UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BRAGANÇA
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS NATURAIS

YONE DE FÁTIMA CARVALHO DE SOUZA

AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS ARTESIANOS DE RESIDÊNCIAS ADJACENTES AOS CEMITÉRIOS NA CIDADE DE BRAGANÇA - PARÁ

BRAGANÇA- PARÁ
2022

YONE DE FÁTIMA CARVALHO DE SOUZA

AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS ARTESIANOS DE RESIDÊNCIAS ADJACENTES AOS CEMITÉRIOS NA CIDADE DE BRAGANÇA - PARÁ

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado como requisito para a obtenção do grau de Licenciado Pleno em Ciências Naturais, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Andrés Chira Oliva

BRAGANÇA – PARÁ
2022

YONE DE FÁTIMA CARVALHO DE SOUZA

AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS ARTESIANOS DE RESIDÊNCIAS ADJACENTES AOS CEMITÉRIOS NA CIDADE DE BRAGANÇA - PARÁ

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado como requisito para a obtenção do grau de Licenciado Pleno em Ciências Naturais, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará.

Data da aprovação: _15_/_12_/ 2022

Conceito: _EXCELENTE___

BANCA EXAMINADORA:

_____

UFPA – Prof. Dr. Pedro Andrés Chira Oliva (Orientador)

_____

UFPA-IG - Prof. Dr. Francisco de Souza Oliveira (Avaliador)

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe, Maria do Carmo (*in memoriam*), que sempre esteve presente em minha vida, me dando uma base de amor, carinho, força, fé e coragem. Dedico também àqueles que inadvertidamente sofrem as consequências da problemática aqui mencionada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus três amores, meus filhos, Marco Afonso, Bernardo Carvalho e Maria Luiza que são minha razão para continuar meus propósitos e metas, afim de proporcionar o melhor a eles.

A meus pais Luiz Otávio Mesquita de Souza e Maria do Carmo Carvalho de Souza (*in memoriam*) que são minha base e não me deixaram desistir em momentos de extremo cansaço, físico e mental. Em especial a minha mãe, que durante toda minha trajetória acadêmica, foi meu suporte. Ela que, no dia-a-dia, durante minhas idas à UFPA, do ano de 2018 até início de 2020, por diversas vezes, se fez presente em minha residência, cuidando de meus filhos, em meus momentos de ausência.

Lamentavelmente, durante meu processo de construção de TCC, minha mãe foi diagnosticada com uma doença terminal, que culminou no seu falecimento no dia 19 de fevereiro de 2022, mas, sempre forte na fé, me impulsionou a confiar em Deus, para passar por cima das barreiras e com isso, conquistar a vitória. Sem ela, não seria nada!

A meu irmão, Marcus Alexandre Carvalho de Souza, que também me deu todo apoio necessário e é minha fonte de inspiração, enquanto profissional.

A meu esposo, Marcos Vinícius Lhamas da Silva, que me ajudou bastante nesta caminhada, exercendo seu papel de pai, enquanto, eu estava ausente.

Aos amigos de curso que fiz durante minha trajetória acadêmica, pelo apoio e sustento em momentos difíceis que passamos. Guardo todos vocês em meu coração.

Ao meu orientador, Professor Dr. Pedro Andrés Chira Oliva, que esteve comigo me direcionando em todos os momentos deste projeto, e também fora dele, mostrando-se humano e profissional sempre presente, ativo, paciente, com prazer de compartilhar seus valorosos conhecimentos, e me proporcionou oportunidades que nunca tinha tido, que enriqueceram minha trajetória acadêmica e profissional.

Aos professores e as professoras do Instituto, que contribuíram para minha formação profissional e acadêmica durante a graduação.

À Secretaria de Saúde e equipe da Vigilância Sanitária (VISA) / Prefeitura Municipal de Bragança (PMB) pelo importante suporte na realização das coletas de dados, desde transporte, materiais e envio de amostras para laboratório para as análises microbiológicas. Em especial ao Sr. Adilson “Zeca Souza” e Cristiane Barros Soares, Diretor e ex-diretora do departamento SISAGUA – VISA, respectivamente.

À equipe do Laboratório Regional de Capanema vinculado com ao Laboratório Central do Estado do Pará (LACEN - Belém), que realizaram as análises microbiológicas.

Ao Laboratório de Genética e Microbiologia do Pescado, Universidade Federal do Pará (UFPA) Bragança, na pessoa da Professora Dra. Simoni Santos, que cedeu o espaço, materiais e equipamentos para higienização e esterilização dos frascos de polipropileno.

Ao Instituto Evandro Chagas (IEC), que realizou as análises de metais pesados.

RESUMO

O presente trabalho objetivou realizar investigação em amostras de água de treze pontos, para averiguar se há presença de indicadores de contaminação nas águas oriundas de poços artesianos de casas adjacentes aos cemitérios “Santa Rosa de Lima” e “Campo da Saudade” em Bragança-Pará, e se tais cemitérios têm indícios de influência na problemática, levando em consideração possível contaminação dos lençóis freáticos das áreas das necrópoles em questão e seus arredores, por meio de indicadores físico-químicos, microbiológicos e organolépticos. Foi utilizado o método direto, por meio de análises laboratoriais. Para este trabalho, foi considerada a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde do Brasil, que indica os valores para água potável. Para detecção de parâmetros microbiológicos como coliformes totais e *Escherichia coli*, foi usado o método Substrato Cromogênico / Enzimático, SMEWW, 9223 B. Na análise físico-química (organoléptica) para turbidez, o método empregado foi o Nefelométrico, SMEWW, 2130 B. Para detecção de metais pesados e alcalinos, o método usado foi de Plasma Acoplado Indutivamente (ICP), SMEWW, 3120B. As amostras de águas foram coletadas no ano de 2021, nos períodos sazonais chuvoso, nos meses de fevereiro e março, e menos chuvoso ou seco, no período de junho a julho para análises física e microbiológicas; em setembro, as amostras foram coletadas para análises de metais. Os resultados de algumas amostras estavam acima dos Valores Máximos Permitidos. Na primeira coleta obtiveram presença de Coliformes Totais em 0,2% das amostras próximas ao cemitério “Santa Rosa de Lima” e em 100% das amostras do cemitério “Campo da Saudade”. Na segunda coleta próxima ao cemitério “Santa Rosa de Lima” 0,1% detectou CT e *Escherichia coli*, e do cemitério “Campo da Saudade” foi reportado CT em 0,75% das amostras. Foi detectada a presença de alumínio em 0,5% das amostras próximas ao cemitério “Santa Rosa de Lima” e em 0,75% nas amostras coletadas próximas ao cemitério “Campo da Saudade” e isto pode apontar desencadear uma possível presença de contaminação do aquífero freático. Isso pode ocorrer devido à proximidade com os cemitérios e possíveis infiltrações em sepulturas que fazem o necrochorume fluir para os lençóis freáticos e consequentemente para regiões adjacentes. A água captada por poços artesianos circunvizinhos pode comprometer a qualidade de vida da população e, se utilizada para abastecimento e consumo humano, pode trazer danos à saúde.

Palavras-chave: Cemitério. Necrochorume. Concentração de coliformes. Metais pesados. Água subterrânea. Potabilidade.

ABSTRACT

This final project aims at carrying out an investigation in water samples from thirteen points, in order to verify if there are indicators of contamination in the water coming from artesian wells of houses nearby the cemeteries “Santa Rosa de Lima” and “Campo da Saudade”, in Bragança-Pará-Brazil. We also aim at verifying whether there is evidence those cemeteries have influence on the problem, taking into account possible contamination of groundwater in the areas of the aforementioned necropolises and the surrounding area, through physical-chemical, microbiological and organoleptic indicators. We used the direct method through laboratory analysis. We have considered the Decree 888/2021 from the Brazilian Ministry of Health, which indicates the values for drinking water. For the detection of microbiological parameters such as Total Coliforms and *Escherichia coli*, we used the Chromogenic/ Enzymatic Substrate method, SMEWW, 9223 B. In the physical-chemical (organoleptic) analysis for Turbidness, the method used was the Nephelometric, SMEWW, 2130 B. For detection of heavy and alkaline metals, the method used was Inductively Coupled Plasma (ICP), SMEWW, 3120B. Water samples were collected during 2021, in the rainy season, in the months of February and March, and in the less rainy or dry season, in the months of June and July for physical and microbiological analyses; in September, samples were collected for metal analyses. The results of some samples were above the Maximum Permissible Values. In the first sample collection, 0.2% of the samples near the “Santa Rosa de Lima” cemetery presented the presence of Total Coliforms, while 100% of the samples near the “Campo da Saudade” cemetery presented Total Coliforms. In the second sample collection, near the “Santa Rosa de Lima” cemetery, 0.1% detected Total Coliforms and *Escherichia coli*, and near the “Campo da Saudade” cemetery, Total Coliforms was reported in 0.75% of the samples. The presence of aluminum was detected in 0.5% of the samples near the “Santa Rosa de Lima” cemetery; the samples collected close to the “Campo da Saudade” cemetery presented 0.75% of presence of aluminum. This may indicate a possible presence of water table contamination, which can occur due to the proximity to cemeteries and possible infiltrations in graves that make the slurry flow to the water tables and consequently to adjacent regions. Water captured by surrounding artesian wells can compromise the quality of life of the population and, if used for human supply and consumption, can harm health.

Keywords: Cemetery Slurry. Coliforms concentration. Heavy metals. Groundwater. Potability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cemitério vertical São Miguel e Almas em Porto Alegre, RS 22

Figura 2 - Cemitério de Sousa, Campinas-SP. Exemplo de um cemitério tradicional 23

Figura 3 - Cemitério Jardim Metropolitano, Fortaleza, CE 23

Figura 4 – Crematório 24

Figura 5 - Esquema da contaminação dos aquíferos freáticos por necrochorume em cemitérios 26

Figura 6 - Diagrama das substâncias componentes do necrochorume 30

Figura 7 - Mapa de localização da cidade de Bragança – Pará; localização dos cemitérios “Santa Rosa de Lima”, “Campo da Saudade” e os 13 pontos de coleta .39

Figura 8 - Cemitério “Santa Rosa de Lima”, Bragança – Pará 41

Figura 9 - Cemitério “Campo da Saudade”, Bragança – Pará 41

Figura 10 - Coleta de amostras de água. Utilização de saco coletor e luvas. Torneira previamente higienizada com utilização de álcool e gaze estéril 44

Figura 11 - Amostras de água, em sacos coletores de 100 ml, dispostas em caixa térmica, preparadas para transporte para o ‘Laboratório Regional” de Capanema – Pará 44

Figura 12 - Frasco de polipropileno (A) utilizado nas coletas; autoclave (B) e estufa (C) utilizadas na esterilização e secagem dos frascos respectivamente 46

Figura 13 - Amostras de água, em frascos de polipropileno de 500 ml, dispostas em caixa isotérmica, sendo preparadas para transporte para Laboratório do Instituto Evandro Chagas, em Belém – Pará 46

Figura 14 – Gráfico de distância aproximada (expressa em metros) dos poços para o cemitério “Santa Rosa de Lima”.....56

Figura 15 – Gráfico de distância aproximada (expressa em metros) dos poços para o cemitério “Campo da Saudade”.....56

Figura 16 – Gráfico de tempo de atividade dos poços (expressa anos) dos pontos próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”.....57

Figura 17 – Gráfico de tempo de atividade dos poços (anos) dos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”.....57

Figura 18 – Gráfico representativo das profundidades dos poços (expressas em metros) dos pontos próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”.....58

Figura 19 – Gráfico representativo das profundidades dos poços (expressas em metros) dos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”.....58

Figura 20 – Gráfico representativo (expresso em percentuais) sobre o consumo de água e histórico de doenças relacionadas ao consumo do fluido nos pontos próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”.....59

Figura 21 – Gráfico representativo (expresso em percentuais) sobre o consumo de água e histórico de doenças relacionadas ao consumo do fluido nos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”.....59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Patógenos e indicadores de patógenos comuns em águas 27

Quadro 2 – Análise Microbiológica - Cemitério Santa Rosa de Lima – Período chuvoso – fevereiro e março – 2021 47

Quadro 3 – Análise Microbiológica - Cemitério Campo da Saudade - Período chuvoso - fevereiro e março – 2021 48

Quadro 4 – Análise Microbiológica - Cemitério Santa Rosa de Lima – Período seco – junho e julho – 2021 48

Quadro 5 – Análise Microbiológica - Cemitério Campo da Saudade – Período seco – junho e julho – 2021 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades da Cadaverina e Putrescina. 30

Tabela 2 - Composição aproximada do necrochorume de um corpo de homem adulto pesando 70 kg 31

Tabela 3 - Valores Máximos Permitidos (VMP – mg/L) dos metais pesados segundo a Portaria nº 888/2021 do MS 37

Tabela 4 - Variáveis mínimas necessárias para monitoramento de águas subterrâneas. (Metais Pesados) 45

Tabela 5 - Análise Física – Cemitério “Santa Rosa de Lima” – Período Chuvoso - fevereiro e março – 2021 50

Tabela 6 - Análise Física - Cemitério “Campo da Saudade” - Período chuvoso - fevereiro e março – 2021 51

Tabela 7 – Análise Física - Cemitério “Santa Rosa de Lima” – Período seco – junho e julho – 2021 51

Tabela 8 – Análise Física - Cemitério Campo da Saudade – Período seco – junho e julho – 2021 52

Tabela 9 – Análise de Metais (alcalinos e pesados) - Cemitério Santa Rosa de Lima – Período seco – setembro – 2021 52

Tabela 10 – Análise de Metais (alcalinos e pesados) - Cemitério Campo da Saudade – Período seco – setembro – 2021 53

Tabela 11 - Questionário realizado na vizinhança do Cemitério “Santa Rosa de Lima” 54

Tabela 12 - Questionário realizado na vizinhança do Cemitério “Campo da Saudade”. 55

LISTA DE SIGLAS

MS	Ministério da Saúde
SAC	Solução Alternativa Coletiva
SAI	Solução Alternativa Individual
SMEWW	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15
2. JUSTIFICATIVA 18
3. OBJETIVOS 20
3.1 Objetivo Geral 20
3.2 Objetivos Específicos 20
4 REFERENCIAL TEÓRICO 21
4.1 Cemitério 21
4.2 Tipos de Cemitério 21
4.2.1 Cemitérios verticais 21
4.2.2 Cemitérios tradicionais 22
4.2.3 Cemitério parque ou jardim 23
4.2.4 Crematórios 24
4.3 Cemitérios e a contaminação do meio ambiente 24
4.4 Contaminação do solo e das águas subterrâneas 25
4.5 Doenças de veiculação hídrica 27
4.6 Necrochorume: composição e impactos causados 29
4.7 Parâmetros de análise de água 31
4.7.1 Parâmetros microbiológicos 31
4.7.1.1 Cenário internacional 31
4.7.1.2 Cenário Nacional (Brasil) 32
4.7.1.3 Indicadores microbiológicos - Grupo Coliformes Termotolerantes e Totais . 32
4.7.1.3.1 Escherichia coli 33
4.7.1.3.2 Coliformes Totais 33
4.7.2 Indicadores Físicos 33
4.7.2.1 Turbidez 33
4.7.3 Indicadores Químicos Inorgânicos- Metais Alcalinos 33
4.7.3.1 Indicadores Químicos Inorgânicos- Metais pesados 35
5. MATERIAIS E MÉTODOS 38
5.1 Área de estudo 38
5.2 Metodologia 42

5.2.1 Visita piloto 42
5.2.2 Questionário semi-aberto 43
5.2.3 Análises microbiológicas e física em amostras de águas de poços artesianos 43
5.2.4. Análise de metais em amostras de água de poços artesianos 45
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 47
6.1 Análise microbiológica 47
6.2 Análise física 50
6.3 Análise de metais 52
6.4 Questionário Semi-aberto..... 54
7. CONCLUSÃO 62
8. RECOMENDAÇÕES 64
REFERÊNCIAS 65
ANEXO A – Questionário semi-aberto 72

1. INTRODUÇÃO

Existem vários efluentes líquidos, associados a diversas atividades humanas, capazes de contaminar os recursos hídricos e que contribuem para a diminuição da água potável disponível para o consumo humano. Uma das substâncias responsáveis por essa contaminação é o necrochorume (ZINA, 2015). O necrochorume é o principal responsável pela poluição ambiental ocasionada por conta de cemitérios. Ele pode conter diferentes tipos de bactérias e muitos tipos de vírus (KEMERICH *et al.,* 2012).

O estudo realizado por Bauab e Leme (2013) revelou que muitos organismos patogênicos, concentram-se no solo e utilizam a água como forma de disseminação. Entre as bactérias e vírus patogênicos mais importantes transportados estão: *Salmonella sp*., *Shiguella sp*., *Yersinia enterocolitica, Pseudotuberculosis sp, Leptospira sp., Francisella tularensis, Enteotoxigenica coli, Hepatitis virus, Pólio virus, Adenovírus sp* e o *Rotavírus sp.*

Os impactos ambientais causados por cemitérios podem ser oriundos da decomposição cadavérica, resíduos orgânicos e microrganismos patógenos, bactérias e vírus, que podem migrar através do solo para as águas subterrâneas (VAEZIHIR e MOHAMMADI, 2016).

As alterações que os cemitérios têm potencial de causar podem ser físicas, químicas e biológicas no solo, nas águas subterrâneas e superficiais (CAMPOS, 2007). Por isso faz-se necessário estabelecer quais os indicadores físico-químicos e microbiológicos devem ser adotados para que se possa avaliar a qualidade de águas subterrâneas nas adjacências de cemitérios (OLIVEIRA, 2020).

Estima-se que cerca de 75% dos cemitérios do país tenham problemas com vazamento de necrochorume, que é um líquido resultante do processo de decomposição cadavérica e que contamina aquíferos freáticos e reservas subterrâneas. O elevado crescimento populacional exige áreas maiores para o sepultamento de corpos humanos. As áreas destinadas pelo setor público ou pela iniciativa privada para a implantação de cemitérios, são comumente de baixo valor econômico, frequentemente em áreas com desenvolvimento socioeconômico reduzido. Usualmente são áreas de baixios e com problemas de inundações, cujas características geológicas e hidrogeológicas são inadequadas, e podendo acarretar complicações ambientais e sanitárias (ECODEBATE, 2017).

A construção de cemitérios em locais inadequados é um fator de risco e uma fonte de contaminação ambiental. A contaminação do aquífero localizado dentro do cemitério, através da infiltração da água da chuva nas sepulturas pode resultar na contaminação de áreas vizinhas ao cemitério, onde essa água contaminada pode atingir os poços artesianos usados pela população local, expondo os moradores a doenças infecciosas (RAIOL *et al.,* 2019).

Segundo Neckel (2017) o crescimento urbano resultante do crescimento populacional tem ocasionado a redução de espaços disponíveis para os cemitérios, isso envolve um aumento no número de casas em áreas não ocupadas anteriormente. Esta justaposição de zonas residenciais e cemiteriais, agrava ainda mais o potencial poluidor dos cemitérios. Populações que vivem perto de cemitérios podem estar expostas a níveis elevados de contaminantes altamente prejudiciais à saúde humana (OLIVEIRA *et al.,* 2012).

Tormen *et al.* (2017) avaliaram amostras de água subterrânea provenientes de poços existentes à jusante de dois cemitérios situados no município de Erechim (RS) e foi constatada a existência de contaminação podendo ser ocasionada pelo processo de putrefação dos corpos humanos ou por microorganismos e degradação biológica da matéria orgânica de esgoto sanitário, como tanques sépticos ou vazamentos de tubulações e valas de áreas próximas. A presença dos contaminantes nas amostras estudadas pode dar lugar a doenças e complicações de saúde pública.

Raiol & Oliva (2019) realizaram um diagnóstico ambiental preliminar de subsolo do cemitério da Vila de São Joaquim de Ituquara, no município de Baião (Pará). Os estudos de análise microbiológica indicaram que a água avaliada, estava dentro dos valores padrão, segundo o Ministério da Saúde, para consumo humano. No entanto os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, oxigênio dissolvido) excederam os valores padrão de acordo com a legislação brasileira vigente.

Santos *et al.* (2015) analisaram a qualidade de amostras de água subterrânea no entorno do cemitério de Campo Santo em Salvador (BA) e os resultados das análises microbiológicas (*Escherichia coli* e Clostridium perfringens) e físico-químicas (turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, cor aparente), sugeriram contaminação por necrochorume.

Gonçalves & Oliva (2019) estudaram a existência de contaminação subterrânea no cemitério municipal da cidade de Mocajuba, com base na análise de concentrações de coliformes (Total e Termotolerante), pH, condutividade, oxigênio dissolvido,

salinidade e sólidos dissolvidos totais. As análises microbiológicas acusaram presença de Coliformes Totais e Termotolerantes fora do padrão para consumo humano, como também três dos cinco parâmetros (condutividade, oxigênio dissolvido e pH) estavam fora dos valores padrão estabelecidos pela legislação vigente. Este estudo revelou que as águas subterrâneas estavam sofrendo influência da degradação de corpos ali presentes.

No âmbito internacional, há diversos estudos sobre a lixiviação dos cemitérios como fator de impacto na qualidade da água subterrânea. Diversas pesquisas estão sendo realizadas, principalmente na Austrália, Canadá, Alemanha, África do Sul e Reino Unido (BRENNAN *et al.,* 2017).

A lixiviação vem carregada sobretudo dos componentes do necrochorume, e, além deste contaminante, o solo e água subterrânea podem ser contaminados por produtos derivados do embalsamento do corpo (formaldeído, fenol e metanol); por produtos enterrados junto com o cadáver como suas vestimentas, calçado e objetos de estimação; por componentes do caixão (aço, madeira, verniz) e atividades inerentes da própria manutenção do cemitério (FORMANEK, 1999).

No presente estudo, foi avaliada a potabilidade da água subterrânea dos cemitérios, “Santa Rosa de Lima” e “Campo da Saudade”, da cidade de Bragança (Pará), através das análises microbiológicas, física e de metais (alcalinos e pesados) em amostras de água de poços artesianos coletados aos arredores dos referentes cemitérios.

2. JUSTIFICATIVA

Os cemitérios são considerados fontes de contaminação, que podem gerar problemas ao meio ambiente, devido às práticas de sepultamento de corpos humanos, em covas abertas no solo. Tal ação pode impactar negativamente o solo, as águas superficiais e subterrâneas por conta de resíduos cemiteriais provenientes de caixões ou vestes dos enterrados e também da liberação de necrochorume, líquido proveniente da decomposição de corpos, que é composto por bactérias e vírus que se proliferam e liberam substâncias químicas prejudiciais à saúde dos seres vivos.

As práticas de sepultamento de corpos humanos em covas abertas ao solo, são empregadas nos cemitérios “Santa Rosa de Lima” e “Campo da Saudade”, localizados no município de Bragança- Pará, sem utilização de medidas de proteção ambiental.

O cemitério “Santa Rosa de Lima”, foi inaugurado no dia 23 de junho de 1888, atualmente tem 134 anos (SETUR, 2013), enquanto o cemitério “Campo da Saudade” tem aproximadamente 34 anos de atividades (informação verbal)[1]. Ambos foram construídos em locais onde, na época de suas inaugurações, as áreas eram inabitadas, porém, com o acelerado crescimento populacional, atualmente estão totalmente circundados por residências, em suas adjacências, e, devido à má qualidade de água fornecida pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), muitos destes moradores que vivem aos entornos das referidas necrópoles, dispõem de reservatórios particulares de água.

A prática de escavação de poços às proximidades de cemitérios, pode trazer consequências negativas, visto que, na existência de contaminação de águas subterrâneas das áreas cemiteriais, suas áreas adjacentes também podem apresentar comprometimento, levando em conta o processo de lixiviação que faz com que contaminações percolem os solos e cheguem a atingir lençóis freáticos de áreas vizinhas, podendo, então, os poços (principalmente os mais rasos), de residências adjacentes, fazerem captação destas águas de qualidade comprometida, pelos

[1] Informação fornecida por “João Alves da Mota Filho”, filho do ex Prefeito da cidade de Bragança, Sr. “João Alves da Mota” (in memoriam), fundador do cemitério “Campo da Saudade” provavelmente no ano de 1988.

fatores mencionados anteriormente, ocasionando riscos de saúde às populações que as utilizam para consumo.

Nos cemitérios da cidade de Bragança (Pará), como em muitos outros do país, não existe o cumprimento de medidas que possam minimizar os impactos ambientais pela operacionalidade destes espaços, implantados antes da Resolução 335/2003 do Ministério de Saúde (MS, Brasil), que operam inadequadamente, e que apesar do tempo de existência dos cemitérios na cidade do presente estudo, persiste o possível impacto ambiental dos mesmos, e torna-se necessário a realização de estudos exploratórios para despertar o interesse de órgãos competentes para que se obtenha o alcance de novas definições e medidas de prevenção, determinação de parâmetros específicos, remediação de áreas e uma leitura inovadora e conclusiva sobre a abordagem.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Avaliar a potabilidade da água, para consumo humano, de poços artesianos de residências adjacentes aos cemitérios “Santa Rosa de Lima” e “Campo da Saudade” em Bragança (Pará).

3.2 Objetivos Específicos

- Analisar microbiologicamente as amostras de água de poços artesianos para verificar se as mesmas apresentam Coliformes Totais ou *Escherichia Coli*.

- Realizar a análise física, com base no parâmetro Turbidez, das amostras de água de poços artesianos e verificar se estão dentro da legislação brasileira vigente.

- Realizar análises de metais (alcalinos e pesados) em amostras de água de poços artesianos para verificar se seus valores estão de acordo com os padrões de potabilidade de água para consumo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Cemitério

A palavra cemitério origina-se da palavra grega *koumeterian* e do latim *coemeterium* que significam dormitório, lugar onde se dorme, onde se enterram os mortos, e tem como sinônimo as palavras necrópole, carneiro, sepulcrário, campo santo, cidade dos pés juntos e última morada (CAMPOS, 2007; PACHECO *et al.,* 2000).

A escolha do local para a implantação de cemitérios deve levar em consideração critérios como (ZINA, 2015),

- Distância efetiva de centros urbanos;
- Características físicas do ambiente;
- Relevo e hidrografia adeptos,
- Solo com profundidade efetiva, textura e densidade favoráveis.

4.2 Tipos de Cemitério

O presente trabalho foi realizado em cemitérios conhecidos como horizontais ou tradicionais que adotam a prática de sepultamento de corpos dispostos em caixões que são postos diretamente no solo.

No Brasil os cemitérios eram, na sua maioria, construídos em locais de baixo custo, em terrenos economicamente pouco valorizados, e estavam localizados em locais com estruturas geológicas, hidrogeológicas e geotécnicas impróprias. Os cemitérios implantados em locais inadequados causam impactos ambientais, sendo eles, físicos, químicos e biológicos (PACHECO, 2006).

4.2.1 Cemitérios verticais

Em razão do crescimento populacional surgiu a preocupação com os espaços cemiteriais, assim como a preocupação ambiental sobre o assunto, e, com base nisso, os cemitérios verticais foram criados como uma alternativa ou solução para a problemática (KEMERICH *et al.,* 2014).

Os cemitérios verticais (Fig. 1) são implantados verticalmente, e neles, os corpos são sepultados em gavetas, um ao lado do outro, formando andares. Possuem

um sistema de inativação dos gases do necrochorume e de vedação para impedir que gases e mal-cheiro, circulem até os locais onde ficam visitantes e funcionários. (SILVA e MARQUES 2017).

Figura 1 - Cemitério vertical São Miguel e Almas em Porto Alegre, RS.

Fonte: https://images.app.goo.gl/H3Fm3Ljc2a1Yn1Pc8.

O benefício dos cemitérios verticais está ligado sobretudo ao fato do seu espaço físico ser menor, e devido a seu formato vertical, há ausência da contaminação da água subterrânea pelo necrochorume, possuindo baixa cobrança quanto ao tipo de solo. Seus malefícios estão na liberação de gases sem tratamento, portanto há necessidade de um grande cuidado na construção para que não ocorram vazamentos de necrochorume ou liberação de odores (SILVA e MARQUES, 2017).

4.2.2. Cemitérios tradicionais

De acordo com Campos (2007) os cemitérios tradicionais (Fig. 2) são necrópoles, com alamedas pavimentadas, com túmulos semienterrados, mausoléus, capelas com altar, crucifixos e imagens, monumentos funerários revestidos de mármores e granitos, com pouca ou nenhuma arborização. Este tipo de cemitério permite a decomposição de corpos enterrados ocorre devido ao contato direto com o solo, onde estão os decompositores (PALMA e SILVEIRA 2011). Tem desvantagens como: possível contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a ocupação de grandes áreas, interferência na estética urbana do local onde estão instalados e uma

possível proliferação de insetos e animais transmissores de doenças, como baratas, mosquitos e escorpiões (KEMERICH *et al.,* 2014).

Figura 2 - Cemitério de Sousa, Campinas-SP. Exemplo de um cemitério tradicional.

Fonte: Serviços Técnicos Gerais (SETEC) https://setec.sp.gov.br/site/funeraria-cemiterios.

4.2.3 Cemitério parque ou jardim

Cemitério parque ou jardim (Fig. 3) é composto por gavetas construídas no solo, cobertas por grama ou árvores. As sepulturas são identificadas através de uma lápide implantada ao nível do solo e os sepultamentos ocorrem por meio da tumulação. A falta de tratamento do necrochorume, é um impacto negativo proveniente desse tipo cemitério (SILVA e MARQUES 2017).

Figura 3 - Cemitério Jardim Metropolitano, Fortaleza, CE.

Fonte: https://mapio.net/pic/p-42418878/.

4.2.4 Crematórios

Os crematórios (Fig. 4) são compostos por fornos com filtro para retenção de material particulado, que cremam os corpos em compartimentos isolados. A não inferência de necrochorume nas águas subterrâneas e a destruição de microrganismos prejudiciais à saúde humana por conta do processo de cremação de corpos, que envolve altas temperaturas de até 1000 ºC, são exemplos de benefícios por conta instalação de crematórios. A produção de resíduos originados por conta da combustão dos corpos, é uma problemática relacionada aos crematórios (KEMERICH *et al.,* 2014).

Figura 4 - Crematório.

Fonte: https://www.allenfamilyfuneraloptions.com/an-introduction-to-cremation/

4.3 Cemitérios e a contaminação do meio ambiente

Cemitérios são inegavelmente um risco potencial para a contaminação do meio ambiente, sobretudo do aquífero freático. Os cemitérios implantados sem os cuidados geológicos e hidrogeológicos podem causar impactos ambientais que são classificados como físicos primários e secundários (PACHECO *et al.,* 2000).

O impacto físico primário ocorre quando há contaminação das águas tanto do aquífero freático quanto das águas superficiais, sendo a contaminação por microrganismos, a principal fonte de preocupação com relação aos problemas, causados por necrópoles que foram construídas inadequadamente sem estudos prévios do local. O impacto físico secundário ocorre quando há ocorrência de odores provenientes da decomposição de cadáveres decorrentes de problemas relacionados com o sepultamento. No Brasil existem dois tipos de sepultamento que são por inumação no solo e por tumulação (PACHECO *et al.,* 2000).

O corpo humano, enquanto vivo, permanece em um constante estado de equilíbrio com os agentes etiológicos e o meio ambiente, depois de morto o cadáver transforma-se em um ecossistema de populações contendo artrópodes, bactérias, microrganismos patogênicos entre outros, que põe em risco o meio ambiente e a saúde da população (SILVA 2008, PACHECO, 2000). A decomposição dos corpos é considerada uma fonte de poluição devido a liberação de necrochorume que, além de comprometer o meio ambiente, pode causar sérios problemas à saúde humana (HARA 2016). O necrochorume é liberado continuamente por cadáveres em putrefação, momento em que gases funerários são liberados, tais como: gás sulfidrico (H2S) dióxido de carbono (CO2) as mercaptanas, o gás metano (CH4), a amônia (NH3) e fosfina (PH3) – hidrato de fósforo (SILVA, 2008; PACHECO, 2000).

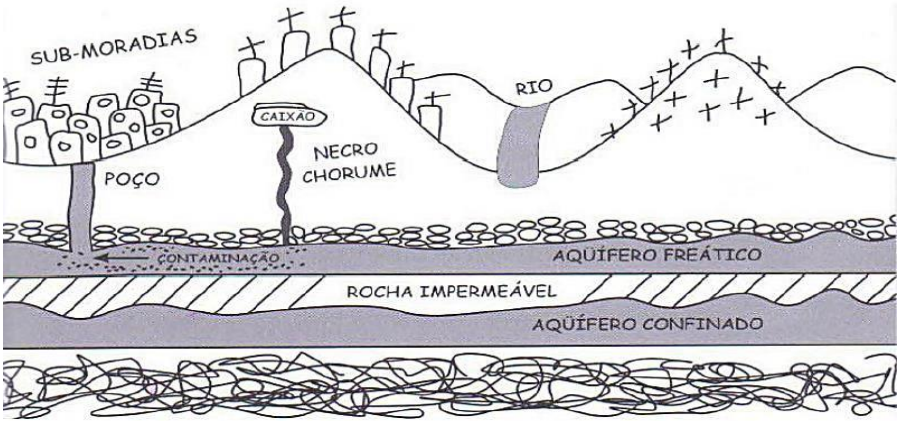
4.4 Contaminação do solo e das águas subterrâneas

A construção de cemitérios em locais inadequados pode provocar a contaminação de corpos hídricos por microrganismos que se proliferam durante o processo de decomposição do corpo. Caso tenha ocorrência de contaminação do aquífero freático na área interna do cemitério, não somente esta área estará potencialmente poluída, mas, sim, áreas circunvizinhas, aumentando, assim, o risco de ocorrências de doenças de veiculação hídrica nas pessoas que venham a utilizar desta água através de poços rasos (KEMERICH *et al.,* 2014).

Pacheco (2000) e Silva (2000) enfatizam que a contaminação da água subterrânea nos cemitérios pode ocorrer por vetores químicos e microbiológicos que se utilizam das águas superficiais infiltradas e percoladas da chuva como veículo para transportar o necrochorume para o subsolo.

De acordo com Kemerich e Borba (2013) a infiltração das águas das chuvas nas sepulturas, promove o transporte de substâncias químicas (orgânicas e inorgânicas) para o solo, e, dependendo das características geológicas do terreno, pode alcançar e até contaminar o aquífero. A transformação e decomposição do corpo ocorridas em locais onde não há estudos geológicos e hidrogeológicos prévios e também, infraestrutura adequados, podem causar expressivos impactos físicos sobre o ambiente, principalmente a contaminação das águas superficiais e subterrâneas (Fig. 5) (BACIGALUPO, 2012).

Figura 5 - Esquema da contaminação dos aquíferos freáticos por necrochorume em cemitérios.



Fonte: ANDRADE *et al*. (2007).

De acordo com Who (1998), as características e a localização do solo onde o cemitério está instalado, devem ser levadas em consideração, pois o solo pode apresentar características mineralógicas inadequadas, como elevada granulometria, aspecto arenoso e incidência de cascalhos, condições estas que são propensas à alta percolação de líquidos. Caso a base do cemitério não tenha sido revestida com uma manta isoladora, as possibilidades de compostos oriundos da putrefação dos corpos afetarem rapidamente os lençóis freáticos ficam acentuadas.

A contaminação das águas subterrâneas por necrochorume, em zonas cemiteriais tem seu potencial poluidor amplificado quando há perfuração de poços em locais de grande proximidade (SILVA *et al.,* 2017; KEMERICH *et al.,* 2010; LEITE, 2009). Segundo Pacheco (2012), os processos físicos e químicos com ocorrência no ato da decomposição cadavérica, originam novas substâncias que podem percolar, e levar consigo bactérias e vírus para o solo e lençóis freáticos.

No Brasil, não há uma legislação que estabeleça a distância adequada entre cemitérios e poços profundos. Porém, é sugerido uma distância de 250 m entre cemitérios e qualquer poço ou nascente de abastecimento de água potável destinado ao consumo humano, e pelo menos 30 m de distância do limite do cemitério de qualquer nascente ou curso d’agua. Esses valores são adotados de sugestões de literatura internacional, particularmente de um relatório da Organização Mundial da Saúde específico sobre os impactos de cemitérios para o ambiente e a saúde pública (WHO, 1998).

4.5 Doenças de veiculação hídrica

Segundo Campos (2007) o acesso à água em quantidade e qualidade é essencial para garantir a manutenção da saúde humana. As doenças de veiculação hídrica são aquelas em que a água é o veículo de transmissão do agente infeccioso, ou seja, os microrganismos patogênicos que atingem a água por intermédio de excretas de pessoas ou animais infectados. Essas doenças podem ser transmitidas por bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos, e causam distúrbios gastrintestinais, como por exemplo, vômitos, cólicas e diarreias (CAMPOS, 2007), conforme pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 - Patógenos e indicadores de patógenos comuns em águas.

Tipos de Protozoários	**(µm)**	**Características**	**Efeitos**
Cryptosporidium parvum	4-6	Resistente à cloração	Gastrenterite
Entamoeba histolytica	20-40	Locomove-se e alimenta-se por meio de Pseudópodes	Amebíase
Giardia lamblia	6-12	Simetria bilateral	Gastrenterite
Bactérias	**(µm)**		
Escherichia coli	1,1-1,5 x 2,0-6,0	Bacilo reto, gram-negativo, anaeróbio facultativo	Diarréia,Dores abdominais
Legionella pneumiphila	0,3-0,9 x 2,0-20	Bacilo, gram-negativo, aeróbio	Pneumonia Febre
Leptospira interrogans	0,1 x 6,0-12	Célula em forma de hélice flexível, Gram-negativo, aeróbio	Leptospirose
Salmonella typhi	0,7-1,5 x 2,0-5,0	Gram-negativo, anaeróbio facultativo	Febre tifoide
Shigella dysenteriae *S. flexneri, S. sonnei*	0,7-1,5 x 2,0-5,0	Bacilo reto, anaeróbio facultativo, Gram-negativo	Febre intestinal Gastrenterite Disenteria
Vibrio cholerae	0,5-0,8 x 1,4-2,6	Bacilo reto ou curvo, gram-negativo,Anaeróbio facultativo	Cólera
Vírus	**(nm)**		
Adenovírus	100	Resistente no ambiente	Infecções respiratórias
Agente Norwalk	30-38	Icosaedro, inativação ocorre em pH entre 3 e 5	Gastrenterite, vômito,diarréia

Coxsackie humano A1 a A22, A24, B1 a B6	22-30	Família *Picornaviridae*: icosaedro, algumas espécies são instáveis em pH abaixo de 7	Doenças respiratórias Meningite, miocardite
Echo humano 1 a 27, 11 a 27, 29 a 33	22-30		Meningite, doenças respiratórias,erupções cutâneas, diarréia, febre
Hepatite A	22-30	Muito estável, resistente em meio ácido e elevada temperatura	Hepatite Gastrenterite
Poliovírus humano 1, 2, 3	22-30		Paralisia, meningite, Febre
Reovírus 1, 2, 3	60-80	Icosaedro, mas muitos apresentam a forma esférica. Relativamente estáveis	Infecções do trato respiratório superior, Enterite em crianças e bebês
Rotavírus grupo B	70	Icosaedro, estável até o pH 3,0 e relativamente resistente ao calor	Gastrenterite

Fonte: Matos (2001)

Segundo Romero (1970) citado por Pacheco (2000) o deslocamento das bactérias em águas subterrâneas varia de 15 a 30 metros em meios saturados, contudo pode ser maior no caso da presença de nutrientes em meios muito grosseiros e em rochas fraturadas. Já o deslocamento de vírus pode chegar a 60 metros. Para os princípios de higiene pública, a distância entre determinada fonte de contaminação e um poço varia de 10 a 30 metros.

A força iônica do necrochorume influencia a fixação completa das bactérias e seu efeito na densidade da carga e repulsão eletrostática. A presença de camadas orgânicas e de óxido de ferro também aumenta a retenção de bactérias nas superfícies de grãos de areia e pode causar colapso durante a putrefação (CAMPOS 2007).

Os lençóis freáticos são mais suscetíveis a poluição por processos antrópicos devido ao posicionamento espacial no meio físico e acesso facilitado aos vetores químicos e microbiológicos, que é proporcionado pelo carreamento e lixiviação de águas superficiais infiltradas e pluviais (CAMPOS, 2007).

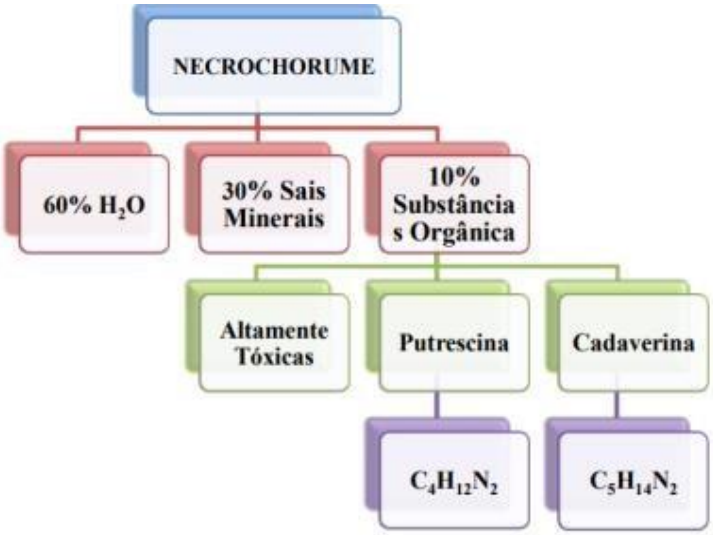
4.6 Necrochorume: composição e impactos causados

O corpo humano, é formado por várias substâncias químicas. Enquanto vivo, permanece em um constante estado de equilíbrio com os agentes etiológicos e o meio ambiente, depois de morto o cadáver se transforma em um ecossistema de populações que contém artrópodes, bactérias, microrganismos patogênicos dentre outros, que coloca em risco o meio ambiente e a saúde da população (SILVA 2008, PACHECO, 2000).

No decorrer do processo de decomposição é liberado um líquido cientificamente e tecnicamente conhecido como produto da coliquação, comumente chamado de necrochorume, no qual, se trata de um líquido percolado, que possui coloração que pode variar entre laranja avermelhado até a coloração acinzentada, apresenta um odor fétido e uma grande carga patogênica, é mais viscoso que a água, com densidade média de 1,23 g/cm3 e com pH numa faixa entre 5,00 a 9,00, na temperatura de 23-28ºC. (NETO *et al.,* 2019; LEITE 2009). É liberado continuamente por cadáveres em putrefação, momento em que gases funerários são liberados, tais como: gás sulfidrico (H2S) dióxido de carbono (CO2) as mercaptanas, o gás metano (CH4), a amônia (NH3) e fosfina (PH3) – hidrato de fósforo (SILVA, 2008; PACHECO, 2000).

De acordo com Campos (2007), o necrochorume é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, resultantes do processo de decomposição de cadáveres nos cemitérios, com duração de seis a oito meses, ou mais, dependendo das condições ambientais, e cuja formação tem início após a morte, no período coliquativo (após a fase gasosa). Com a decomposição do corpo, ocorre a liberação dos efluentes cadavéricos, líquidos e gasosos (Fig. 6 e Tabela 1).

Figura 6 - Diagrama das substâncias componentes do necrochorume.



Fonte: Fineza (2008)

Tabela 1 - Propriedades da Cadaverina e Putrescina.

Propriedade	**Cadaverina ($C_5H_{14}N_2$)**	**Putrescina ($C_4H_{12}N_2$)**
Massa Molecular	102,18	88,15
Densidade	0,873g/cm^3	0,877g/cm^3
Ponto de fusão	26º - 28º C	27º - 28º C
Ponto de ebulição	178º - 180º C	158º - 160º C
$N^{20}{}_D$ índice de refração	1,4582	1,4569
Solubilidade em água (23º-28º)	Elevada	Elevada
Toxidade	Elevada	Elevada
Coloração	Pardacenta	Pardacenta
Odor	Corrosivo	Corrosivo

N: índice de refração; **D**: comprimento de onda; **20**: temperatura de referência

Fonte: Fineza (2008, p. 18)

Cada corpo que sofre decomposição pode liberar de 30 a 40 litros de necrochorume (Tabela 2), (CAMPOS 2007). Sendo que esse líquido é composto por 60% de água, 30% de sais minerais, e 10% de substâncias orgânicas altamente tóxicas como a putrescina ($C_4H_{12}N_2$) e a cadaverina ($C_5H_{14}N_2$) (SILVA e MALAGUTTI, 2010).

O necrochorume contém principalmente nitrogênio, carbono, fósforo, cálcio, potássio, enxofre, cloro, sódio, ferro, magnésio e água, sendo encontrados em maior quantidade o nitrogênio, cálcio e carbono (RANGONI, 2014).

Tabela 2 - Composição aproximada do necrochorume de um corpo de homem adulto pesando 70 kg.

SUBSTÂNCIAS	QUANTIDADE
Carbono	16.000g
Nitrogênio	1.800g
Cálcio	1.100g
Fósforo	500g
Enxofre	140g
Potássio	140g
Sódio	100g
Cloreto	95g
Magnésio	19g
Ferro	4,2g
Água	70-74%

Fonte: ALMEIDA (2004).

Sobre a composição química do necrochorume é possível encontrar alto índice de bactérias que degradam matéria orgânica, além das bactérias excretadas por animais e humanos como: Coliformes Totais (*Escherichia coli, Enterobacter, Klebsiella e Citrobacter), Streptococcusfaecalis* e alguns *clostrídioscomo*, por exemplo, *Clostrídiosperfringens*. Também é possível encontrar bactérias patogênicas e Enterovírus (SANTOS *et al.,* 2014). Leite (2009) defende que o controle anual dos cemitérios seja realizado, para buscar identificar se o solo e o lençol freático estão contaminados.

4.7 Parâmetros de análise de água

4.7.1 Parâmetros microbiológicos

4.7.1.1 Cenário internacional

Os indicadores microbiológicos mais utilizados nas pesquisas internacionais são as bactérias indicadoras de contaminação fecal, grupo coliformes fecais ou termotolerantes, e as bactérias do grupo coliformes totais. A bactéria *Escherichia coli* aparece com uso menos frequente, juntamente com as bactérias heterotróficas e a bactéria patogênica *Enterococcus faecalis* (OLIVEIRA, 2020).

4.7.1.2 Cenário Nacional (Brasil)

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos utilizados no Brasil para definição da contaminação das águas subterrâneas por cemitérios, inicialmente foram determinados com base em diversos estudos que vem sendo desenvolvidos pelos pesquisadores e que, segundo Silva (2012), tiveram início no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP).

Atualmente, no Brasil os indicadores de poluição das águas subterrâneas por cemitérios são comparados com os valores máximos permitidos (VMP) segundo a portaria nº 888/ 2021 do Ministério da Saúde (MS) (BRASIL, 2021), que estabelece o controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os indicadores microbiológicos mais utilizados pelos pesquisadores brasileiros são as bactérias do grupo Coliformes Fecais ou Termotolerantes e Totais. As bactérias que frequentemente são usadas como indicadores são as bactérias heterotróficas, *Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*, enquanto que as bactérias proteolíticas e lipolíticas e *Salmonella spp* são as menos utilizadas em comparação às citadas anteriormente (OLIVEIRA, 2020).

De uso esporádico, alguns pesquisadores utilizaram outros indicadores microbiológicos, tais como: I) vírus colifagos (PACHECO, 1991); II) vírus humano (Enterovírus), de uso inédito (MATOS, 2001); III) *Enteroccoccus faecalis* (MACHADO, 2006) e IV) *Enterococcus spp*. (SILVA, 2012).

4.7.1.3 Indicadores microbiológicos - Grupo Coliformes Termotolerantes e Totais

As bactérias do grupo Coliformes (Termotolerantes e Totais) são indicadoras de contaminação fecal e são representadas pelas bactérias dos gêneros *Escherichia* (Coliformes Termotolerantes), *Citrobacter, Enterobacter e Klebsiella* (Coliformes Totais) (OLIVEIRA, 2020).

As bactérias do grupo Coliformes Totais não causam doenças, pois normalmente habitam o intestino de mamíferos, inclusive do homem, porém se estiverem em grandes quantidades, indicam a presença de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (MACHADO, 2006).

4.7.1.3.1 *Escherichia coli*

Segundo Espindula (2004), a principal representante das bactérias do grupo Coliforme Termotolerantes, é a *Escherichia coli*, que é amplamente utilizada como indicador biológico.

4.7.1.3.2 Coliformes Totais

São bactérias gram-negativas, que podem ser aeróbios ou anaeróbios facultativos que têm capacidade de desenvolvimento na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose, produzem ácido, aldeído e gás. Esse grupo de bactérias pode apresentar atividade da enzima β-galactosidade. A maior parte das bactérias do grupo Coliforme pertence aos gêneros *Escherichia, Citrobacter, Klebsiella* e *Enterobacter* (BRASIL, 2011).

4.7.2 Indicadores Físicos

A água subterrânea que não está poluída possui uma faixa de indicadores físicos conhecidos, como a condutividade elétrica, cor, sólidos totais dissolvidos, temperatura, turbidez, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, pH e sulfato. No caso de alteração nesses valores é plausível deduzir que há ocorrência de alterações nas características físicas e na qualidade da água (OLIVEIRA, 2020).

4.7.2.1 Turbidez

De acordo com a Portaria nº 888/2021 do MS (Brasil, 2021), a turbidez, que é classificada como padrão organoléptico de potabilidade, não representa risco a saúde e seu VMP é de 5 uT (unidade de turbidez). É uma característica da água e tem origem natural, como as partículas em estado coloidal e em suspensão, provenientes de rocha, argila, silte e também de alga, plânctons, matéria orgânica, matéria inorgânica, e vários outros microrganismos (VON SPERLING, 2005 e SILVA, 2012). Em lugares que há alta decomposição de matéria orgânica, o valor de turbidez será elevado, e estará correlacionado com os valores do indicador físico cor e do indicador químico pH (ALMEIDA, 2005 *apud* NEIRA *et al.,* 2008).

4.7.3 Indicadores Químicos Inorgânicos- Metais Alcalinos

Não há um acordo sobre o uso de indicadores com base nos metais alcalinos. A Organização Mundial da Saúde, não recomenda a utilização dos indicadores metais

alcalinos: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) (ÜÇISIK e RUSHBROOK, 1998). Entretanto, Hart and Casper (2004) utiliza todos eles, enquanto que a SEPA (2015) orienta o uso de metais como indicadores, mas não especifica quais, de fato, devem ser utilizados. Cálcio, potássio e magnésio não possuem valores de referência na Portaria nº 888/2021 do MS (Brasil, 2021), destes metais alcalinos, somente o sódio possui um VMP em 200 mg/L. (OLIVEIRA, 2020).

Os metais alcalinos muito utilizados como parâmetros por pesquisadores internacionais são o potássio (K), sódio (Na) e magnésio (Mg). O Cálcio é mencionado apenas em pesquisas efetivadas na Austrália (KNIGHT & DENT, 1995) e do Canadá (FORMANEK, 1999).

Comumente encontrado em cemitérios, o Cálcio é associado à cal depositada nas pinturas de rua e nos túmulos (FORMANEK, 1999). Ele ocorre na água de forma persistente e é influenciado pela variação de temperatura e pressão, por isso pode ser encontrado em águas subterrâneas na forma de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) solubilizado ou precipitado (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000 *apud* SILVA, 2012).

O magnésio possui um comportamento geoquímico análogo com o do Cálcio (MACHADO, 2006). O Magnésio e o Cálcio, juntos, indicam um estado de alerta, pois, estes dois íons, quando concentrados serve como indicador para medição da dureza da água (OLIVEIRA, 2020).

O sódio de acordo com a PRC de nº 888/2021 do MS, teve o seu VMP na água potável igual a 200 mg/L, mesmo valor adotado pela OMS (OMS et al., 2017), que alega que acima desta concentração o Cálcio pode dar origem a um sabor inaceitável.

O potássio é encontrado nas águas naturais, contudo em concentrações baixas é considerado um elemento nutricional essencial (CETESB, 2016). Os íons cálcio, sódio e potássio quando se conectam ao íon cloreto formam sais que alteram o sabor da água e são usados como indicadores auxiliares para identificar a poluição da água (SILVA, 2012). Os metais alcalinos cálcio, magnésio, sódio e potássio juntamente com os nutrientes nitrato (NO_3^-) e fosfato (PO_4^{-2}) fazem parte das substâncias de decomposição cadavérica em concentrações diferentes: cálcio (1100g), potássio (140g), sódio (100g), magnésio (19g) e cloreto, sendo bons indicadores de contaminação da água subterrânea por cemitérios (OLIVEIRA, 2020).

4.7.3.1 Indicadores Químicos Inorgânicos- Metais pesados

Os metais pesados pertencem a um grupo de elementos com densidade específica e, especialmente, características de toxidade particulares, são influenciados por diversos fatores, em especial pela temperatura e pH, pois em solos ácidos ocorre um aumento de mobilidade e concentração destes metais (RIBEIRO *et al.,* 2012; FUNASA, 2014; CETESB, 2016).

Segundo Kemerich (2014) os metais pesados podem ter fontes que partem de vernizes, colas e tintas que revestem caixões de madeira, alças metálicas presentes nas urnas funerárias, caixões de metal, próteses e resíduos nucleares de aplicações recebidas pelo sujeito em vida (XAVIER *et al*., 2014).

Os metais comumente encontrados são: ferro, cobre, chumbo e zinco para os caixões de metais e cromo para os conservantes da madeira que revestem os caixões (BARROS *et al.,* 2008).

Os metais pesados apresentam toxicidade para a saúde humana e também para a biota aquática. Alguns se acumulam ao longo da cadeia alimentar, sendo que os predadores apresentam concentrações maiores (RIBEIRO *et al.,* 2012). Alguns metais pesados como o ferro (Fe), manganês (Mn), prata (Ag), zinco (Zn) e Alumínio (Al) ocorrem naturalmente nas águas, e não são considerados tóxicos, se estiverem presentes em concentrações pequenas (CETESB, 2016).

Em cemitérios, o ferro e o manganês geralmente são oriundos de adornos metálicos de caixões, entretanto estão naturalmente presentes nas águas subterrâneas, logo, para afirmar a contaminação por estas fontes é necessário verificar a concentração (baseline), ou seja, as características da qualidade original e de referência da água subterrânea e fazer comparação com os valores alcançados (MACHADO, 2006). O Manganês não é considerado tóxico, assim como o Ferro, e sim, considerado como essencial para muitos organismos incluindo os seres humanos e, devido as afinidades geoquímicas, é comumente encontrado junto com o ferro (CETESB, 2016), no entanto, em concentrações expressivas, pode alterar sabor e gosto da água potável (OLIVEIRA, 2020).

A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021) fixa o valor máximo de 2 mg/L como permissível de Cobre para águas reservadas para o abastecimento público. Em valores altos, esse metal confere sabor a água e é prejudicial à saúde humana. Teores diários totais de 100 mg/L podem causar intoxicação humana com lesões no fígado (ZINA, 2015).

É fixado o valor máximo permitido de 0,01 mg/L para o chumbo. “Constitui um veneno cumulativo, que provoca envenenamento crônico denominado “saturnismo”, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central com sérias consequências” (ZINA, 2015).

O padrão de potabilidade para o cromo fixado pelo Ministério da Saúde é de 0,05 mg/L. O Cromo causa efeitos corrosivos no aparelho digestivo e nefrite, doença que provoca inflamação na parte filtrante dos rins (ZINA, 2015).

O ferro não é elemento tóxico, está presente na água subterrânea como Carbonato Férrico ($FeCO_3$), em ambientes oxidantes, encontra-se como Hidróxido Férrico ($FeOH_3$), que gera diversos problemas para o abastecimento público da água, pois confere cor e sabor a ela, além do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, que provoca contaminação biológica da água na própria rede de distribuição (ZINA, 2015). O ferro constitui-se em padrão de potabilidade a concentração de até 0,3 mg/L.

De acordo com a Portaria nº 888/ 2021 do Ministério da Saúde, o zinco deve apresentar valores de até 5,0 mg/L para águas destinadas ao consumo humano, e acima desse valor, conferem sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas (ZINA, 2015).

O Alumínio (Al) é influenciado pela temperatura, pH, presença de matéria orgânica, e dos íons fluoreto (F^-) e sulfato ($SO4^{-2}$), o arsênio é influenciado pela presença de ferro total e carbonato de cálcio ($CaCO_3$) (FUNASA, 2014; CETESB, 2016).

De acordo com Moreira e Bueno (2019) para determinar se um metal pesado é tóxico, deve-se considerar, a concentração e a forma de apresentação, como exemplo, o cromo que em seu estado trivalente (Cr^{+3}) é essencial para o ser humano, é encontrado naturalmente no organismo humano, já o cromo hexavalente (Cr^{+6}) é um metal de alta toxicidade e nocivo à saúde humana (JORNAL DA USP, 2017). O estudo realizado por Oliveira (2020) demonstrou que os metais pesados Alumínio (Al), Manganês (Mn), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Mercúrio (Hg) e Níquel (Ni) são considerados tóxicos, e que em altas concentrações causam alterações na saúde humana (CETESB, 2016). Todavia os metais pesados Alumínio (Al) e Manganês (Mn) não são considerados pela Portaria nº 888/2021 do MS como sendo substâncias que representam riscos à saúde humana,

porém seus VMP foram estabelecidos de acordo com as suas classificações dentro do padrão organoléptico de potabilidade (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores Máximos Permitidos (VMP – mg/L) dos metais pesados segundo a Portaria nº 888/2021 do MS

Metal pesado	**VMP (mg / L) - Portaria Nº 888/2021 do MS**	
	Padrão de Potabilidade para substâncias químicas que representam risco a saúde Anexo 9 do Anexo XX	**Padrão Organoléptico de Potabilidade Anexo 11 do Anexo XX**
Alumínio		0,2
Bário	0,7	
Cobre	2	
Cromo	0,05	
Cobalto	***	***
Ferro		0,3
Magnésio	***	***
Manganês		0,1
Níquel	0,07	
Zinco		5

Fonte: Portaria nº 888/2021 do MS.

Caso esses metais estejam presentes na água subterrânea em concentrações acima do VMP pela Portaria nº 888/2021, irão torná-la imprópria para consumo. Alguns metais mesmo sendo considerados não tóxicos possuem o VMP levando em conta dados referentes aos impactos ambientais causados por eles. Os metais pesados Berílio, Boro, Cobalto, Estrôncio, Magnésio, Molibdênio, Prata e Vanádio ainda não possuem nenhum VMP estabelecido pelo Ministério de Saúde do Brasil (OLIVEIRA, 2020).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado nos cemitérios “Santa Rosa de Lima” e “Campo da Saudade”, localizados na cidade de Bragança que é situada na região geográfica de Bragança – Pará (Brasil, 2017) (Fig. 7). A cidade de Bragança está geograficamente localizada a uma latitude 1°3' 15'' S e longitude 46°46' 10'' W. De acordo com o IBGE (2022), o município de Bragança tem uma área de 2124,732 km², com uma população estimada de 130.122 habitantes.

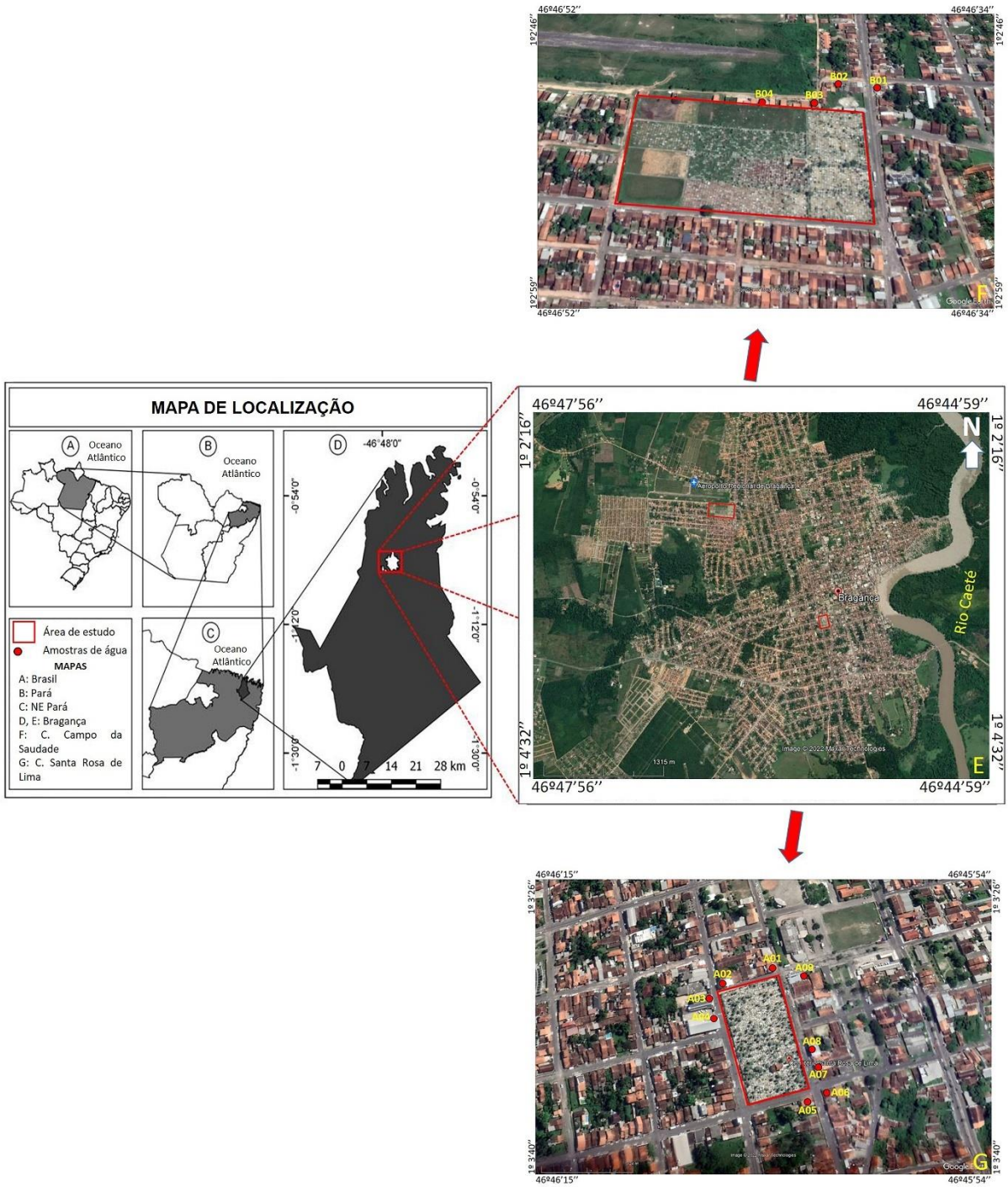
A região geográfica de Bragança, onde estão localizadas as áreas de estudo, foi desenvolvida sobre os depósitos do Neógeno. O embasamento da planície costeira é formado por sedimentos Neógeno - Paleógeno do grupo Barreiras que compõe o Planalto Costeiro (SOUZA FILHO E EL ROBRINI, 1996). Faz parte da Costa Amazônica que se distende desde a foz do rio Oiapoque, no Estado do Amapá, até o extremo leste do Estado do Maranhão. Bragança localiza-se na foz do rio Caeté.

Geologicamente a Planície Costeira de Bragança está localizada na bacia costeira Bragança-Viseu, onde a origem está fortemente ligada à abertura do Atlântico Equatorial e as falhas normais que chegam a zona costeira atual (SOUZA FILHO E EL ROBRINI, 1996).

Houve uma mudança significativa na geomorfologia desta planície costeira nos últimos anos, que resultou na retração dos manguezais na costa, principalmente por conta da invasão da areia que cobre as camadas de lama e asfixia a vegetação (LARA, 2003).

A geometria e a paleografia da região, associam-se a movimentos tectônicos, que determinaram a espessura dos depósitos locais Neógeno - Paleógeno e Quaternários locais. O Neógeno e Paleógeno são representados na área de estudo pelas formações Pirabas (GÓES *et al.,* 1990) e Barreiras (Rossetti *et al.*, 2001), o Quaternário é representado por sedimentos arenosos-argilosos e depósitos Holocênicos das áreas aluvial, estuarina e planícies costeiras (SOUZA FILHO *et al.,* 2009).

Figura 7 - Mapa de localização da cidade de Bragança – Pará; localização dos cemitérios “Santa Rosa de Lima”, “Campo da Saudade” e os 13 pontos de coleta.



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Sobre a hidrografia, destaca-se o rio Caeté que nasce no município de Bonito a sudoeste, e percorre a extensão de 60 km (da nascente à foz), onde parte do seu curso é sinuosa e expõe um considerável trecho de várzea. Os afluentes que recebe pela margem direita são os mais significativos, como o Jenipau-Açu e o Água Preta;

enquanto que, pela margem esquerda, recebe o rio Cipó-Apara e os igarapés Anauera e do Meio. Nessa margem, está situada a cidade de Bragança, a cerca de 25 km da foz. O rio Arapucu, afluente da margem direita do rio Caeté, serve de limite a nordeste com o município de Augusto Corrêa. O rio Tracuateua, com seu afluente da margem esquerda, com o igarapé Açaiteua, limita Bragança a oeste com os municípios de Primavera e Capanema (SETUR, 2018). O rio Cereja possui suas nascentes na entrada da cidade de Bragança, sendo uma no Centro Guadalupe (km 2 da Rodovia Bragança/Capanema) e outra nas proximidades da ex-Escola Agrícola Municipal (Bairro Taira, hoje o Instituto Federal do Pará (IFPA) de Bragança). Este rio atravessa a cidade de oeste a leste, deságua e forma a Bacia de drenagem do rio Caeté. O rio Cereja possui aproximadamente 1,40 metros de profundidade, 6 metros de largura e 5 km de comprimento (SANTOS *et al*., 2014).

O local de estudo tem clima úmido, megatérmico, com deficiência hídrica moderada nos períodos de julho a dezembro. A temperatura apresenta variação anual menor, que oscila entre 25 °C (mínima) e 35 °C (máxima), e valores mais altos, entre agosto e outubro, com máxima em 42°C. Os principais ventos são os alísios, com direção preferencial NE, e variações para N e E, constantes e moderadas, com velocidade máxima de até 7,5 m/s (SOUSA JR. *et al.*, 2020; INMET, 2021).

O clima do Estado do Pará, anualmente, pode se dividir em duas estações, uma chuvosa e outra menos chuvosa. A estação chuvosa é especificamente entre janeiro e maio e a estação menos chuvosa (ou seca), de junho a dezembro (MAGALHÃES et al., 2006). A precipitação na estação chuvosa varia de 65 mm a 2.744 mm, com média total de 1.657 mm. Na estação seca, a precipitação varia de 230 mm a 678 mm, com média de 487 mm (MORAES *et al.,* 2005).

O município de Bragança é abastecido por meio da captação do curso d'água superficial do rio Chumucuí e também por alternativas individuais e coletivas com a captação da água subterrânea (LIMA *et al.,* 2015).

O cemitério "Santa Rosa de Lima" (1º3'34'' S, 46º46'3" W) (Fig. 8), é localizado no bairro do Alegre, às proximidades do centro da cidade. Sua área territorial é de 12,512,2 m² (GOOGLE EARTH PRO, 2022).

Figura 8 - Cemitério “Santa Rosa de Lima”, Bragança - Pará.

Fonte: A autora.

O cemitério “Campo da Saudade” (1º2’53” S, 46º46’42” W) (Fig. 9), é localizado na “Vila Sinhá”, bairro periférico da cidade. Sua área territorial é de 44.105,56 m² (GOOGLE EARTH PRO, 2022).

Figura 9 - Cemitério “Campo da Saudade”, Bragança - Pará

Fonte: A autora

Segundo dados obtidos pela plataforma Google Earth Pro (2022), os dois cemitérios mencionados, encontram-se em um raio de aproximadamente 1,55 km de

distância entre eles. Ambos são de responsabilidade do município, se encontram em malha urbana, foram construídos em regiões que na época não haviam residências circunvizinhas e hoje estão circundados em totalidade por residências. Segundo informações recebidas pela autora, diretamente de diretores dos cemitérios, não possuem poços artesianos e nem de monitoramento em seus interiores (informação verbal)[2].

5.2 Metodologia

No presente estudo, foi analisada a potabilidade de água de poços artesianos nos arredores dos cemitérios mencionados, para determinar se existem indícios de contaminação.

Este estudo compreendeu cinco etapas: visita piloto, questionário, análises microbiológicas, física e de metais alcalinos e pesados em amostras de águas de poços artesianos coletadas nas redondezas dos cemitérios estudados.

Para as análises (microbiológicas e física) de água, foram considerados dois períodos sazonais (chuvoso, nos meses de fevereiro e março de 2021 e não chuvoso ou seco, de junho a julho de 2021) e para a análise de metais pesados, somente em período não chuvoso (setembro de 2021).

5.2.1 Visita piloto

Durante a realização da visita piloto, constatou-se a existência de 24 pontos (residências, hotéis e repartições públicas) que possuem reservatórios particulares de água às proximidades do cemitério “Santa Rosa de Lima”, sendo que, por conta do receio dos responsáveis em relação ao contágio pelo vírus SARS-CoV-2 (COVID-19), somente 9 autorizaram o estudo, consistindo em 3 residências, 2 hotéis, 1 restaurante, 1 sede de clube de futebol, 1 quartel de Polícia Militar e 1 consultório.

No caso dos arredores do cemitério “Campo da Saudade” foram identificados 18 pontos que possuem reservatórios particulares de água, sendo que, pelo mesmo motivo citado anteriormente, somente 4 autorizaram o estudo, sendo 3 residências e 1 restaurante.

[2] Informação fornecida por Sra. Socorro Rocha e Sr. Armando, zeladores dos cemitérios “Santa Rosa de Lima” e “Campo da Saudade” respectivamente.

5.2.2 Questionário semi-aberto

Nesta etapa foi aplicado o Questionário de Pesquisa do tipo semi-aberto, aonde foram elaboradas as perguntas e o conjunto de respostas possíveis para assinalar. Com a aplicação do referido questionário, obteve-se informações referentes ao tempo de atividade, profundidade dos poços artesianos, o tipo de utilização da água e se há ocorrência de histórico de doenças suspeitas ou confirmadas por ingestão de águas fornecidas pelos poços.

Outras informações como distância dos poços e residências de cada ponto para os cemitérios, medições de áreas, mapas e coordenadas, foram obtidas por meio da ferramenta Google Earth Pro (2022), plataforma que disponibiliza o acesso a imagens de satélites em diferentes resoluções espaciais, com possibilidade de visualização 3-D, medições instantâneas de distâncias, comprimentos, áreas, etc áreas (BATISTA, 2019).

5.2.3 Análises microbiológicas e física em amostras de águas de poços artesianos

Os processos de coletas para as análises microbiológicas e física, em amostras de água (método direto), foram realizadas nos 13 pontos de coleta (casas e pontos comerciais) (Fig. 7), no período sazonal chuvoso, de fevereiro a março de 2021, e no período sazonal menos chuvoso ou seco, do mês de junho a julho de 2021.

Para as coletas, foram utilizados sacos coletores esterilizados com suporte para 100 ml, luvas descartáveis, gazes e álcool 70% para a higienização das torneiras, que também foram abertas por aproximadamente 3 minutos para escoar água e ar, estagnados na tubulação (Fig.10). Posteriormente, as amostras coletadas, organizadas em caixa térmica, e, devidamente refrigeradas, foram transportadas ao “Laboratório Regional” na cidade de Capanema – Pará (Fig. 11), distante aproximadamente de 52 km da cidade de Bragança – Pará, para serem realizadas a análises microbiológica (Coliformes Totais e *Escherichia coli*) e física (turbidez), respectivamente.

Figura 10 - Coleta de amostras de água. Utilização de saco coletor e luvas. Torneira previamente higienizada com utilização de álcool e gaze estéril.

Fonte: A autora

Figura 11 - Amostras de água, em sacos coletores de 100 ml, dispostas em caixa térmica, preparadas para transporte para o 'Laboratório Regional" de Capanema – Pará.

Fonte: A autora

Para a avaliação de Coliformes Totais e *Escherichia coli,* nas amostras de água, a metodologia utilizada foi de "Substrato Cromogênico/Enzimático" 9223B (STANDARD METHODS, 2017), e para avaliação turbidez nas amostras foi utilizado o "Método Nefelométrico" SMEWW, 2130 B (STANDARD METHODS, 2017). Para tais parâmetros supramencionados foi considerada a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, Brasil, que estabelece como valores máximos permitidos (VMP): ausência

em 100 mL para Coliformes Totais, ausência em 100 mL para *E. coli* e 5 uT para Turbidez.

5.2.4. Análise de metais em amostras de água de poços artesianos

Para a detecção de treze metais (pesados e alcalinos): alumínio (Al), bário (Ba), cálcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), níquel (Ni), potássio (k), sódio (Na), zinco (Zn), nas amostras de águas de poços artesianos coletadas nos 13 pontos mencionados neste trabalho, a técnica de análise utilizada foi do "Método de Plasma Acoplado Indutivamente" (ICP) 3120B (STANDARD METHODS, 2017) e considerada a Portaria nº 888/2021 do MS, que pondera sobre os valores de referência para a avaliação da potabilidade da água para consumo humano, por serem consideradas substâncias que representam riscos à saúde e precisam estar em conformidade com os padrões de aceitação, conforme é demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Variáveis mínimas necessárias para monitoramento de águas subterrâneas. (Metais Pesados).

Variável	Unidade	Valor máximo permitido
Alumínio	mg/L	0,2
Bário	mg/L	0,7
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0.05
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Níquel	mg/L	0,07
Sódio	mg/L	200
Zinco	mg/L	5

Fonte: Portaria nº 888/2021 do MS (Brasil, 2021).

No mês de setembro de 2021, foi realizada a terceira coleta nos 13 pontos às proximidades dos dois cemitérios supramencionados. Foram coletados 500 ml de água em cada ponto, sendo captadas das torneiras que foram higienizadas/ desinfectadas com álcool 70% e gaze estéril. As amostras de água foram dispostas em frascos de polipropileno de 500 ml, que foram previamente higienizados com água e sabão, logo, colocados em autoclave, em temperatura de 120ºC, por 15 minutos para a esterilização, e em seguida, dispostos em estufa para secagem (Fig. 12). Tais

amostras, dispostas sob gelox (gelo reutilizável), foram organizadas em caixa isotérmica (Fig.13) e, em seguida, transportadas ao Instituto Evandro Chagas, em Belém – Pará, distante aproximadamente 221 km de Bragança – Pará, para as análises.

Figura 12 - Frasco de polipropileno (A) utilizado nas coletas; autoclave (B) e estufa (C) utilizadas na esterilização e secagem dos frascos respectivamente.

Fonte: A autora.

Figura 13 - Amostras de água, em frascos de polipropileno de 500 ml, dispostas em caixa isotérmica, sendo preparadas para transporte para Laboratório do Instituto Evandro Chagas, em Belém – Pará.

Fonte: A autora.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise microbiológica

Primeira coleta: fevereiro a março de 2021

Os resultados das análises microbiológicas das nove (09) amostras de água coletadas nos poços artesianos de locais próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Análise Microbiológica - Cemitério Santa Rosa de Lima – Período chuvoso – fevereiro e março – 2021.

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	COLIFORMES TOTAIS	ESCHERICHIA COLI	CLASSIFICAÇÃO
A01	SAC	A	A	**I**
A02	SAI	**P**	A	S
A03	SAC	A	A	**I**
A04	SAC	A	A	**I**
A05	SAI	A	A	S
A06	SAI	**P**	A	S
A07	SAC	A	A	**I**
A08	SAC	A	A	**I**
A09	SAC	A	A	**I**

SAA: Sistema de abastecimento de água

SAC: Solução alternativa coletiva

SAI: Solução alternativa individual

A= ausência; **P**= presença; **S**= satisfatória; **I**= insatisfatória

Fonte: A autora.

Apenas duas (02) amostras de água (A02 e A06 (ambas SAI)) reportaram a presença de Coliformes Totais, porém sendo consideradas “Satisfatórias”. O restante das amostras, foram consideradas “Insatisfatórias” (todas SAC). Já no caso do cemitério “Campo da Saudade”, para o mesmo período de coleta, os resultados são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Análise Microbiológica - Cemitério Campo da Saudade - Período chuvoso - fevereiro e março - 2021

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	COLIFORMES TOTAIS	ESCHERICHIA COLI	CLASSIFICAÇÃO
B01	SAC	**P**	A	**I**
B02	SAI	**P**	A	S
B03	SA**I**	**P**	A	S
B04	SAI	**P**	A	S
SAA: Sistema de abastecimento de água **SAC:** Solução alternativa coletiva **SAI:** Solução alternativa individual **A**= ausência; **P**= presença; **S**= satisfatória; **I**= insatisfatória				

Fonte: A autora

Nas amostras próximas deste cemitério, todas reportaram a presença de Coliformes Totais, com ausência de *E. coli.* Uma amostra (B01), foi considerada “Insatisfatória” e as restantes “Satisfatórias”.

Segunda coleta: junho a julho de 2021

Nos pontos próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”, os resultados das análises microbiológicas são apresentados no Quadro 4. Das nove (09) amostras, apenas uma (A09, SAC) acusou presença de Coliformes Totais e *Escherichia Coli*, sendo considerada “Insatisfatória” para consumo. O restante das amostras, foram consideradas “Insatisfatórias” (A01, A03, A04, A07, A08 - SAC) e “Satisfatórias” (A02, A05, A06 - SAI).

Quadro 4 – Análise Microbiológica - Cemitério Santa Rosa de Lima – Período seco – junho e julho - 2021

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	COLIFORMES TOTAIS	ESCHERICHIA COLI	CLASSIFICAÇÃO
A01	SAC	A	A	**I**
A02	SAI	A	A	S
A03	SAC	A	A	**I**
A04	SAC	A	A	**I**
A05	SAI	A	A	S

A06	SAI	A	A	S
A07	SAC	A	A	**I**
A08	SAC	A	A	**I**
A09	SAC	**P**	**P**	**I**

SAA: Sistema de abastecimento de água
SAC: Solução alternativa coletiva
SAI: Solução alternativa individual
A= ausência; **P**= presença; **S**= satisfatória; **I**= insatisfatória

Fonte: A autora.

Os resultados das amostras de água nos arredores do cemitério “Campo da Saudade” mostrados no Quadro 5, apresentaram Coliformes Totais em três (03) amostras de água. Apenas a amostra B01 foi considerada “Insatisfatória” e o restante “Satisfatória”.

Quadro 5 – Análise Microbiológica - Cemitério Campo da Saudade – Período seco – junho e julho – 2021.

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	COLIFORMES TOTAIS	ESCHERICHIA COLI	CLASSIFICAÇÃO
B01	SAC	**P**	A	**I**
B02	SAI	**P**	A	S
B03	SAI	A	A	S
B04	SAI	**P**	A	S

SAA: Sistema de abastecimento de água
SAC: Solução alternativa coletiva
SAI: Solução alternativa individual
A= ausência; **P**= presença; **S**= satisfatória; **I**= insatisfatória

Fonte: A autora.

A água não deve conter a presença de Coliformes Totais e nem termotolerantes, sendo tolerado em amostras individuais de poços, nascentes e outras formas de abastecimento, a presença de Coliformes Totais na ausência da E*. coli* devendo ser investigado a origem da contaminação e tomar as providências de correção (BRASIL, 2011). A *Escherichia coli*, é um importante indicador microbiológico de contaminação fecal recente no meio ambiente, pois está presente nas fezes de animais de sangue quente, como os seres humanos (ROVERI e MUNIZ, 2016).

6.2 Análise física

Primeira coleta: fevereiro a março de 2021

Os resultados da análise física (Turbidez) das nove (09) amostras de água coletadas nos poços artesianos de locais próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”, são exibidos na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise Física – Cemitério “Santa Rosa de Lima” – Período Chuvoso - fevereiro e março – 2021.

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	TURBIDEZ	CLASSIFICAÇÃO
A01	SAC	2,84 uT	S
A02	SAI	2,30 uT	S
A03	SAC	2,23 uT	S
A04	SAC	0,10 uT	S
A05	SAI	4,20 uT	S
A06	SAI	2,49 uT	S
A07	SAC	1,65 uT	S
A08	SAC	0,10 uT	S
A09	SAC	0,10 uT	S

Fonte: A autora

Notas: uT: unidade de Turbidez; **S**= Satisfatória; **I**= Insatisfatória

Os valores de Turbidez estavam compreendidos entre 0,10 uT e 4,20 uT, e segundo a Portaria nº 888/ 2021 – MS (Brasil, 2021), estão dentro do valor padrão permitido pela legislação vigente, portanto, foram considerados “Satisfatórios”.

No caso do cemitério “Campo da Saudade”, os resultados de Turbidez, nas amostras de água, são apresentados na Tabela 6. Estes resultados estão dentro dos valores padrão da legislação vigente e foram considerados “Satisfatórios”.

Tabela 6 - Análise Física - Cemitério “Campo da Saudade” - Período chuvoso - fevereiro e março - 2021

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	TURBIDEZ	CLASSIFICAÇÃO
B01	SAC	0,10 uT	S
B02	SAI	0,10 uT	S
B03	SA**I**	0,10 uT	S
B04	SAI	0,10 uT	S

Fonte: A autora
Notas: uT: unidade de Turbidez; **S**= Satisfatória; **I**= Insatisfatória

Segunda coleta: junho a julho de 2021

Nas proximidades do cemitério “Santa Rosa de Lima”, os resultados das amostras de água coletadas, foram registrados na Tabela 7. Os valores reportados variaram entre 0,10 uT e 0,75 uT, sendo considerados “Satisfatórios”.

Tabela 7 – Análise Física - Cemitério “Santa Rosa de Lima” – Período seco – junho e julho - 2021

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	TURBIDEZ	CLASSIFICAÇÃO
A01	SAC	0,10 uT	S
A02	SAI	0,10 uT	S
A03	SAC	0,10 uT	S
A04	SAC	0,10 uT	S
A05	SAI	0,75 uT	S
A06	SAI	0,10 uT	S
A07	SAC	0,26 uT	S
A08	SAC	0,10 uT	S
A09	SAC	0,10 uT	S

Fonte: A autora
Notas: uT: unidade de Turbidez; **S**= Satisfatória; **I**= Insatisfatória

No caso dos pontos adjacentes ao cemitério “Campo da Saudade”, os valores de turbidez estavam compreendidos entre 0,10 uT e 1,45 uT, estando, portanto, abaixo dos Valores Máximos Permitidos pela legislação brasileira, sendo considerados “Satisfatórios”, conforme mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise Física - Cemitério Campo da Saudade – Período seco – junho e julho – 2021.

AMOSTRAS	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	TURBIDEZ	CLASSIFICAÇÃO
B01	SAC	0,10 uT	S
B02	SAI	1,45 uT	S
B03	SAI	0,10 uT	S
B04	SAI	0,10 uT	S

Fonte: A autora
Notas: uT: unidade de Turbidez; **S**= Satisfatória; **I**= Insatisfatória

6.3 Análise de metais

Coleta de setembro de 2021

Nas imediações do cemitério “Santa Rosa de Lima”, os resultados das amostras de água por metais, reportaram 5 amostras com Alumínio (Al) acima do permitido pela portaria nº 888/ 2021 do MS/ Brasil, segundo a Tabela 9.

Tabela 9 – Análise de Metais (alcalinos e pesados) - Cemitério Santa Rosa de Lima – Período seco – setembro - 2021

AMOSTRAS	Al	Ba	Ca	Co	Cu	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	K	Na	Zn	Clas.
A01	0,065	0,005	15,014	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,655	0,005	0,009	2,570	9,158	<LQ	S
A02	0,018	0,006	15,307	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,834	0,003	<LQ	2,236	7,886	1,131	S
A03	0,031	0,008	14,285	0,003	<LQ	<LQ	<LQ	2,270	0,005	<LQ	9,122	29,460	0,006	S
A04	**0,701**	0,024	5,407	0,003	0,072	<LQ	<LQ	1,563	0,006	0,012	4,972	24,654	0,026	**P Al**
A05	**1,206**	0,022	8,956	0,006	<LQ	<LQ	0,007	1,947	0,005	<LQ	5,346	21,471	0,002	**P Al**
A06	**1,276**	0,025	9,773	<LQ	0,024	<LQ	0,029	1,983	0,006	<LQ	5,259	22,345	0,031	**P Al**
A07	**0,918**	0,020	7,426	<LQ	0,029	<LQ	<LQ	1,729	0,007	0,016	7,582	29,622	0,108	**P Al**
A08	0,020	0,006	22,616	<LQ	0,012	<LQ	<LQ	4,275	<LQ	<LQ	0,865	2,243	0,063	S
A09	**1,053**	0,034	6,252	0,003	0,009	<LQ	0,130	1,794	0,007	0,009	6,858	23,723	0,016	**P Al**
VMP (mg/L) RESOLUÇÃO GM/ MS 888/2021)	**0,2**	0,7	***	***	2	0,05	0,3	***	0,1	0,07	***	200	5	

Fonte: A autora.
Al= Alumínio; **Ba**= Bário; **Ca**= Cálcio; **Co**= Cobalto; **Cu**= Cobre; **Cr**= Cromo; **Fe**= Ferro; **Mg**= Magnésio; **Mn**= Manganês; **Ni**= Níquel; **K**= Potássio; **Na**= Sódio; **Zn**= Zinco.

Clas.= Classificação; **S**= Satisfatória; **P Al**= Presença de Alumínio.

Já nas amostras coletadas próximas ao cemitério “Campo da Saudade”, três (03) apresentaram o metal Alumínio (Al) acima do Valor Máximo Permitido pela legislação vigente, conforme mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise de Metais (alcalinos e pesados) - Cemitério Campo da Saudade – Período seco – setembro - 2021

AMOSTRAS	Al	Ba	Ca	Co	Cu	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	K	Na	Zn	Clas.
B01	**0,223**	0,008	1,262	<LQ	0,027	<LQ	0,009	0,579	0,022	<LQ	0,749	3,010	0,024	**P. Al**
B02	0,179	0,007	1,165	<LQ	0,012	<LQ	0,027	0,573	0,010	<LQ	0,847	3,183	0,020	S
B03	**0,951**	0,009	5,785	<LQ	<LQ	<LQ	0,010	1,244	0,025	<LQ	3,154	10,458	0,008	**P. Al**
B04	**0,269**	0,006	1,244	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,435	0,010	<LQ	0,227	3,248	<LQ	**P. Al**
VMP (mg/L) RESOLUÇÃO GM/ MS 888/2021)	**0,2**	0,7	***	***	2	0,05	0,3	***	0,1	0,07	***	200	5	

Fonte: A autora

Al= Alumínio; **Ba**= Bário; **Ca**= Cálcio; **Co**= Cobalto; **Cu**= Cobre; **Cr**= Cromo; **Fe**= Ferro; **Mg**= Magnésio; **Mn**= Manganês; **Ni**= Níquel; **K**= Potássio; **Na**= Sódio; **Zn**= Zinco.

Clas.= Classificação; **S**= Satisfatória; **P Al**= Presença de Alumínio.

A exposição humana ao Alumínio é inevitável, pois passa pela presença natural do elemento na natureza que vai desde os alimentos, a água, o ar, e também pela consciente utilização e introdução diária, pelo homem por meio de medicamentos, no tratamento de água ou produtos de consumo, entre outros. A presença de alumínio nas águas tratadas é frequentemente referida como alumínio residual e consiste em espécies de Al particulado e dissolvido. Sua origem na água pode ser devido à adição de coagulantes à base de Alumínio no tratamento de água e/ou à presença de elevados teores nas origens de água utilizável para produção de abastecimento público. A presença de um residual de Alumínio na água tratada pode ser atribuída a um processo de tratamento inadequado ou a uma exploração/manutenção deficiente e controle e gestão desajustados (ALMEIDA, 2011).

As implicações do Alumínio na saúde não são claras. Foram diversos estudos que relacionaram as concentrações deste elemento no cérebro e doenças neurodegenerativas, no entanto, não existe ainda um consenso a este respeito.

Devido a esta lacuna, a legislação no que respeita o teor de Alumínio na água não parece contemplar os efeitos deste metal na saúde humana, mas apenas questões relacionadas com a qualidade organoléptica da água (ALMEIDA, 2011).

As amostras que estão em conformidade com os padrões de aceitação na determinação de parâmetros, com base nos Valores Máximos Permitidos (VMP) pela Portaria nº 888/ 2021 do Ministério da Saúde do Brasil (BRASIL, 2021), são consideradas satisfatórias (S).

As amostras que não estão dentro dos padrões de aceitação por conta de parâmetros com Valores acima do Máximo Permitido pela Legislação Brasileira, são classificadas em Insatisfatórias (I).

Em locais de SAC (Solução Alternativa Coletiva), frequentemente as conclusões são Classificadas em “Insatisfatórias”, detectando ou não a Presença (P) de contaminantes mesmo dentro dos VMP, visto que a água de consumo por ser de uso coletivo, deveria ser tratada.

Nos locais de usos particulares de água SAI (Solução Alternativa Individual), usualmente os resultados são Classificados em “Satisfatórios”, reportando ou não a Presença (P) de contaminantes dentro dos VMP, por não se fazer necessário o tratamento do fluido.

6.4 Questionário semi-aberto

Os resultados dos questionários são apresentados nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Questionário realizado na vizinhança do Cemitério “Santa Rosa de Lima”.

PONTOS DE AMOSTRAGEM	DISTÂNCIA APROXIMADA DO POÇO PARA O CEMITÉRIO	TEMPO DE ATIVIDADE DO POÇO	PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	ÁGUA DE CONSUMO HUMANO	HISTÓRICO DE DOENÇAS POR CONSUMO DE ÁGUA
A01	18 m	17 ANOS	40 m	Não	Não
A02	12 m	5 ANOS	50 m	Não	Não
A03	24 m	17 ANOS	40 m	Não	Não
A04	26 m	6 ANOS	46 m	Não	Não
A05	19 m	8 ANOS	36 m	Não	Não

A06	37,5 m	20 ANOS	30 m	Não	Não
A07	17,30 m	14 ANOS	42 m	Não	Não
A08	22 m	3 ANOS	30 m	Não	Não
A09	32,65 m	20 ANOS	30 m	Não	Não

Fonte: A autora

Tabela 12 - Questionário realizado na vizinhança do Cemitério “Campo da Saudade”.

PONTOS DE AMOSTRAGEM	DISTÂNCIA APROXIMADA DO POÇO PARA O CEMITÉRIO	TEMPO DE ATIVIDADE DO POÇO	PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	ÁGUA DE CONSUMO HUMANO	HISTÓRICO DE DOENÇAS POR CONSUMO DE ÁGUA
B01	52 m	10 ANOS	40 m	Não	Não
B02	62,90 m	8 ANOS	25 m	Sim	Não
B03	17,90 m	6 ANOS	30 m	Sim	Não
B04	16 m	5 ANOS	30 m	Sim	Não

Fonte: A autora

Na Tabela 11 do cemitério “Santa Rosa de Lima”, os pontos A02, A04, A05 e A08 são os que têm poços com menos tempo de atividade, variando de 3 a 8 anos e o restante dos pontos, têm mais tempo de atividade, variando de 14 a 20 anos. As profundidades dos poços nos pontos da Tabela do cemitério supracitado, variam de 30 a 50 m. Nenhum dos pontos em torno do cemitério utiliza a água para ingestão ou consumo humano, somente para afazeres domésticos.

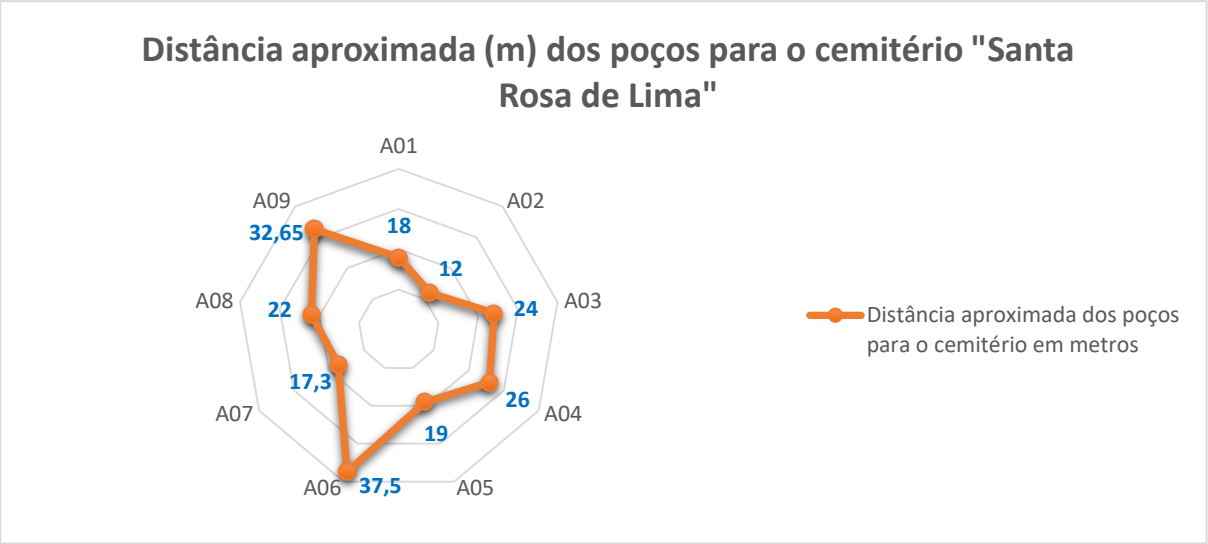
Na Tabela 12, do cemitério “Campo da Saudade”, o tempo de atividade é mais recente, variando de 5 a 10 anos. Os pontos B02, B03 e B04, utilizam a água para beber, já o ponto B01, utiliza apenas para afazeres domésticos. As profundidades dos poços variam de 25 a 40 m aproximadamente. Segundo relato dos próprios moradores de todos os 13 pontos, não há registros de doenças relacionadas ao consumo das águas dos poços mencionados.

Sugere-se, pela literatura internacional, por relatório da OMS (2017), que a distância entre cemitérios e poços ou nascente de abastecimento de água potável destinado ao consumo humano deve ser de 250 m, e ao menos 30 m de distância do limite do cemitério de qualquer nascente ou curso d’agua, porém no Brasil, não há uma legislação que determine uma distância entre cemitérios e poços profundos, que

fazem com que regras não sejam seguidas, haja vista que, há muitos anos, as regiões adjacentes às necrópoles, vêm sendo habitadas.

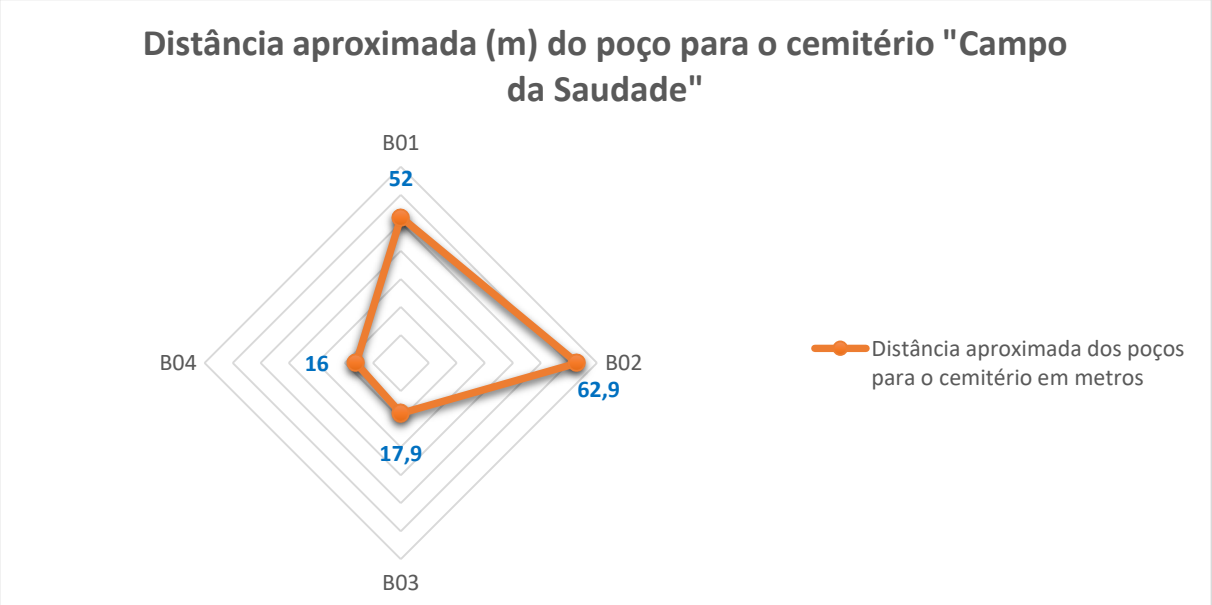
Neste trabalho, de acordo com dados obtidos pelo Google Earth Pro (2022), as distâncias aproximadas entre poços de residências adjacentes e o cemitério “Santa Rosa de Lima”, variam entre mínima em 12 m, média de 19 m e máxima de 37,5 m (Fig. 14). Já do cemitério “Campo da Saudade”, variam em mínima de 16m e máxima de 62,9 m de distanciamento de poços dos pontos em relação à necrópole (Fig. 15).

Figura 14 – Gráfico de distância aproximada (expressa em metros) dos poços para o cemitério “Santa Rosa de Lima”



Fonte: A autora

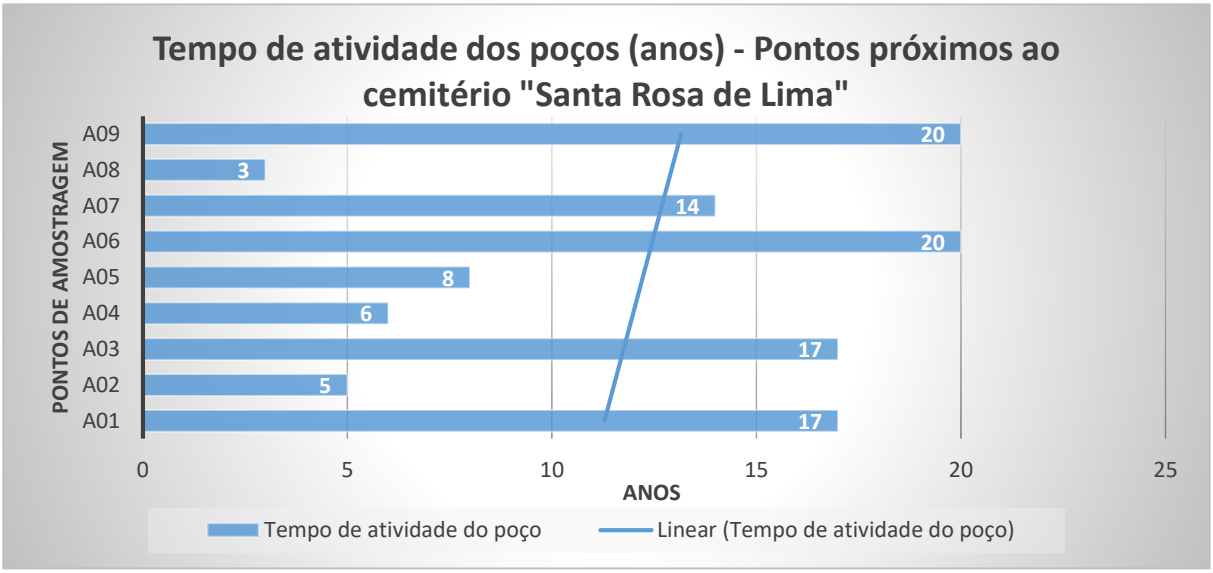
Figura 15 – Gráfico de distância aproximada (expressa em metros) dos poços para o cemitério “Campo da Saudade”



Fonte: A autora

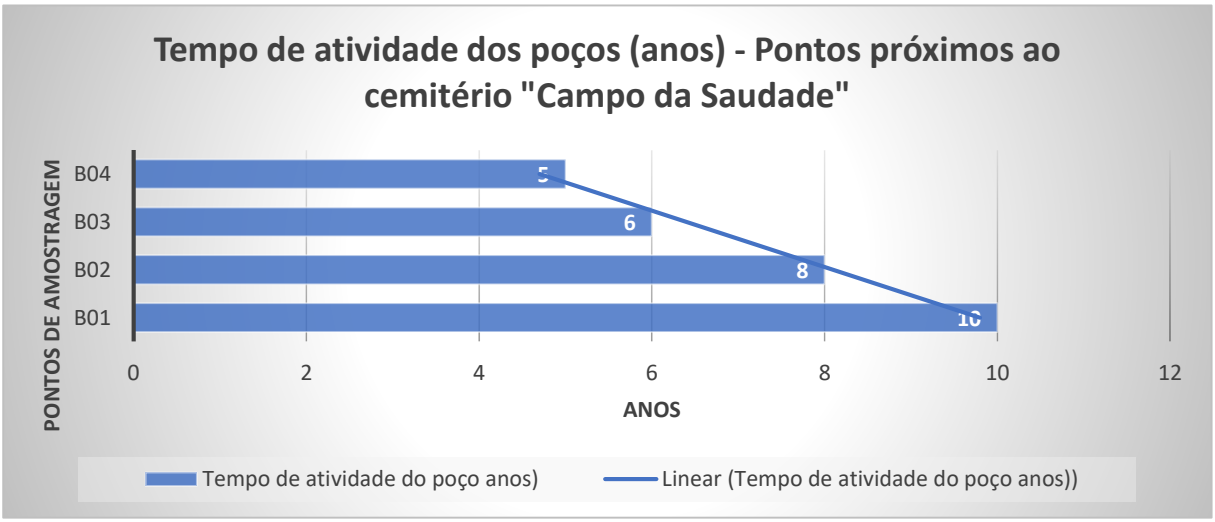
Com relação ao tempo de atividade dos poços, nos pontos adjacentes ao cemitério “Santa Rosa de Lima”, há uma média de 3 a 8 anos para os mais recentes e 14 a 20 anos para os mais antigos (Fig. 16). No cemitério “Campo da Saudade”, o tempo de atividade, varia de 5 a 10 anos (Fig. 17).

Figura 16 – Gráfico de tempo de atividade dos poços (expressa anos) dos pontos próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”



Fonte: A autora

Figura 17 – Gráfico de tempo de atividade dos poços (anos) dos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”

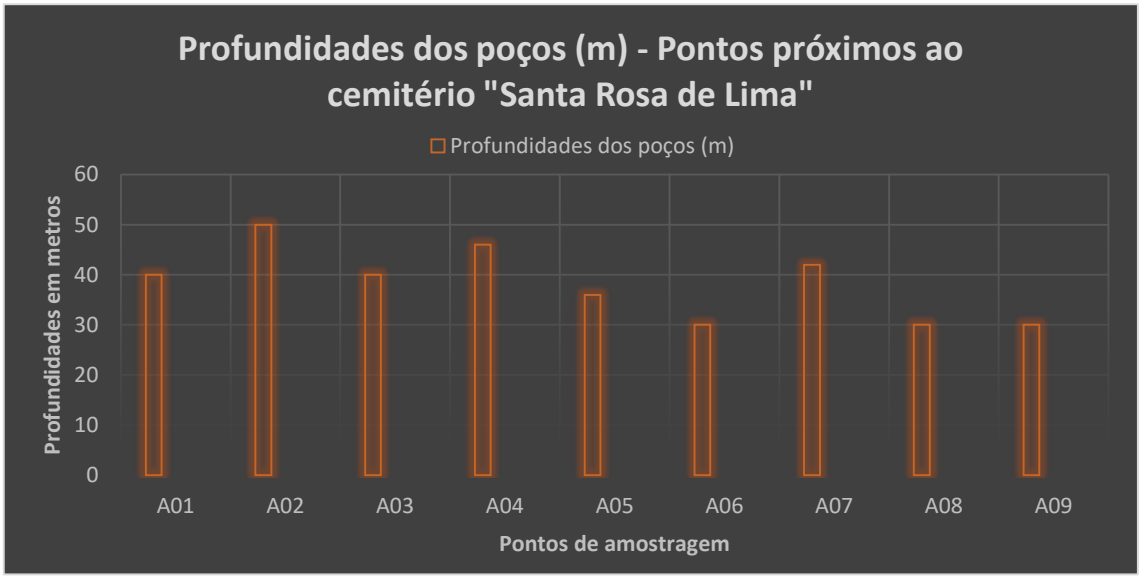


Fonte: A autora

As profundidades dos poços nos pontos da Tabela do cemitério “Santa Rosa de Lima”, variam de 30 a 50 m (Fig. 18) e do cemitério “Campo da Saudade”, variam de 25 a 40 m de profundidade (Fig. 19). Os poços mais recentes e com pouca

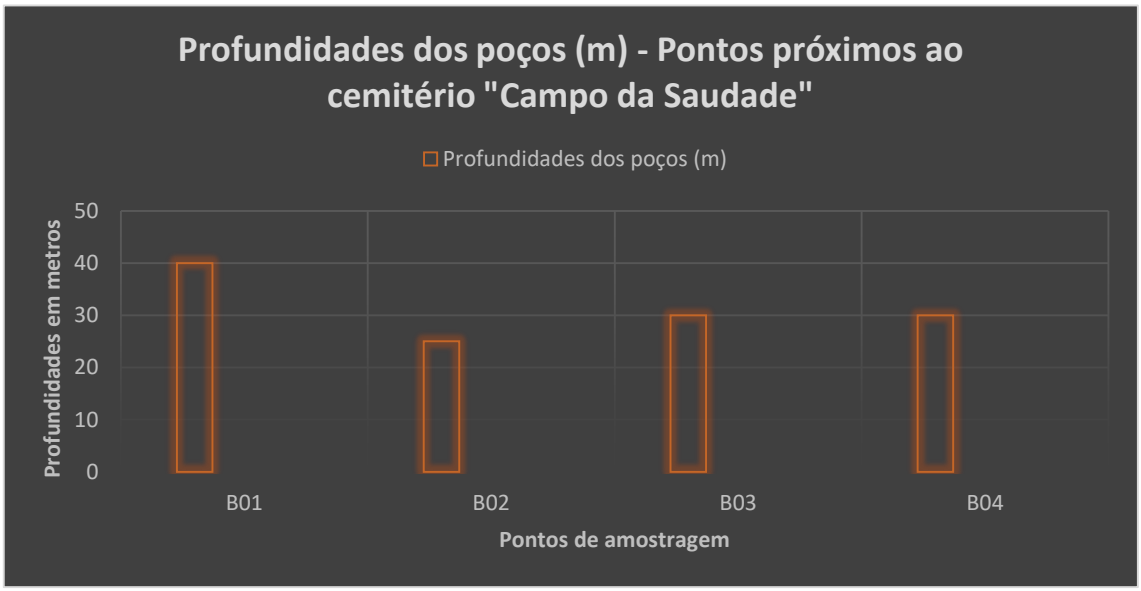
profundidade, têm mais riscos de captarem águas contaminadas, ao depender do nível em que se encontram os lençóis freáticos da área.

Figura 18 – Gráfico representativo das profundidades dos poços (expressas em metros) dos pontos próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”



Fonte: A autora

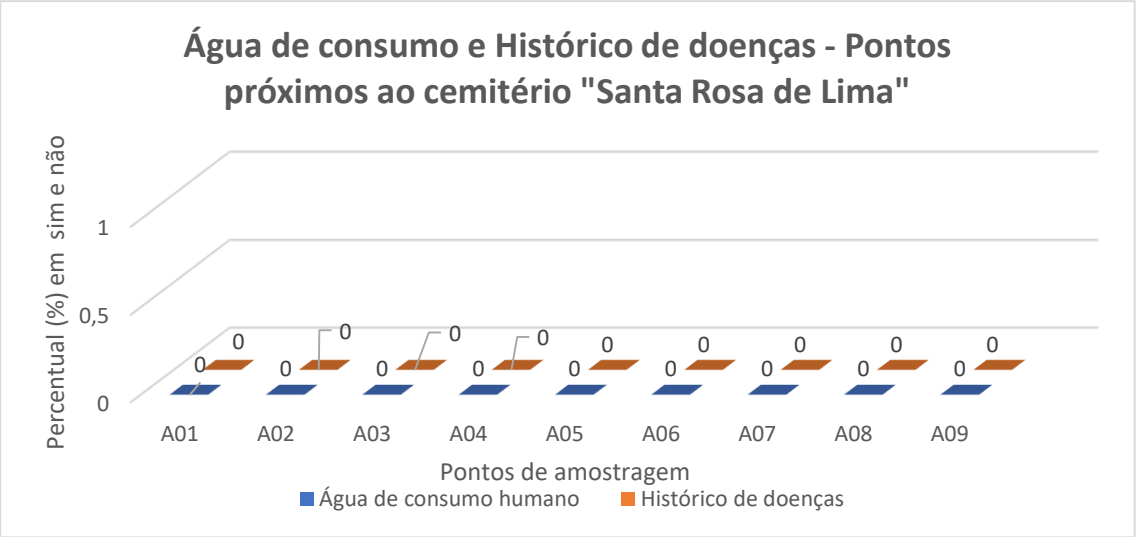
Figura 19 – Gráfico representativo das profundidades dos poços (expressas em metros) dos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”



Fonte: A autora

Segundo relato dos próprios moradores, conforme representado na Fig. 20, 100% dos residentes dos pontos em torno do cemitério “Santa Rosa” não utilizam as águas para consumo, somente para afazeres domésticos.

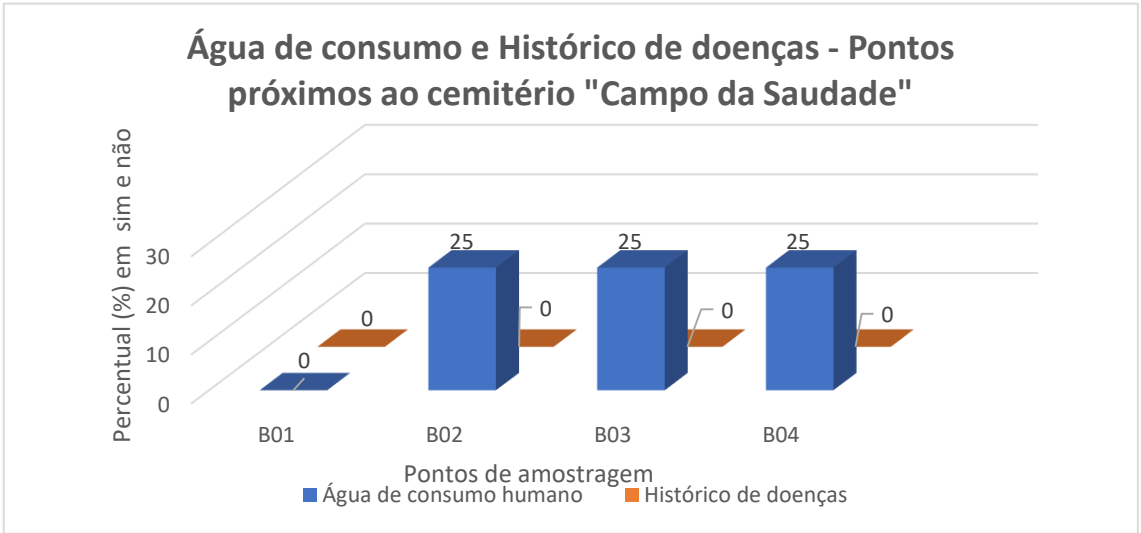
Figura 20 – Gráfico representativo (expresso em percentuais) sobre o consumo de água e histórico de doenças relacionadas ao consumo do fluido nos pontos próximos ao cemitério “Santa Rosa de Lima”



Fonte: A autora

Conforme informes dos moradores dos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”, como mostra a Fig. 21, 75% dos residentes dos pontos (B02, B03 e B04) utilizam a água para consumo e afazeres domésticos, já 25% (ponto B01), utiliza somente para afazeres domésticos.

Figura 21 – Gráfico representativo (expresso em percentuais) sobre o consumo de água e histórico de doenças relacionadas ao consumo do fluido nos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”



Fonte: A autora

Em 100% pontos às proximidades dos dois cemitérios supracitados (Fig. 20 e 21), não há registros de doenças relacionadas ao consumo das águas oriundas dos respectivos poços.

Castro *et al.* (2017) realizaram um estudo para avaliar a qualidade da água subterrânea no entorno do Cemitério “Parque das Palmeiras”, em Marituba- PA. Foram selecionados aleatoriamente três pontos em um raio de 300 metros do cemitério, onde foram coletadas amostras para analisar parâmetros físico-químicos (amônia, nitrato, cor aparente, turbidez e pH) e microbiológicos (coliformes termotolerantes). Os autores, nas residências que são abastecidas por essa água, aplicaram um questionário para verificar se há o consumo dessa água por parte dos moradores no qual os resultados apontaram que 7% dos moradores não utiliza nenhum tipo de filtro, pois acreditam que a água não necessita de tratamento, no entanto 60% dos entrevistados disseram utilizar o filtro químico. Há 20% dos moradores que utilizam o pano como filtro, pois acreditam não haver necessidade ou dinheiro para comprar o filtro químico, a parte da comunidade que acredita que a água de seus poços é inadequada para consumo, a utiliza somente para fins domésticos. O estudo revelou que o cemitério não está afetando as águas subterrâneas no entorno, contudo houve contaminação que pode ter sido causada por esgoto sanitário próximo aos poços.

Braz *et al.* (2000) realizou um estudo no período de 1993 a 1995 em três cemitérios na cidade de Belém-PA, onde foram coletadas amostras em oito pontos, para análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As amostras foram coletadas diretamente dos poços ou através da canalização de bombeamento. Os resultados obtidos no estudo revelaram a existência de um elevado número de bactérias nas águas subterrâneas e de escoamento superficial, além da intensificação da contaminação durante o período de amostragem, o que foi favorecido pelas características geológicas e hidrogeológicas do local de estudo.

Rocha (2017) avaliou a possibilidade da ocorrência de contaminação por necrochorume causada por um cemitério localizado no município de Osório, na planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, essa avaliação foi realizada com base em levantamentos geológicos, por meio da coleta de amostras de solo, através de sondagens e análises granulométricas feitas por peneiramento, bem como levantamentos hidrogeológicos e a coleta de amostras de água subterrânea e a análise físico-química das mesmas. Tal estudo, não comprovou a existência de contaminação das águas subterrâneas por necrochorume. As análises hidroquímicas revelaram que o poço localizado dentro das dependências do cemitério possui níveis

mais elevados de alcalinidade, nitrato, cálcio, fósforo total e ortofosfato em comparação com os outros poços da região.

Este e outros estudos, evidenciam que os cemitérios, quando não planejados geológica e hidrogeologicamente, para proteção do meio ambiente, são fontes de contaminação para águas subterrâneas, por conta do necrochorume e outras variantes. Podendo comprometer a qualidade das águas subterrâneas das áreas em que estão implantados e também de áreas adjacentes as necrópoles.

Dependendo da profundidade das sepulturas em relação ao nível de profundidade em que se encontram os lençóis freáticos, que, se muito rasos, representam ameaça à saúde da população circunvizinha de cemitérios, que, por meio de poços de captação hídrica e falta de cuidados específicos, podem vir a consumir águas contaminadas, tendo forte potencial de desencadear doenças de veiculação hídrica.

7. CONCLUSÃO

No presente estudo por meio do questionário foi possível inferir que nos pontos de amostragem próximos ao cemitério ‘’Santa Rosa de Lima”, nenhum dos moradores entrevistados utiliza a água para consumo, somente para afazeres domésticos, enquanto que nos pontos próximos ao cemitério “Campo da Saudade”, essa água é utilizada tanto para consumo como para afazeres domésticos. De acordo com o questionário semi-aberto aplicado aos próprios moradores nos pontos de coleta, não há registros de doenças relacionadas ao consumo das águas dos poços utilizados nesta pesquisa.

Na primeira coleta (período seco, fevereiro-março 2021) no cemitério “Santa Rosa”, duas amostras detectaram a presença de Coliformes Totais, contudo por se tratarem de locais de uso individual foram consideradas como “satisfatórias”. As demais amostras foram consideradas “insatisfatórias” por pertencerem à categoria “Sistema de Abastecimento Coletivo” e não possuírem um sistema de tratamento. Uma amostra não reportou a presença de nenhum dos parâmetros analisados. Nas amostras coletadas próximas ao cemitério “Campo da Saudade”, todas (quatro) indicaram a presença de Coliformes Totais e somente uma amostra foi considerada insatisfatória.

Na segunda coleta (período de transição chuvoso-seco, junho-julho 2021) realizada nas proximidades do cemitério “Santa Rosa”, somente uma amostra detectou a presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli*, sendo considerada como “Insatisfatória”. As demais amostras não reportaram a presença dos parâmetros analisados, porém, foram consideradas insatisfatórias. Três amostras coletadas em pontos próximos ao Cemitério “Campo da Saudade”, indicaram a presença de Coliformes Totais, porém somente uma amostra foi considerada “insatisfatória”.

A presença de Coliformes Totais em grandes quantidades, é indicativo da presença de microrganismos patogênicos transmissores de doenças de veiculação hídrica, sendo tolerado em amostras individuais de poços ou nascentes, a presença de Coliformes Totais, dentro do valor padrão, na ausência da *Escherichia coli* que é um importante indicador microbiológico de contaminação fecal.

Das análises físicas com base no parâmetro da Turbidez, todas as amostras próximas aos dois cemitérios supracitados, estavam dentro dos valores de referência, sendo então consideradas “satisfatórias”.

Nas coletas de metais realizadas nas proximidades dos dois cemitérios estudados foi detectada a presença do metal pesado Alumínio em oito (8) pontos dos dois cemitérios supramencionados. Apesar de não existirem estudos que comprovem que o Alumínio presente na água possa afetar a saúde, mas o mesmo em altas concentrações na água pode ocasionar problemas neurológicos e isto se torna um alerta para os cuidados que devem ser tomados também em relação à potabilidade da água.

8. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a realização de mais coletas com análises laboratoriais com utilização de mais parâmetros de estudo, em amostras de água e solo, na parte interna e externa (pontos próximos) dos cemitérios, para detecção de contaminantes e identificação dos tipos de solos dentro e fora das necrópoles.

No caso dos pontos que apresentaram a presença dos contaminantes, se sugere a limpeza dos reservatórios de água e tubulações.

Um monitoramento contínuo deve acontecer periodicamente, por se tratar de áreas em que os cuidados devem ser sempre presentes.

A utilização da ferramenta geofísica Ground Penetrating Radar (GPR) (método indireto), contribuirá também para o conhecimento da subsuperfície dos referidos cemitérios como o nível de profundidade a que se encontram os lençóis freáticos e se o mesmo está sendo atingido por plumas de contaminação provenientes do necrochorume resultante da decomposição dos cadáveres nos cemitérios.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. **Análise físico-química das águas a alguns cemitérios no município de Juiz de Fora**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora / Departamento de Química, Juiz de Fora, 10f. 2004.

ALMEIDA, A.M de; MACÊDO, JAB de. **Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume**. Seminário de Gestão Ambiental, v. 1, 2005.

ALMEIDA, M.G.LS.F. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Dissertação. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. 81f. 2011.

ANDRADE, F.A.**A ameaça dos mortos**. Editora e gráfica Maxprint. Jundiaí-SP, 2007.

BACIGALUPO, R. **Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais**. Revista História, Natureza e Espaço, Vol 1, p. 1-8, 2012.

BAUAB, K. C; LEME, R. C. B. **Análise do processo de implementação de cemitérios na zona rural de Francisco Beltrão-PR**. Revistas Perspectiva Geográfica. Unioeste. v. 8. n. 9. 2013.

BATISTA, Daiane Cardoso Lopes; VIEIRA, Antonio Fábio Sabbá Guimarães; MARINHO, Rogério Ribeiro. **Uso do" Google Earth Pro" no mapeamento de voçorocas na área urbana de Manaus (AM), Brasil**. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 10, n. 20, p. 1-12, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama. **Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. In: Diário Oficial da União, nº 101, de 28 de maio de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação (PRC) Nº 05 de 28 de setembro de 2017**. ANEXO XX: Dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. **Portaria GM/ MS n° 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o anexo XX da portaria de consolidação GM/MS n° 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. In Diário Diário Oficial da União, edição 85, de 07 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº2.914, 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.

BRASIL. Ministério da Saúde. **FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE**. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília, 112 p. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação (PRC) Nº 05 de 28 de setembro de 2017**. ANEXO XX: Dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRENNAN, Angela K. et al. **Preliminary investigation of groundwater quality near a Michigan cemetery, 2017**. U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, n. 2018-5120, 2018.

BARROS, J.I. et al. **Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do cemitério Municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1763-1773, 2008.

BRAZ, V.N; MENEZES, L.B.C; BERREDO, F. **Contribuição ao estudo de águas contaminadas por cemitérios na cidade de Belém-PA**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, série Ciências da terra. v.12, 2000.

CASTRO, M.S.C. et al. **Análise das águas subterrâneas entorno do Cemitério Parque das Palmeiras no Município de Marituba no ano de 2017**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS. 2017.

CAMPOS, Ana Paula Silva. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CETESB. 2016. Apêndice “E”. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-eSanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf. Acesso em 20 set. 2020

DA CONCEIÇÃO GONÇALVES, L; OLIVA, Pedro Chira. **Estudo dos impactos ambientais ocasionados pelo cemitério municipal de Mocajuba (Pará, Brasil)**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 9, p. 13650-13672, 2019.

ECODEBATE. **Contaminação ambiental por cemitérios**, artigo de Roberto Naime. 2017. Disponível em< https://www.ecodebate.com.br/2017/03/07/contaminacao-ambiental-por-cemiterios-artigo-de-roberto-naime/> Acesso em: out. 2022.

ESPINDULA, J. C. **Caracterização bacteriológica e fisico-química das águas do aqüífero freático do cemitério da Várzea-Recife**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2004.

FINEZA, A. G. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de Tabuleiro - MG**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.

FORMANEK, Paula Anne. **An assessment of groundwater contamination at cemetery sites**. Queen's University at Kingston, 1999

GÓES, A.M., ROSSETTI, D.F., NOGUEIRA, A.C. R., TOLEDO, P. M. (1990) **Preliminary depositional model of the Pirabas Formation in the northeast of the State of Pará (in Portuguese)**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeld, Série Ciências da Terra 2:3 - 15. 1990.

GOOGLE EARTH PRO, 2022. Disponível em: https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/#earth-pro

HARA, R.V. **Avaliação dos efeitos citogenotóxicos da diamina cadaverina, presente no necrochorume, por meio de ensaios com sistemas testes in vitro e in vivo**. (Tese), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 37f. 2016.

HART, Alwyn; CASPER, Susan Theresa. **Potential groundwater pollutants from cemeteries**. United Kingdom Environment Agency, 2004. SUBSTITUIR NO TEXTO POR (HART and CASPER, 2004)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados demográficos. Bragança. 2022. IBGE**. https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados
INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia** – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2021. https://portal.inmet.gov.br/.

JORNAL da USP. Home. Ciências. Ciências Ambientais. **Cientistas buscam alternativa ao cromo VI, metal altamente tóxico**. 18 abr. 2017. Disponível em: < https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/cientistas-buscam-alternativa-aocromo-vi-metal-altamente-toxico/>. Acesso em 31 out. 2020.

KNIGHT, M.J. and DENT, B.B. **A watery grave- the role of hydrogeology in cemetery practice**, ACCA News, Summer, p.19-22, 1995.

KEMERICH, P.D.C. et al. **Influência dos cemitérios na contaminação da água subterrânea em Santa Maria RS**. Águas Subterrâneas, v. 24, n. 1: 115-127, 2010.

KEMERICH, P. D. C. et al. **Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério**. Revista Ambi-Agua, Taubaté, Vol.7, p. 140-156, 2012.

KEMERICH, P. D. C.; BORBA, W. F. **Cemitérios e os problemas ambientais: a dura realidade brasileira**. Revista Conselho em Revista - CREA RS, v. 10, p. 36-37, 2013.

KEMERICH, P. D. C. et al. **A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil**. REMOA, v.13, 2014.

LARA, R. J. **Amazonian mangroves - a multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: introduction.** Wetlands Ecology and Management 11:217-221. 2003.

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: Revista Virtual, v. 5, n. 2, p. 132-148, 2009.

LIMA, M.L.V. **Água para consumo humano, na área de influência direta de cemitérios localizados no centro urbano da cidade de Bragança-Pará**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 3p, 2015.

MACHADO, V.M. **Avaliação do Potencial de Contaminação de Cemitérios da região da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro, 2006. XIV, 212 p. COPPE/UFRJ, M. Sc, Eng. Civil, 2006.

MANOEL FILHO, João. **Ocorrência das águas subterrâneas**. FEITOSA, AC; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações, v. 2, p. 13-33, 2000.

MATOS, B.A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo** [tese de doutorado]. São Paulo: Instituto de Geociências da USP; 2001.

MORAES, B.C. DE; COSTA, J.M.N. DA; COSTA, A.C.L. DA, COSTA, M.H. **Spatial and temporal variation of precipitation in the state of Pará**. Acta Amazonica v.35(2), p.207-214. 2005.

MOREIRA, P.A; BUENO, S.M. **Presença de cromo hexavalente na água potável**. Revista Corpus Hippocraticum, v. 1, n. 1, 2019.

NECKEL, A. et al. **Environmental damage and public health threat caused by cemeteries: a proposal of ideal cemeteries for the growing urban sprawl**. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management) urbe. 2017.

NEIRA, D. F. et al. **Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil.** Natureza On Line, Santa Teresa, v. 6, p. 36-41, 2008.

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.

OLIVEIRA, B. et al. **Burial grounds' impact on groundwater and public health: an overview**. Water and Environment Journal, 27(1), 99-106. 2012.

OLIVEIRA, K.G.M. **Indicadores ambientais para a caracterização da contaminação da água subterrânea em áreas de cemitérios**. Monografia curso de

PósGraduação do departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 89 folhas. Salvador, 2020.

PACHECO, **Alberto et al. Cemeteries-a potential risk to groundwater**. Water science and technology, v. 24, n. 11, p. 97-104, 1991.

PACHECO, A. **Cemitério e meio ambiente** [tema de livre docência]. São Paulo: Instituto de Geociências da USP; 2000.

PACHECO, Alberto. **Os cemitérios e o ambiente**. Conselho em Revista, v. 3, n. 24, p. 30, 2006 Tradução. Disponível em: http://www.crea-rs.org.br/site/arquivo/revistas/ed24.pdf. Acesso em: 01 dez. 2022.

PACHECO, A. **Meio ambiente e cemitérios**. São Paulo: Editora SENAC, 2012.

PALMA, S. R; SILVEIRA. D. D. **A Saúde ecologicamente correta: A Educação Ambiental e os problemas ambientais em cemitérios.** Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM. Vol. 2. nº 2. p. 262-274, 2011.

RAIOL, P.D; OLIVA, P.C. **Estudo ambiental do cemitério da Vila de São Joaquim do Ituquara (Pará, Brasil)**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 12, p. 30193-30207, 2019.

RANGONI, C. S. **Cemitério Municipal de São Francisco: visão crítica sobre as condições das necrópole de Salvador**. Candombá, v. 10, n. 1, 2014.

RIBEIRO, E. V.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; HORN, A.H.; TRINDADE, W.M. **Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias E Pirapora - MG: Índice de contaminação.** 2012. Disponível em: <http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/20121/07_Ribeiro_et_al.pdf>. Acesso em: 12.jul.14.

ROVERI, V; MUNIZ, C.C. **CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA POR ESCHERICHIA COLI: estudo, preliminar, no canalde drenagem urbana da av. Lourival Verdeiro do Amaral – São Vicente/SP**. REVISTA DON DOMÊNICO, 2016.

ROCHA. R. **Contaminação da água subterrânea por cemitérios: Estudo de caso no cemitério municipal de Osório.** Trabalho de conclusão de curso (monografia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Porto Alegre-RS, 61f. 2017.

SANTOS, M.R.S; MOREIRA, A.M; SANTOS, M. **Análise socioambiental dos moradores da APP urbana do rio Cereja, Bragança-Pará**. III Seminário Nacional de Áreas de Proteção Permanentes e Áreas de Reserva Legal: Limitações administrativas–Belém-PA, 2014.

SANTOS, A.G.S; MORAES, L.R.S; DE MORAIS NASCIMENTO, S.A. **Qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do Cemitério do Campo Santo em Salvador/BA.** Revista eletrônica de gestão e tecnologias ambientais, v. 3, n. 1, p. 39-60, 2015.

SETUR. **Inventário de Oferta Turística do Município de Bragança-PA**. Prefeitura Municipal de Bragança, Secretaria Municipal de Turismo, 2013.

SILVA, F.V. **Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió**.Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento). Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 153 f.
2012.

SILVA, L.M. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aqüíferos livres**. Saneamento Ambiental. v.71, p.41-45, 2000.

SILVA, F. C; SUGUIO, K. & PACHECO, A. **Preliminary environmental evaluation of the Itaquera cemetery**, according to resolution CONAMA 335/2003 São Paulo municipality. Revista UnG: Geociências, 7(1), 31-47, 2008.

SILVA, M.P. *et al.* **Vulnerabilidade do aquífero nas proximidades do cemitério municipal de Caçapava do Sul RS, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências**, v. 40, n. 1: 206-216, 2017.

SILVA, R. W. C; MALAGUTTI FILHO, W. **O emprego de métodos geofísicos na fase de investigação confirmatória em cemitérios contaminados**. Eng Sanit Ambient, v.14(3),p. 327-336, 2010.

SILVA.J.A; MARQUES, M.J.D.P. **Impactos ambientais causados por necrochorume de cemitérios: um olhar para os possíveis riscos à saúde pública**. Revista mundi meio ambiente e agrárias, v.2, 2017.

SOUSA, JR.C.N. DA C; EL ROBRINI, M; OLIVA, P.A.C. **Experimental survey of the Ground Penetrating Radar (GPR) in the study of the Aturiaí river (Bragança Coastal Plain, northeast of Pará)**. Research, Society and Development, v. 9, p.1-29. 2020.

SOUZA FILHO, P. W M; EL-ROBRINI, M. **A influência das variações do nível do mar na sedimentação da planície costeira bragantina durante o holoceno-Nordeste do Estado do Pará**. 308-337 pp. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (eds.). Contribuições à geologia da Amazônia. Belém, FINEP. 1996.

SEPA – **Scottish Environment Protection Agency. Guidance on Assessing the Impacts of Cemeteries on Groundwater**. LUPS GU32, 15 pp, 2015.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23ª Edição 2017. https://www.standardmethods.org/

TORMEN, A. F; TASSO, C. A; PAVAN KORF, E. **ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR CEMITÉRIOS**. Exatas & Engenharias, v. 6, n. 16, 7 fev. 2017.

ÜÇISIK, A.; RUSHBROOK, P; World Health Organization. **The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing**. EUR/HFA target 23, EUR/ICP/EHNA 010401(A). Copenhagen, Denmark: WHO Regional. Office for Europe, 1998. Disponível em:< http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/108132/1/EUR_ICP_EHNA_01_04_01(A).pdf . Acesso em 24 jun. 2020.

VAEZIHIR, A; MOHAMMADI, S. **Groundwater contamination sourced from the main cemetery of Tabriz, Iran**. Environmental Forensics, v. 17, n. 2, p. 172182, 2016.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, DESA-UFMG, 2a edição, v. 1, 2005.

WHO. **The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing**. In: ÜÇISIK, A.S.; RUSHBROOK, P. (Orgs.). WHO Regional Office for Europe. European Centre for Environment and Health, Nancy Project Office, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the fourth edition. 2017**. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf;jsessionid=D594DFC4C312AC9D5C9F8181218F5E08?sequence=1>. Acesso em 30 set. 2022

XAVIER, C.C; AMORIM, M.R. VALENTINI, C.M.A **Análise do potencial de contaminação dos cemitérios em Cuiabá-MT: Estudo de caso Parque Bom Jesus de Cuiabá e cemitério São Gonçalo**. In: V Congresso Brasileiro de Gestão ambiental, 2014.

YAMAGUCHI, MU. et al. **Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá – PR**. Revista O mundo da Saúde. V. 37(3), p.312-320. 2013.

ZINA, I. **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO E METAIS PESADOS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL: Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR**. Universidade tecnológica Federal do Paraná. 70f. 2015.

ANEXO A – Questionário semi-aberto

Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Bragança
IECOS - Instituto de Estudos Costeiros

Orientador: Prof. Dr. Pedro Chira
Orientanda: Yone Carvalho
Ciências Naturais 2018
Bragança, de de 2020

Questionário para TCC (Tese de conclusão de curso)

Tema: **Análise Físico-Química e Microbiológica da água de poços artesianos de casas aos arredores dos Cemitérios ”Santa Rosa” e “Campo da Saudade “ de Bragança do Pará**

Coleta de nº: _____

Nome:_____

Endereço:_____

1- Quantas pessoas residem nesta casa?

Quantidade total _____ Homens _____ Mulheres _____

Idades: Homens: X-Y anos_____ Mulheres: Z-W anos_____

2- Você reside às proximidades de qual Cemitério (Necrópole/ Sepulcrário)

Santa Rosa ( ) Campo da Saudade ( )

3- Há quanto tempo sua residência possui poço artesiano? Qual profundidade do mesmo?

Tempo: _____

Profundidade: _____

Observações:

_____

_____

_____

4- Qual finalidade do uso da água?

( ) Limpeza geral (lavar roupas/louças e outros) ( ) Preparo de alimentos e Consumo humano

5- Já notou alguma diferença ou alteração na qualidade da água (presença de sabor ou cheiro) em períodos chuvoso e seco?

Sim ( )

Cheiro ( ) Sabor ( ) **Períodos sazonais:** Seco ( ) Chuvoso ( )

Não ( )

6- Alguém desta residência, já chegou a ter alguma doença relacionada ao consumo da água que tenha sido COMPROVADA? Quantas pessoas?

Sim ( ) Não ( )

Número de pessoas doentes ( )

7- Já foi notada alguma alteração ou sintoma em algum morador da casa, onde SUSPEITOU-SE que foi após o consumo da água desta residência?

Sim ( ) Não ( )

-Se sim, foi procurada alguma ajuda médica?

Sim ( ) Não ( )

-Foi caso de internação?

Sim ( ) Não ( )

-Foi utilizado algum medicamento?

Sim ( ) Não ( )

8- Alguma vez a Prefeitura em parceria com a Vigilância Ambiental e Secretaria de Saúde do Município procurou saber dessas informações, já repassou algum tipo de orientação ou fez coleta de material (água) para fins de análise laboratorial?

Sim ( ) Não ( )

-Se sim, com que frequência se realiza essa vistoria?

_____

"Gratidão pela contribuição, compreensão e disponibilidade!"