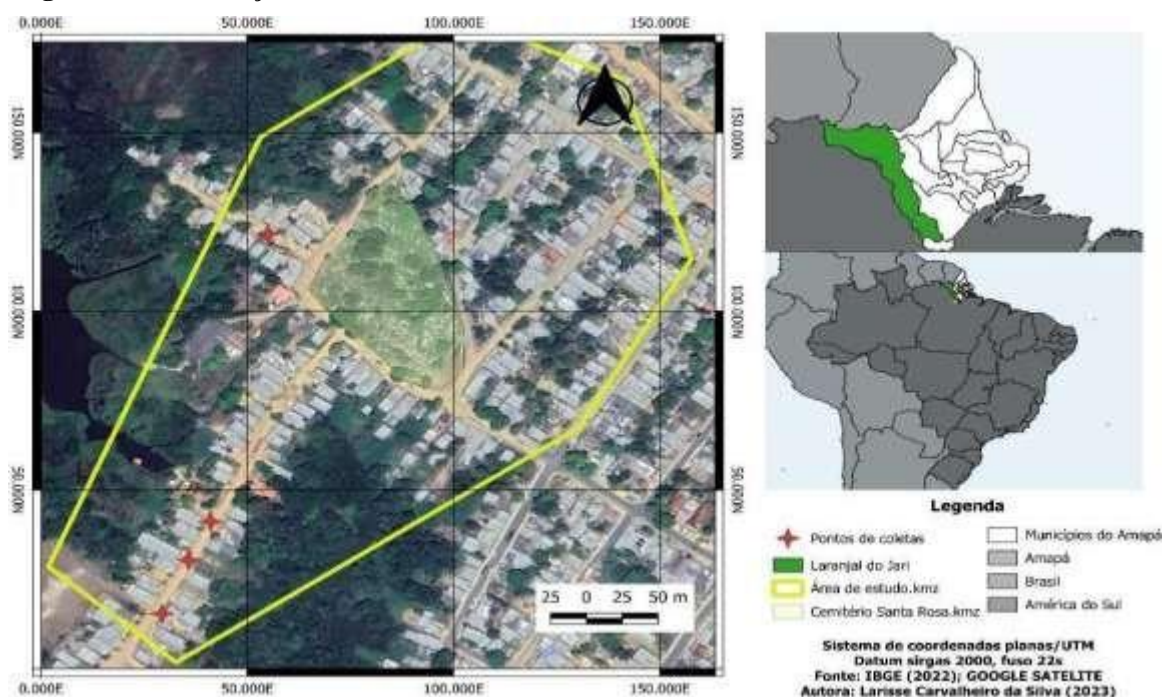
4.1 Área em estudo

O presente estudo foi realizado no município de Laranjal do Jari, localizado na região Sul do Estado do Amapá situado a 15 (quinze) metros de altitude, nas coordenadas geográficas $0^{\circ} 49' 56''$ e $52^{\circ} 24' 37''$ respectivamente. O município foi criado pela Lei Federal N° 7.639, de 6 de dezembro de 1987, faz fronteira com o Estado do Pará, mais especificamente com Monte Dourado, Distrito do Município de Almeirim (PA), situado na outra margem do Rio Jari (TOSTES, 2012).

Um estudo realizado por Gomes Sobrinho *et al.*, (2012) mostra que Laranjal do Jari tem períodos chuvosos que contribuem para níveis altos da pluviometria, sendo eles 1998,2mm a 2347,7mm, tendo a temperatura média entre $24,4^{\circ}\text{C}$ a $28,2^{\circ}\text{C}$. Tal resultado é típico da região amazônica, onde acontece períodos longos de chuva, enquanto em outros momentos a seca é bastante rigorosa (GOMES SOBRINHO *et al.*, 2012).

A área escolhida para a realização da pesquisa foi o bairro Mirilândia (Figura 4), localizada na região urbana de Laranjal do Jari e que tem em sua área a presença do cemitério municipal Santa Rosa. A escolha dos pontos se deu a partir de uma visita prévia na área de estudo a fim de identificar as residências que tinham poços e que os utilizavam para coletar a água e usar para os mais diversos fins.

Figura 4 – Localização da área em estudo



Fonte: Autores (2023)

O ponto 1 fica aproximadamente a 46,95 metros do cemitério, mas necessariamente na rua São Thiago, onde se encontra nos fundos da residência dos moradores, seu principal uso é o consumo, e atividades domésticas. O ponto 2 (Figura 5) fica aproximadamente a 187,31 metros de distância do cemitério, na rua Dias Gomes, se encontra ao lado da residência e o principal uso é para as atividades domésticas. Segundo os proprietários, eles não se sentem seguros para fazer o consumo.

Figura 5 – Coleta no ponto 02



Fonte: Autores (2023)

Observa-se na imagem que, a coleta foi realizada através de um balde, onde o mesmo foi desinfectado com água destilada, pois ainda não há um sistema de tubulação que ligue o poço à residência.

O ponto 3 fica aproximadamente a 241,70 metros do cemitério, também está localizado na rua Dias Gomes, ele se encontra na propriedade de uma igreja, denominada Quadrangular e seu uso é destinado para o consumo e limpeza do local. O ponto 4 fica aproximadamente a 270,97 metros do cemitério, sendo uma residência e o principal uso é o consumo e atividades domésticas. O poço tem um sistema de tubulação, onde é usado uma bomba para puxar a água, que vai direto para o reservatório da residência, como mostra a figura a seguir.

Figura 6 – Sistema de tubulação do ponto 04



Fonte: Autores (2023)

Em todos os pontos coletados o principal método de tratamento é o hipoclorito antes da ingestão. O cemitério Santa Rosa está localizado no bairro Mirilândia, suas principais vias de acesso são as ruas Nossa Senhora da Paz, Santa Helena e Ayrton Senna, no bairro é perceptível a falta de pavimentação e infraestrutura urbana. O entorno do cemitério se caracteriza pela grande densidade de moradias, onde se faz presente as chamadas palafitas e construções de alvenaria, tendo ainda vegetação ao redor das casas.

4.2 Coleta das amostras

As coletas das amostras para as análises físico-química e microbiológica foram realizadas no dia 08 de novembro de 2023, das 10:00h às 12:00h. Os materiais utilizados nas coletas, foram garrafas pets, água destilada, hipoclorito de sódio 100mg/L e caixa térmica. As garrafas, antes de serem usadas nas coletas, foram lavadas com água, sabão neutro e desinfetadas com água destilada.

Nos pontos de coleta, a torneira mais próxima dos poços, passou pelo processo de desinfecção com hipoclorito de sódio 100mg/L, a torneira ficou aberta 2 a 3 minutos, para eliminar impurezas e a água estagnada na tubulação. Cada amostra foi etiquetada com a

identificação do responsável pelas coletas, endereço, nome do proprietário, data e hora da realização das coletas.

Figura 7 – Coleta de amostras do P4



Fonte: Autores (2023)

4.3 Análise das amostras

Na avaliação da qualidade da água foram considerados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, sendo: cor, sólidos totais dissolvidos, temperatura, pH, nitrogênio, fósforo, (ortofosfato), cloretos, coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*).

Após a coleta e acondicionamento das amostras, elas foram encaminhadas via transporte terrestre para análise nos laboratórios de Físico-Química e “Citologia, Microbiologia, Genética e Fitopatologia” da Universidade do Estado do Amapá – UEAP. As análises foram realizadas durante o mês de novembro de 2023. Os parâmetros e os métodos para análise estão descritos no quadro a seguir.

Quadro 2 – Relação entre a metodologia utilizada e os parâmetros analisados

Parâmetro	Metodologia
Cor aparente	Método padrão de Platina-Cobalto. Leitura realizada em espectrofotômetro UV-VIS da Hach, modelo 3900.
Sólidos Suspensos Totais	Método fotométrico. Leitura realizada em espectrofotômetro UV-VIS da Hach, modelo 3900.
Temperatura	Foi determinada com o medidor de pH de bancada (Microprocessado) da marca Tecnopon, modelo mPA210, previamente calibrado.
pH	Foi determinada com o medidor de pH de bancada (Microprocessado) da marca Tecnopon, modelo mPA210, previamente calibrado.
Fósforo	Utilizou-se 10 mL do reagente molibdanovanadato, adicionado a 35 mL da amostra analisada. Após 10 minutos a amostra foi lida em turbidímetro da marca Max.
Cloreto	Método tiocianato de mercúrio. Foram utilizadas duas soluções, solução de íon férrico e solução de tiocianato de mercúrio. As amostras foram lidas em espectrofotômetro UV-VIS da Hach, modelo 3900. Os resultados do teste foram medidos a 455 nm.
Turbidez	Método nefelométrico. O teste foi realizado em turbidímetro da marca Max. Os resultados expressos em UNT.
Coliformes totais	As amostras foram transferidas para frascos estéreis de 100 mL, contendo pastilha de tiosulfato de sódio a 10%. Em cada amostra foi adicionado uma ampola do substrato Colilert® e acondicionadas em estufa bacteriológica para avaliação do crescimento após 24h à temperatura de 35°. Os resultados foram qualificados por ausência e presença. Amostras com coloração amarela indicam presença de coliformes totais.
<i>E. coli</i>	As amostras foram transferidas para frascos estéreis de 100 mL, contendo pastilha de tiosulfato de sódio a 10%. Em cada amostra foi adicionado uma ampola do substrato Colilert® e acondicionadas em estufa bacteriológica para avaliação do crescimento após 24h à temperatura de 35°. Os resultados foram qualificados por ausência e presença. A presença de brilho azulado intenso após a exposição destes poços à luz ultravioleta em câmara de UV indica a presença da bactéria <i>E. coli</i> .

Fonte: Elaborado a partir de Brasil (2021)

Algumas imagens de como foram realizadas as análises, assim como alguns equipamentos utilizados são apresentadas a seguir.

Figura 8 – Análise das amostras

Fonte: Autores (2023). Legenda: A – Análise da cor; B – Análise para detectar *E. coli* e coliformes; C – Estufa para preparação das amostras; D – Aparelho para verificar a turbidez.

Após os resultados das amostras foi realizada a comparação com base na portaria 888/2021 para verificar as possíveis inconsistências nos parâmetros analisados, sendo discutidos a seguir.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise físico-químicas

Os resultados obtidos das análises físico-químicas de poços semiartesianos do município de Laranjal do Jari, no período de novembro de 2023, são apresentados a seguir.

Tabela 1 – Resultados das amostras analisadas

Parâmetro	UN	Portaria		P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4
		888/2021									
pH	-	6 -9	6,67	6,52	6,65	6,53	6,02	5,75	5,58	5,46	
SST	(mg/L)	-	49	72	33	19	2	2	3	2	
Turbidez	(NTU)	5	40,6	59,8	24,1	34,4	1,54	3,45	1,51	0,92	
Cor	(uH)	15	547	405	158	256	9	10	12	18	
Cloreto	(mg/L)	0,5	35	24,8	10,4	9,1	2,4	2,5	2,3	3,4	
Fósforo	(mg/L)	250	0,16	0,22	0,06	0,14	0,4	0,04	0,41	0,13	

Fonte: Autores (2023)

O estudo do potencial hidrogeniônico (pH) dá-se pela análise da concentração de íons de hidrogênio na amostra. É um dos parâmetros mais analisados em estudos que buscam investigar a qualidade da água disponível para consumo da população, sendo que níveis altos de pH indicam a presença de alta concentração de bicarbonatos (ALMEIDA *et al.*, 2018). A pesquisa de Silva *et al.* (2021) pontua que o pH influencia direta no funcionamento do corpo humano, assim como na qualidade de uma gama de alimentos. Além disso, níveis de pH baixo é um dos principais fatores para a corrosão das tubulações, enquanto em níveis altos começam a surgir incrustações nas paredes das tubulações (SILVA; SILVA; NUNES, 2021).

Os valores estão dentro do limite estabelecido da norma, no valor de 6 a 9 (BRASIL, 2021). Os pontos 3 e 4 apresentaram média inferior a 6, o que indica maior acidez nesses pontos. Resultados semelhantes são encontrados no estudo de Silva, Silva e Neves (2021) ao analisarem a água distribuída para a população de uma área do entorno de cemitério no município de Marituba, ficou evidente que o pH estava em índices ácidos, entre 5 em todos os pontos. Os autores comentam que esse padrão de acidez é por conta dos “índices de acidez em todo território paraense são elevados” (SILVA; SILVA; NUNES, 2021, p. 4).

É importante compreender os valores de sólidos nas águas para consumo humano, pois índices altos podem indicar a contaminação da água, principalmente em situações em que existe o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento no meio ambiente. Esse tipo de análise contribui para pesquisas que concentram seus esforços em verificar a presença de poluição ambiental na região, tendo em vista que a distribuição das partículas desses sólidos varia de acordo com a fonte poluidora (TRENTIN; BOSTELMANN, 2010).

Analisando a legislação aplicável para a potabilidade da água para consumo humano, observou-se a inexistência de valores máximos permitidos para os sólidos suspensos totais, porém, como citado anteriormente níveis altos de sólidos em água indica a contaminação por poluição, sendo assim tal parâmetro é de suma importância para o conhecimento do tratamento de água (BRASIL, 2021). Desta forma, pode-se inferir que com a proximidade ao cemitério, os pontos 1 e 2 apresentaram maior índice de sólidos suspensos.

Dornela (2019) comenta em seu estudo que os índices altos de sólidos suspensos totais em água para consumo humano pode ser um indicio para o surgimento de doenças de veiculação hídrica, tendo em vista que os microrganismos estão presentes em maior quantidade neste caso.

O estudo de Silva *et al.* (2021) comenta que a turbidez em águas tem relação direta com o aumento de partículas em suspensão. Esse tipo de análise é feito através da observação de como um feixe de luz passa pela amostra analisada e sua resistência (SILVA *et al.*, 2021). Os valores encontrados para esse parâmetro mostram-se fora do que é permitido na legislação para água para consumo humano nos pontos 1 e 2. De acordo com a portaria nº 888/2021, os valores não podem ser acima de 5 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez) em 95% das amostras para águas subterrâneas com desinfecção (BRASIL, 2021). Observa-se ainda uma possível relação entre os parâmetros de turbidez e os sólidos suspensos, visto que em ambos os valores encontraram-se altos em relação aos demais.

Esses valores diferem dos encontrados por Silva, Silva e Neves (2021), visto que os valores encontrados em suas análises estavam entre 1 e NTU. Os autores comentam que apesar da área apresentar pontos de poluição doméstica os níveis de turbidez das análises não estão alterados (SILVA; SILVA; NEVES, 2021).

A literatura mostra que a cor da água tem relação com a quantidade de partículas que são observadas na amostra, podendo ter origem orgânica e/ou mineral (LEVORLINO, 2021). Esse parâmetro é responsável pela aparência da água nos recipientes, cores turvas indicam maiores concentrações de partículas em suspensão.

Como pode ser observado na tabela 1, os pontos que possuem valores de turbidez e de sólidos suspensos mais elevados também possuem maiores valores no parâmetro cor. Segundo a portaria nº 888/2021 a cor aparente de água para consumo humano para o padrão organoléptico, não deve ultrapassar 15 uH (unidade Hazen) (BRASIL, 2021). Os valores elevados nesses parâmetros podem indicar contaminação por necrochorume, principalmente pela proximidade dos pontos de coleta com o cemitério municipal de Laranjal do Jari.

O cloreto é um íon comum de ser encontrado em análises de água, principalmente pela facilidade que este elemento pode ser adicionado ao solo por meio do processo de irrigação, sendo escoado até os lençóis freáticos e que em grandes quantidades pode afetar a qualidade da água da região (SILVA *et al.* 2018).

Apesar de não oferecer risco para saúde humana a presença de altos índices de cloreto em águas indica a corrosão nos sistemas de distribuição, em águas de poços artesianos, foco deste estudo, tem relação com a forma de captação de água pelos moradores (LUNA *et al.* 2013). Ressalta-se que os resultados encontrados estão de acordo com o estabelecido pela legislação que é de 250 mg/L. Silva *et al.* (2019) verificaram que o poço artesiano da cidade de Remígio, Paraíba, apresentava média de 104,5 mg/L para os pontos analisados. Os autores ressaltam que valores elevados de cloretos em água para consumo pode ser um indicativo de contaminação por esgoto doméstico sem tratamento (SILVA *et al.*, 2019).

O fósforo é um dos nutrientes responsáveis por processos biológicos nas águas, principalmente em relação ao crescimento das algas. Salienta-se que apesar de sua relevância para esses microrganismos, altos índices contribuem para a eutrofização dos corpos hídricos, observando ainda seu papel para estabilizar a matéria orgânica através de bactérias (MACEDO, 2004).

A portaria 888/2021 não estipula valores máximos permitidos para este parâmetro em seus anexos. No estudo de Costa, Silva e Antunes (2020) foram encontrados valores acima do permitido na legislação, com base na resolução 357/2005 do Conama, para o fósforo, sendo um indicativo da presença de contaminantes próximos aos poços artesianos analisados. Os autores salientaram que existia a possibilidade de ser influência do necrochorume do cemitério analisado, tendo a necessidade de uma investigação mais precisa para descobrir a causa dessa contaminação (COSTA; SILVA; ANTUNES, 2020).

5.2 Análise microbiológica

O Ministério da Saúde, por meio da Portaria nº 888 recomenda que seja analisada a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* para avaliar a qualidade microbiológica da água para consumo, e esses microrganismos devem estar ausentes na água consumida (BRASIL, 2021). Sendo assim, a contaminação das águas subterrâneas de consumo humano pela presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) é uma preocupação significativa para a saúde pública.

A *E. coli* é uma bactéria encontrada no trato gastrointestinal de seres humanos e animais de sangue quente, e sua presença na água subterrânea indica a possibilidade de contaminação fecal por material fecal de animais endotérmicos, além de um alto potencial de presença de organismos patogênicos (NASCIMENTO; SENHORAS; FALCÃO, 2019).

Os resultados da determinação dos parâmetros microbiológicos estão contidos na Tabela 1, onde estão determinados a presença ou a ausência de coliformes totais e *E. coli*.

Tabela 2 – Resultados para os parâmetros *E. coli* e coliformes totais

Parâmetro	Portaria 888/2021	P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4
Coliformes Totais	Ausente	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>E. coli</i>	Ausente	P	P	P	P	P	P	P	A

Fonte: Autores (2023). Legenda: A – Ausente, P – Presente.

Com base nos dados da portaria que vem sendo utilizada como referência neste estudo, percebe-se que a água para consumo humano deve apresentar ausência de coliformes totais e *E. coli* (BRASIL, 2021). Todos os pontos analisados apresentaram contaminação por coliformes totais e *E. coli*, exceto na segunda amostra do ponto 4, como pode ser visto na tabela 2. Tais fatos infere na qualidade da água distribuída para a população do bairro Mirilândia, sendo um risco que pode comprometer a saúde dos moradores do local.

Dados semelhantes são encontrados no estudo de Silva, Barbosa e Silva (2018) onde constou a presença de coliformes em 50% das amostras de poços artesianos analisados. Corroborando com a investigação de Silva *et al* (2017) em que 100% de suas amostras tinham a presença de contaminantes biológicos, resultando no não atendimento dos padrões obrigatórios da legislação brasileira.

Müller *et al.* (2022) ao analisarem águas para consumo humano de poços artesianos localizados próximos ao cemitério da cidade, detectaram coliformes totais e *E. coli* em 40% de suas amostras. Os autores comentam que tal resultado pode ter relação com a contaminação por

necrochorume e pelo esgotamento sanitário das residências localizadas no bairro (MÜLLER *et al.*, 2022).

O estudo de Gonçalves e Oliva (2019) encontraram resultados semelhantes para coliformes totais em água de consumo de moradores residentes próximo ao cemitério municipal de Mocajuba, estado do Pará. Os autores pontuam que a presença de bactérias tem relação direta com a matéria orgânica de corpos recentes em decomposição (GONÇALVES; OLIVA, 2019). Como foi discutido acima a presença de microrganismos patógenos nas amostras analisadas é um indicativo de contaminação do poço semiartesiano utilizado para o abastecimento do bairro Mirilândia. Essa contaminação pode ocasionar problemas de saúde para a população, tendo a necessidade e urgência do poder público em realizar o monitoramento das águas de consumo da localidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizando este estudo pode-se perceber que as análises físico-química da água de poço artesiano do bairro Mirilândia estão, em sua maioria, dentro do permitido pela legislação, tendo alteração apenas para os parâmetros turbidez e cor. Ressalta-se que apesar de tal alteração não existe um indicativo na literatura que esses parâmetros influenciam na qualidade da saúde humana, porém, isso não pode ser suficiente para um registro de qualidade da água, visto a necessidade de estudos mais aprofundados sobre todos os parâmetros contidos na legislação vigente.

Quanto a análise microbiológica observou-se a presença de coliformes e *E. coli* em pelos menos 90% das amostras analisadas nos quatro pontos de coletas. Esses resultados são alarmantes, sendo um forte indício de poluição ambiental pela existência de uma fonte poluidora próximo ao ponto de captação de água.

A proximidade com o cemitério Santa Rosa pode ser o principal fator de contaminação das águas subterrâneas que são utilizadas pelos moradores do bairro Mirilândia, principalmente através do necrochorume. Essa problemática tem relação direta com a forma que o cemitério foi instalado, tendo em vista que cemitérios mais antigos não tinham muitas exigências quanto a sua instalação e o monitoramento do lençol freático local.

Recomenda-se que para os estudos futuros sejam realizadas perfurações dentro do cemitério Santa Rosa, como um mecanismo de monitoramento do lençol freático local, possibilitando com maior precisão a existência de contaminação das águas subterrâneas pelo necrochorume, essa sugestão pode ampliar a possibilidade de contaminação por mantas hídras superficiais que podem penetrar no lençol freático preservado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. F. *et al.* Establishing relationships between bath composition and the properties of amorphous Ni–Mo alloys obtained by electrodeposition. **Journal Of Alloys And Compounds**, [S.L.], v. 888, p. 161595, dez. 2021.

ANA. Agência nacional de água e saneamento básico. **Relatório anual de conjuntura de recurso hídricos do Brasil**. Brasília, DF, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Poços para Captação das Águas Subterrâneas. 2016

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. New York. 1995.

AYACH, L. R. *et al.* Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio-MS. **CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 4, n. 1, 2009.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da Água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS N° 888, de 04 de maio de 2021**. Brasília, 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 335, de 3 de março de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da União, Brasília, 28 mar, 2003.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto de Cadastro de Fontes de Abastecimento por água subterrânea**. 2006.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas, um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília: MMA, 2007.

CARVALHO, L. A. P. F. B. **Neurochorume: aspectos da mobilidade e da mitigação dos impactos**. 2019. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, 2019.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2008.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). **Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

CORREIA, A.; BARROS, E.; SILVA, J.; RAMALHO, J. Análise da turbidez da água em diferentes estados de tratamento. In: **VIII ERMAC 8º ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL**, 8, 2008, Natal. Resumo das

comunicações dos minicursos e do minisimpósio. São Carlos: SBMAC - Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional, p. 1 – 5, 2008.

COSTA, L. A.; SILVA, P. A.; ANTUNES, P. A. Análise da atividade cemiterial na qualidade da água no município de Presidente Prudente-SP. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 76, p. 298-325, set./dez. 2020.

CUNHA, A. C. (Org.). **Termo de Execução Descentralizada. Projeto: Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) do Estado do Amapá**. Macapá: UNIFAP/FUNASA, 2018. 52 p.

CUSTODIO, E.; SILVA JUNIOR, G. C. Conceptos Básicos sobre o papel ambiental das águas subterrâneas e os efeitos da sua exploração. **Boletim Geológico y Mineiro**. 119 (1) p. 93-106. 2008.

DORNELA, N. M. O. **Balanco de massa de matéria orgânica em um sistema de tratamento de esgoto doméstico por lodos ativados com aeração prolongada**. 2019. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora. 2019.

EVALDT, N. S. **Investigação de contaminação por necrochorume em uma área rural do município de Três Cachoeiras-RS**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2023.

FERIANI, R. *et al.* Captação de água subterrânea: conceito e legislação. In: FERIANI, R. **Captação de água subterrânea: conceito e legislação**. [S. l.]: Amblegis, 2021.

GOMES SOBRINHO, T. R.; QUINTAIROS, M. V. R.; GOMES, R. C. A. S. R.; SANTANA, E. J. M. **Classificação climática conforme a metodologia Köppen do município de Laranjal do Jari/Amapá/Brasil**. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., Palmas, TO. Anais [...]. Palmas: IFTO, 2012.

GONÇALVES, L. C.; OLIVA, P. C. Estudo dos impactos ambientais ocasionados pelo cemitério municipal de Mocajuba (Pará, Brasil). **Brasilian Journal Of Development**, Curitiba, v.5, n.9, p.13650-13672, set. 2019.

HIRATA, R. *et al.* **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. Instituto Trata Brasil. 2018.

LEITE, E. B. Análise físico-química e bacteriológica da água de poços localizados próximo ao cemitério da comunidade de Santana, Ilha de Maré, Salvador-BA. **Candombá**, v. 5, p. 132-148, jul – dez 2009.

LERVOLINO, L. **Cor em águas naturais**. Portal tratamento da água, 2021.

LÖBLER, C. A.; SILVÉRIO, J. L.; TERRA, L. G. **Mapeamento da vulnerabilidade das águas subterrâneas e uso do solo na área urbana do município de Nova Palma, RS**. 2. Ed. Santa Maria: Ciência e Natura, 2014. V. 36, 588 p.

LUNA, N. R. S., ANDRADE, E. M., CRISÓSTOMO, L. A., MEIRELES, A. C. M.; AQUINO, D. N. Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 53-62, 2013.

MACEDO, J. **Águas e águas**. 2.ed. / atual. rev. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004.

MÜLLER, A. L. C. *et al.* Análise físico-química e microbiológica da água subterrânea em um município da região sul do Brasil. **Águas Subterrâneas** - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2022

NASCIMENTO, F. L.; SENHORAS, E. M.; FALCÃO, M. T. Necrópoles e os impactos ambientais: cemitério público municipal, Boa Vista-RR. **Revista Barú-Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 4, n. 2, p. 236-256, 2019.

NETO, J. A. F.; JÚNIOR, I. M. P.; SILVA, G. S. D. Necrochorume: conceitos, leis e influências. **Ciências exatas e tecnológicas**, Alagoas, v. 5, p. 141-158, 2019.

OMS. Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19: Interim guidance. WHO and UNICEF. 2020.

PAZ, M. G. A.; FRACALANZA, A. P.; ALVES, E. M.; SILVA, F. J. R. Os conflitos das políticas da água e do esgotamento sanitário: que universalização buscamos? **Estudos Avançados**, 35(102), 193–208, 2021.

PECORA, Iracy Lea. **Doenças de veiculação hídrica**. São Paulo: Atlas, 2010.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital Ecológico, uso conservação**. 4 ed. Escrituras, São Paulo, 2006.

ROCHA, J. V. V.; BUENO, P. H. C. Cemitérios Verticais no Brasil e seus Planejamentos Diante da Expansão Urbana: Uma Revisão Bibliométrica. **REVISTA EQUADOR**, v. 11, n. 1, p. 87-102, 2022.

SANTOS, P. R. A.; ALMEIDA NETO, A. F.; AGUIAR, R. T.; LIMA, W. S. G.; MELO, M. A. R. Caracterização química subsuperficial do solo do cemitério municipal São Sebastião em João Pessoa–PB. **Enciclopédia Biosfera**. vol.15, n.28, p.259-270. 2018.

SARAIVA, F. A. **Avaliação de métodos geofísicos no comportamento espacial de plumas de necrochorume**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 137. 2010.

SILVA, A. C. *et al.* Impacto físico-químico da deposição de esgotos em fossas Sobre as águas de aquífero freático em Ji-Paraná-RO. *Revista de estudos ambientais*, v. 11, n. 2, p. 101-112, 2010.

SILVA, L. P.; BARBOSA, J. P.; SILVA, G. A. Análise exploratória de dados da qualidade da água de poços amazonas na cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 43-51, 2018.

SILVA, A. B. *et. al.* Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 2, p. 109-118, 2017.

SILVA, M. A. P. **Avaliação físico-química, microbiológica e fatores de influência na qualidade da água em poços residenciais no município de Laranjal do Jari, Amapá, Brasil.** 2022. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal do Amapá, Laranjal do Jari, AP, 2022.

SILVA, R. B. P. *et al.* Atributos físicos e químicos de solos em área de cemitérios na Amazônia, Brasil. **Revista Valore**, Volta Redonda, 6, e-6004, 2021.

SILVA, D. K. O.; SILVA, E. C. R.; NEVES, L. A. Análise da qualidade da água subterrânea, no entorno de um cemitério no município de Marituba (PA), Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 33, 85-90. 2019.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte - MG: UFMG, 2014

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Ministério das Cidades. Série Histórica: Amapá, Cutias, Itaubal, Laranjal do Jari, Mazagão, Vitória do Jari – Amapá. 2019. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

TRENTIN, P.S.; BOSTELMANN, E. **Programa Interlaboratorial, para Sólidos Totais dissolvidos e em suspensão em amostras de águas.** Dezembro, 2010.

VICTORINO, C. J. A. Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na Metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. 1 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

VILA NOVA, F. V. P.; TENÓRIO, N. B. Doenças de Veiculação Hídrica Associadas à Degradação dos Recursos Hídricos, Município de Caruaru – PE. **Caminhos De Geografia**, Uberlândia-MG v. 20, n. 71, setembro, p. 250-264, 2019.