

# IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR NECROCHORUME NAS IMEDIAÇÕES DO CEMITÉRIO DA SAUDADE - MARABÁ-PA

## ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WATER CONTAMINATION BY LEACHERATE IN THE VICINITY OF THE CEMETERY OF SAUDADE - MARABÁ-PA

Dhiéssica Paixão dos Santos<sup>1</sup>  
Josiel de Oliveira Batista<sup>2</sup>  
Andréa Hentz de Mello<sup>3</sup>  
Evair Dias Nascimento<sup>4</sup>  
Natália Gomes Alves de Souza<sup>5</sup>  
Renato Alves Teixeira<sup>6</sup>  
Kaullany Carton Vaqueiro Castro<sup>7</sup>

Área Temática 05: Meio ambiente, Mudanças climáticas e Sustentabilidade  
Modalidade: Artigo Científico

### Resumo

Cemitérios são locais destinados ao sepultamento e, embora sejam considerados sagrados em muitas culturas, sua construção e manutenção exigem cuidados para evitar danos ao meio ambiente. Um planejamento inadequado pode resultar em diversos problemas, principalmente relacionados à contaminação da água. Este trabalho tem como objetivo principal avaliar os impactos ambientais da contaminação da água por necrochorume nas imediações do Cemitério da Saudade, localizado na Folha 29, no bairro Nova Marabá, em Marabá-PA. A pesquisa combinou levantamento bibliográfico e documental com pesquisa de campo, para avaliar as condições físicas do cemitério. Foram coletadas amostras de água em dois pontos distintos: efluente no interior do cemitério, desaguando na "grotta criminosa", e poço de residência adjacente ao cemitério. As amostras foram submetidas a análises físico-químicas (pH, condutividade elétrica, turbidez e sólidos totais dissolvidos) e microbiológicas (detecção de E. coli totais e termotolerantes) no laboratório da UEPA-Marabá-Campus VIII, seguindo as diretrizes do Manual Prático de Análise de Água da FUNASA. As análises revelaram alterações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do poço e do efluente, indicando a possível presença de contaminantes provenientes da decomposição dos corpos. Os resultados obtidos sugerem que o necrochorume pode estar contaminando a água nas imediações do cemitério, representando um risco ambiental e de saúde pública. A presença de E. coli, um indicador de contaminação fecal, reforça essa hipótese. Este estudo destaca a importância de avaliar os impactos ambientais de cemitérios e implementar medidas preventivas e de controle para mitigar a contaminação por necrochorume na água.

**Palavras-chave:** Contaminação da água; Água subterrânea; Necrochorume; Meio ambiente.

<sup>1</sup> Instituição: Graduada na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa); e-mail: [dhiessikasantos@gmail.com](mailto:dhiessikasantos@gmail.com)

<sup>2</sup> Instituição: Docente na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa); e-mail: [josieloliveira@unifesspa.edu.br](mailto:josieloliveira@unifesspa.edu.br)

<sup>3</sup> Instituição: Docente na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa); e-mail: [andreahtentz@unifesspa.edu.br](mailto:andreahtentz@unifesspa.edu.br)

<sup>4</sup> Instituição; Professor na Universidade Estadual do Pará (UEPA); e-mail: [Evair.d.nascimento@uepa.br](mailto:Evair.d.nascimento@uepa.br)

<sup>5</sup> Instituição; Docente na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa); e-mail: [nataliagas@unifesspa.edu.br](mailto:nataliagas@unifesspa.edu.br)

<sup>6</sup> Instituição; Docente na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa); e-mail: [alves.agro@unifesspa.edu.br](mailto:alves.agro@unifesspa.edu.br)

<sup>7</sup> Instituição: Graduada na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa); e-mail: [kaullany.castro@unifesspa.edu.br](mailto:kaullany.castro@unifesspa.edu.br)

## Abstract

Cemeteries are places intended for burial and, although they are considered sacred in many cultures, their construction and maintenance require care to avoid damage to the environment. Inadequate planning can result in several problems, mainly related to water contamination. The main objective of this work is to evaluate the environmental impacts of water contamination by necroleachate in the vicinity of the Cemitério da Saudade, located in Folha 29, in the Nova Marabá neighborhood, in Marabá-PA. The research combined bibliographic and documentary research with field research to assess the physical conditions of the cemetery. Water samples were collected from two different points: effluent inside the cemetery, flowing into the "criminal grotto", and a well in a residence adjacent to the cemetery. The samples were subjected to physical-chemical (pH, electrical conductivity, turbidity and total dissolved solids) and microbiological (detection of total and thermotolerant *E. coli*) analyses in the UEPA-Marabá-Campus VIII laboratory, following the guidelines of the FUNASA Practical Water Analysis Manual. The analyses revealed changes in the physical-chemical and microbiological parameters of the well water and effluent, indicating the possible presence of contaminants resulting from the decomposition of the bodies. The results obtained suggest that the necroleachate may be contaminating the water in the vicinity of the cemetery, representing an environmental and public health risk. The presence of *E. coli*, an indicator of fecal contamination, reinforces this hypothesis. This study highlights the importance of assessing the environmental impacts of cemeteries and implementing preventive and control measures to mitigate leachate contamination in water.

**Key words:** Water contamination; Groundwater; Leachate; Environment.

## 1. Introdução

A poluição das águas subterrâneas pode originar-se de diversas fontes, incluindo efluentes industriais e domésticos, atividades agrícolas e cemitérios. Nesse último caso, fatores como a profundidade das sepulturas, o tipo de solo, a drenagem e a urbanização influenciam o nível de contaminação e têm despertado crescente interesse científico na busca por soluções para mitigar o impacto ambiental (Almeida, 2006).

A palavra "cemitério" do grego *koimeterion*, "dormitório", do latim *coemeterium*, era apontado, a princípio, como o lugar onde se dorme "quarto ou dormitório" (Pacheco, 2006; Martins, 2008). Já a palavra "cadáver", tem origem latina e significa "carne dada aos vermes" (Albuquerque, 2017).

A prática de enterrar os corpos humanos remonta a tempos muito antigos, com evidências arqueológicas que indicam seu uso já a 100 mil anos antes da nossa era. A partir de 10 mil anos a.C. as sepulturas passam a ser agrupadas e assim aparecem os primeiros cemitérios. No entanto, a forma como os corpos eram sepultados e os locais escolhidos para tal foram mudando ao longo do tempo, refletindo as crenças culturais, sociais e religiosas das diferentes sociedades (Almeida e Macêdo, 2005).

Na França, já em 1737, uma comissão de médicos formada pelo parlamento de Paris, recomendou mais cuidado nas sepulturas e decência na manutenção dos locais onde os mortos eram enterrados. Na mesma época, em 1743, o abade francês Charles-Gabriel Porée publicou um texto condenando os enterros em igrejas e propondo a criação de cemitérios fora das cidades. Autoridades de países e cidades da Europa a partir daí, passam a proibir sepultamentos nas igrejas e a promover a instalação de cemitérios, para que os enterros ocorressem ao ar livre e longe do perímetro urbano (Silva e Filho, 2009, p. 25).

A decisão de desinstalar os cemitérios em lugares próximos da população foi decorrente do mau cheiro que se alastrava pela cidade e “emanações” tidas como perigosas para a saúde. Porém, as preocupações ambientais só vieram a surgir recentemente por problemas causados pelos corpos sepultados, como o odor, a liberação de substâncias orgânicas e inorgânicas, além de microrganismos patogênicos para o solo e lençóis freáticos, e muitos outros problemas ambientais que podem ser ocasionados à prática irregular de sepultamentos (Almeida e Macêdo, 2005).

Atualmente, os cemitérios podem ser classificados em três tipos, sendo eles, os cemitérios parque, cemitérios horizontais (mais comum no Brasil) e cemitérios verticais. Cada um, com suas características distintas, pode oferecer um risco potencial de contaminação ao meio ambiente e danos à saúde pública (Campos, 2007). Essas estruturas físicas, construídas com diversidades de formas, são descritos como:

- A) **Cemitério Horizontal:** também conhecidos como cemitérios tradicionais, são os tipos mais comuns no Brasil e em diversos países. Sua característica marcante é a disposição dos túmulos e jazigos em terrenos amplos e abertos.
- B) **Cemitério Parque ou Jardim:** cemitérios se caracterizam por sua vasta área verde, sepulturas discretas e integradas à natureza
- C) **Cemitério vertical:** Neles, os sepultamentos são realizados em lóculos empilhados em prédios altos, otimizando o uso do solo
- D) **Cemitérios de animais:** cemitérios destinados a sepultamentos de animais (Brasil, 2008, p. 839).

Conforme Martins et al. (2018), a decomposição de corpos em cemitérios horizontais pode gerar impactos ambientais significativos. O processo pode liberar substâncias tóxicas, como arsênio e mercúrio, utilizados em procedimentos de embalsamamento, contaminando o solo e, conseqüentemente, as águas subterrâneas e superficiais.

Com o rompimento dos tecidos, ocorre liberação dos gases, líquidos e sais para o meio ambiente, podendo pôr em risco o meio ambiente e a saúde pública. Sendo os cemitérios

repositórios de cadáveres a céu aberto, diversas questões surgem sobre seu impacto no meio ambiente e na saúde pública. Sendo assim, a sua implantação exige cuidados técnicos e científicos para a sua operação (Almeida e Macêdo, 2005).

Segundo Carneiro (2009), o necrochorume é um líquido percolado dos corpos em decomposição em cemitérios que representa uma séria ameaça ambiental, pois pode contaminar o solo por meio de processos de infiltração e lixiviação, uma vez que contém uma variedade de substâncias nocivas, como os metais pesados oriundos dos adereços dos caixões e substâncias químicas e orgânicas como formaldeído e metanol, utilizados na embalsamação dos corpos e liberados durante o processo de decomposição (Silva e Filho, 2009).

Tal preocupação é porque o necrochorume pode causar poluição ambiental nos aquíferos e no solo da região circunvizinha, não somente em virtude da sua toxicidade dos microrganismos patogênicos presentes, mas porque pode tornar o solo ou o aquífero impróprios para consumo e uso pessoal e agrícola, tornando-o menos fértil e mais propenso à erosão, por conta da sua degradação (Carneiro, 2009). Almeida e Macedo (2005, p. 3) ressaltam que “a contaminação pode atingir o aquífero através do necrochorume, transportados pelas chuvas infiltradas nas covas ou pelo contato dos corpos com a água subterrânea”.

Existem autores que já vêm realizando pesquisas sobre a problemática da possível contaminação no entorno de cemitérios no município de Marabá, entre eles destaca-se: Corrêa (2019), que buscou mapear o fluxo de água subterrânea na área do Cemitério da Saudade, utilizando dados de poços tubulares profundos para gerar mapas potenciométricos e de fluxo. Apesar das limitações impostas pela geologia fissural da formação Couto Magalhães e pela metodologia utilizada, os resultados obtidos oferecem informações valiosas sobre a direção preferencial do fluxo subterrâneo, indicando uma tendência para a direção Nordeste (NE).

Silva (2012), em seu trabalho de conclusão de curso (TCC) avaliou a contaminação do solo por necrochorume em áreas alagáveis às margens do rio Itacaiúnas, próximo ao cemitério São Miguel, no Núcleo Marabá Pioneira. A metodologia aplicada envolveu a coleta de amostras de solo para análises químicas, como pH e umidade; e microbiológicas, para identificar a presença de bactérias heterotróficas e coliformes totais e fecais. As análises realizadas revelaram a presença de microrganismos que se desenvolvem em ambientes com características

específicas, como umidade elevada, solo argiloso e temperatura favorável. Esses resultados sugerem a contaminação do solo por necrochorume

Apesar da importância do tema, ainda existem lacunas no conhecimento sobre a extensão e os impactos da contaminação do solo por necrochorume em Marabá. A falta de estudos aprofundados dificulta a implementação de medidas eficazes para prevenir e mitigar a contaminação, colocando em risco a saúde da população e o meio ambiente. Como forma de complementação a essas lacunas, este trabalho tem como objetivo principal avaliar os impactos ambientais da contaminação da água por necrochorume nas imediações do cemitério da Saudade, que está localizado na Folha 29, no bairro Nova Marabá, na cidade de Marabá-PA.

A falta de estudos sobre o impacto ambiental da contaminação por necrochorume no Cemitério da Saudade torna este tema relevante para pesquisa, visando subsidiar ações de remediação e mitigação dos impactos negativos. Portanto, em entendimento ao objetivo geral, esse trabalho se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- Realizar a coleta de amostras de água do poço localizado na área de influência do cemitério e do efluente que passa dentro do cemitério.
- Analisar os parâmetros físico-químicos da água, incluindo pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez.
- Realizar análises microbiológicas para identificar a presença e quantificar coliformes totais e termotolerantes (*E. coli*).
- Discutir os resultados obtidos à luz da literatura científica existente sobre o tema.

Estudos sobre a contaminação do solo por necrochorume em Marabá podem fornecer subsídios para a elaboração e implementação de políticas públicas mais eficazes para o manejo adequado dos cemitérios e do necrochorume, minimizando seus impactos negativos. Os resultados do estudo podem embasar ações de conscientização da população sobre os riscos da contaminação e a importância de práticas corretas de sepultamento. O estudo também pode auxiliar no planejamento urbano e na definição de áreas adequadas para a construção de cemitérios, evitando a instalação em locais com alto potencial de contaminação ambiental.

## 2. Metodologia

Para este estudo, adotou-se uma abordagem metodológica quali-quantitativa, caracterizada pela combinação de métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos, com o objetivo de obter uma compreensão mais abrangente da qualidade da água em áreas de influência cemiterial. Inicialmente, realizou-se uma pesquisa exploratória do tipo estudo de caso no Cemitério da Saudade, em Marabá-PA, visando identificar as particularidades do local e os potenciais riscos de contaminação da água.

Na etapa quantitativa, foram coletadas amostras de água do poço localizado nas proximidades do cemitério e do efluente que passa dentro do cemitério. As amostras foram submetidas a análises físico-químicas (pH, condutividade elétrica, turbidez e sólidos totais dissolvidos) e microbiológicas (detecção de *E. coli* totais e termotolerantes), seguindo as diretrizes do Manual Prático de Análise de Água da FUNASA. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente, comparados com os padrões de qualidade da água estabelecidos pela legislação vigente e apresentados em gráficos e tabelas.

Na etapa qualitativa, foram realizadas conversas informais com moradores da região, buscando obter informações sobre a localização de poços perfurados. Também foram realizadas observações *in locu* do cemitério e das áreas adjacentes, com o objetivo de identificar possíveis fontes de contaminação. Os dados qualitativos foram analisados por meio de análise de conteúdo, buscando identificar temas e padrões recorrentes nas conversas informais e nas observações.

A combinação das abordagens quantitativa e qualitativa permitiu triangular os dados obtidos, validando os resultados e proporcionando uma compreensão mais completa do problema. A análise conjunta dos dados quantitativos e qualitativos possibilitou identificar as causas e os impactos da contaminação da água, bem como propor medidas de mitigação e prevenção mais eficazes." A possibilidade de triangular os dados provenientes de diferentes fontes confere maior rigor e credibilidade aos resultados. Ao final da pesquisa exploratória, o pesquisador estará apto a formular hipóteses mais precisas, servindo de base para investigações futuras (Lösch; Rambo; Ferreira, 2023).

## 2.1. Coleta De Dados

Inicialmente verificou-se as condições do ambiente interno e externo do cemitério, no qual foi observado que muitos pontos (túmulos) estavam aparentemente abandonados ou apenas em mau estado de conservação (figura 1). No entanto, o que chamou atenção foi haver um “esgoto a céu aberto” no local, que passa por dentro do cemitério e é despejado na “grota criminosa”. A figura 8 ilustra as condições físicas de pontos específicos na área interna do cemitério. Nas imagens A e B, observa-se o colapso da estrutura superior de dois túmulos. As imagens C e D evidenciam danos nas quinas e bordas de outros túmulos.

**Figura 1 -** A) e B) Colapso da estrutura superior de túmulos. C) e D) Túmulos com danos nas quinas e bordas.



Fonte: Os autores (2025).

Silva et al. (2012), diz que no Brasil os tipos de cemitérios mais tradicionais possuem túmulos semienterrados e construções funerárias em mármore e granito. Esse modelo de construção e sepultamento, quando realizado de forma inadequada, pode acarretar sérios

problemas de poluição, tanto no aquífero quanto no solo. A água da chuva, ao se infiltrar nas sepulturas, pode carregar consigo substâncias nocivas provenientes da decomposição dos corpos, como o necrochorume, por exemplo. Essa substância, altamente poluente, pode contaminar o solo e, posteriormente, atingir o lençol freático, comprometendo a qualidade da água subterrânea (Neira, et al. 2008).

A Figura 2 ilustra o trajeto do “esgoto a céu aberto” que corta o cemitério e deságua em um riacho denominado Grota criminosa. A possível contaminação do solo por necrochorume agrava o problema, pois a água de contato com esse material pode aumentar a dispersão do contaminante, atingindo áreas mais distantes. Santos et al., (2015) diz que o necrochorume, por ser mais denso que a água, infiltra-se no solo e atinge o aquífero, onde se dispersa com facilidade. Sua mobilidade é favorecida pelo fluxo subterrâneo, que o transporta por longas distâncias, contaminando regiões além do ponto de origem.

**Figura 2-** A), B) e C) Esgoto a céu aberto dentro do Cemitério e D) Grota criminosa onde esgoto deságua.



Fonte: Os autores (2025).

As necrópoles, ou cemitérios, podem ser uma fonte significativa de degradação ambiental, especialmente quando não recebem a devida manutenção. Sepulturas mal conservadas podem gerar diversos problemas, incluindo a liberação de gases com odor desagradável, a saponificação dos corpos pela exposição à água da chuva e a contaminação da água que escoa para comunidades próximas (Bucigalupo, 2012).

Também foi realizada uma pesquisa de campo para identificar possíveis poços nas proximidades do cemitério. Durante a investigação, fomos informados pela comunidade que a COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará - não autoriza a perfuração de poços naquela área, provavelmente devido à possibilidade de contaminação do lençol freático. Apesar disso, localizamos uma residência que possui um poço supostamente desativado.

A figura 3 mostra um mapa de localização dos dois pontos de coleta visitados: Poço (P2) – localizado em uma residência ao lado do cemitério. Este ponto visa avaliar a qualidade da água subterrânea e sua possível contaminação por substâncias provenientes do cemitério. Efluente (P1) – curso d'água que atravessa o cemitério e deságua em um córrego nas proximidades do cemitério. Este ponto tem como objetivo analisar a presença de contaminantes no esgoto e sua potencial influência na contaminação do solo e do poço.

Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo e dos pontos de coleta.



Fonte: Os autores (2025).

## 2.2. Análise Laboratorial

As amostras foram submetidas a análises químicas (pH e condutividade elétrica), físicas (turbidez, sólidos totais dissolvidos e temperatura) e microbiológica (*E.coli* totais e termotolerantes). Todas as análises de água foram realizadas em conformidade com as diretrizes estabelecidas no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

O recipiente utilizado para a coleta da água foi um frasco estéril de plástico transparente, previamente preparado para evitar qualquer tipo de contaminação externa. As amostras coletadas foram imediatamente identificadas com etiquetas e, para preservar as características das amostras e evitar alterações em sua composição química e microbiológica, foram acondicionadas em um cooler com gelo, logo após a coleta, mantendo-as em uma temperatura adequada e, em seguida, encaminhadas ao Laboratório da Universidade do Estado do Pará (UEPA) Campus VIII – Marabá, para posterior análise.

Previamente à análise, todos os equipamentos utilizados foram cuidadosamente calibrados, assegurando a precisão dos resultados das análises. Adicionalmente, os equipamentos foram devidamente esterilizados com água destilada, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação que pudesse comprometer a qualidade das amostras e a confiabilidade dos resultados. As análises foram realizadas por meio de métodos laboratoriais específicos para cada parâmetro, conforme a figura 4, que incluem:

### a) Físico-químicos

- **Turbidez** – Realizada utilizando a metodologia nefelométrica (medição das partículas suspensas num líquido ou gás),
- **pH** – Realizada com auxílio de pHmetro (medição de pH da água);
- **Condutividade elétrica**- Realizado usando medidor de condutividade (também conhecido como condutímetro);
- **Sólidos Totais Dissolvidos**- Estimando a Composição Iônica.

## b) Microbiológicos

- **E. coli totais e Termotolerantes**– Realizando o Método dos tubos múltiplos (TM) -- (técnica empregada na avaliação da qualidade bacteriológica de amostras de água brutas e tratadas).

Figura 4: Resultado das análises microbiológicas: A) Coliformes totais; B) Coliformes termotolerantes.



Fonte: Os autores (2025).

## 3. Resultados/Discussões

Para verificar a qualidade da água, os resultados obtidos foram analisados em comparação com estudos anteriores. Essa análise se deu por meio da avaliação de características físico-químicas, microbiológicas e de outros indicadores que pudessem estar relacionados à contaminação por necrochorume.

Os resultados das análises físico-químicas obtidos estão dispostos abaixo na Tabela 1:

**Tabela 1** - Resultado dos parâmetros físico-químicos das amostras de água do poço e efluente.

| Parâmetros analisados                     | Poço  |       | Efluente |      |
|---|-------|-------|----------|------|
|   | Média | DP    | Média    | DP   |
| pH  | 5,69  | 0,08  | 6,95     | 0,03 |
| Condutividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) | 240   | 16,00 | 163,33   | 3,33 |
| Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)          | 130   | 4,00  | 88,33    | 8,33 |
| Turbidez (NTU)                            | 0,53  | 0,02  | 3,87     | 0,02 |

Fonte: Os autores (2025).

As análises microbiológicas foram feitas para detectar a presença de coliformes totais e termotolerantes, e um resultado positivo é indicado por alterações visíveis no meio de cultura. Especificamente, a turbidez do meio, acompanhada pela produção de gás, também são indicadores de contaminação microbiana. Essa resposta positiva confirma que a amostra testada contém coliformes, indicando uma possível contaminação (Apha, 1998).

### 3.1. Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos

Segundo Fravet e Cruz (2007), A condutividade elétrica da água indica o quão bem ela consegue transmitir eletricidade. Essa característica está ligada à quantidade de íons dissolvidos na água, como cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto. A presença de necrochorume no solo ou na água aumenta a concentração desses íons, o que, por sua vez, eleva a condutividade elétrica. Assim, níveis elevados de condutividade podem ser um indício de necrochorume e, por consequência, de contaminação.

Os resultados das análises revelaram que a água do poço apresenta uma condutividade de 240  $\mu\text{s}/\text{cm}$  e sólidos totais dissolvidos de 130 ppm, indicando a presença de minerais e outras substâncias dissolvidas. Em contrapartida, a água do efluente demonstra valores inferiores, com condutividade de 163,33  $\mu\text{s}/\text{cm}$  e sólidos totais dissolvidos de 88,33 ppm.

De acordo com Von Sperling (2007), as águas naturais geralmente apresentam condutividade elétrica na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . No entanto, em ambientes impactados por efluentes domésticos ou industriais, os valores podem atingir até 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Conforme mencionado anteriormente, valores de condutividade acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  são geralmente indicativos de corpos d'água poluídos. Os valores obtidos nas análises demonstram um alto grau de alteração na qualidade da água (CETESB, 2021).

### 2.3. pH

A legislação brasileira estabelece valores de pH entre 6,0 e 9,0 para todas as classes de água doce (Brasil, 2008). Segundo Mazotti (2009) os valores baixos do pH indicam a contaminação por nicrochorume. Analisando o pH das amostras verificou-se que a água do poço (5,69) está ligeiramente ácido, o que pode ser natural em algumas regiões. É um fato bem estabelecido que o pH da maioria dos corpos d'água está sujeito a flutuações, sendo influenciado por uma variedade de fatores. Dentre estes, destacam-se: alteração da temperatura, atividade biológica e lançamentos de efluentes (Franca et al, 2006). Sendo possível inferir a contribuição do cemitério para a acidez no poço.

O pH do efluente (6,95) está próximo da neutralidade, o que é positivo. O pH neutro é aquele correspondente a 7, onde valores abaixo de 7 indicam soluções ácidas e acima de 7 soluções básicas (ANA, 2013).

### 2.4. Turbidez

A turbidez, um parâmetro óptico fundamental na análise da qualidade da água, refere-se à redução da transparência da água, causada pela presença de partículas em suspensão. Essas partículas, que podem ser de natureza orgânica ou inorgânica, desviam e absorvem a luz que incide na água, resultando em sua aparência turva ou opaca (Macedo, 2006).

A turbidez, uma propriedade inerente à água, é influenciada por uma variedade de fatores, tanto naturais quanto antropogênicos. Em sua forma natural, a turbidez pode ser atribuída à presença de partículas em estado coloidal e em suspensão, provenientes de diversas

fontes como: fragmentos de rocha, argila, silte, algas, plâncton, matéria orgânica e inorgânica, além de diversos microrganismos (Von Sperling, 2005 e Silva, 2012).

Em áreas com intensa decomposição de matéria orgânica é comum observar um aumento na turbidez da água, um fenômeno que está intrinsecamente ligado a outros parâmetros de qualidade da água, como a cor e o pH. A decomposição da matéria orgânica libera substâncias que podem alterar a cor da água, tornando-a mais escura ou amarelada. Além disso, esse processo pode influenciar o pH da água, geralmente acidificando-a (Almeida, 2005).

Os resultados das análises da água do poço e do efluente revelaram diferentes níveis de turbidez. A água do poço apresentou uma turbidez de 0,53 NTU, um valor considerado baixo e que indica que a água está relativamente limpa. Em contrapartida, a água do efluente apresentou uma turbidez de 3,87 NTU, um valor consideravelmente mais elevado. Essa diferença sugere que o efluente contém uma quantidade maior de partículas em suspensão do que a água do poço. A passagem do efluente pelo cemitério pode contribuir para o aumento da turbidez, devido à presença de matéria orgânica em decomposição e outros contaminantes.

A qualidade da água, conforme apontado por Almeida (2013), transcende os aspectos visuais. Uma água límpida, por exemplo, pode ser considerada potável para consumo humano, mas pode conter microrganismos patogênicos prejudiciais à saúde. Da mesma forma, a turbidez da água não impede, necessariamente, sua utilização para outros fins, como a geração de energia.

## 2.5. Análises Microbiológicas

A análise microbiológica de corpos hídricos é crucial para determinar sua qualidade, especialmente em relação à contaminação fecal. Os parâmetros microbiológicos, particularmente os indicadores de contaminação fecal, desempenham um papel fundamental nesse processo. Dentre os diversos indicadores disponíveis, as bactérias do grupo coliformes são amplamente reconhecidas como os principais indicadores de contaminação fecal (CETESB, 2018).

Os coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes que inclui a bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) e outras dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. A *E. coli*

se destaca por ser exclusivamente de origem fecal, presente em altas concentrações nas fezes de mamíferos, aves e humanos. Sua presença em um ambiente indica fortemente contaminação fecal, já que dificilmente é encontrada em locais sem essa contaminação. Essa característica diferencia a *E. coli* de outras bactérias do grupo coliforme, que podem estar presentes em ambientes com alta carga orgânica, como efluentes industriais (CETESB, 2018).

As bactérias do grupo coliforme total são comumente encontradas no intestino de mamíferos, incluindo os humanos e, geralmente não causam doenças. No entanto, sua presença em grandes quantidades em amostras de água serve como um alerta, indicando a possível presença de microrganismos patogênicos que podem causar doenças transmitidas pela água. (Machado, 2006).

**Tabela 2** - Resultados das análises microbiológicas (Coliformes Totais e termotolerantes).

| Coliformes (NMP)                              | Água do poço | Água do efluente |
|---|--------------|------------------|
| <b>Coliformes Totais (NMP/100mL)</b>          | 1600         | 900              |
| <b>Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)</b> | 1600         | 1600             |

**Fonte:** Os autores (2025).

A presença de 1600 coliformes totais e 1600 coliformes termotolerantes na água do poço, possivelmente indica uma alta contaminação fecal. A contagem elevada de coliformes termotolerantes, especificamente, sugere fortemente a presença de fezes humanas ou de animais na água. A contagem de 900 coliformes totais e 1600 coliformes termotolerantes no efluente sugere que, embora o número de coliformes totais seja menor do que no poço, a contaminação fecal ainda é alta, como evidenciado pela contagem de coliformes termotolerantes.

Bactérias do grupo coliforme total, especialmente coliformes termotolerantes como a *E. coli*, são usadas como indicadores de contaminação fecal. A presença da *E. coli* pode indicar contaminação por fezes e risco de infecções gastrointestinais (Marouelli et al., 2014).

O necrochorume contém bactérias que degradam matéria orgânica e bactérias de origem humana e animal, como coliformes (incluindo *E. coli*), *Streptococcus faecalis* e *Clostridium perfringens*. A presença de coliformes, especialmente *E. coli*, indica contaminação fecal. Enterovírus também podem estar presentes. Essa mistura de microrganismos representa um risco à saúde e ao ambiente (Santos et al., 2014).

A presença de coliformes totais (900 NMP/100mL) e termotolerantes (1600 NMP/100mL) indica um possível foco de contaminação fecal no efluente, similar ao que foi observado na água do poço. A água pode apresentar diferentes tipos de bactérias patogênicas, dentre as quais os principais gêneros são: *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Escherichia* e *Klebsiella*. Juntamente com os dois últimos citados, o gênero *Enterobacter* constitui o grupo denominado coliformes termotolerantes, um importante indicador de contaminação termotolerante na água (Silva, Junqueira, 1995).

A presença de coliformes fecais em amostras de água ou solo próximas a cemitérios sugere que esses locais podem ser considerados fontes potenciais de contaminação. Esses microrganismos, indicadores de poluição fecal, adaptam-se rapidamente ao ambiente do cemitério, utilizando-o como fonte de proliferação e disseminação. Essa adaptação e proliferação transformam o cemitério em um foco de poluição, conforme apontado por Pacheco (1986) *apud* Mazotti (2009).

Ademais, os cemitérios são importantes fontes de origem das bactérias dos grupos coliformes, pois trata-se de ambientes com constante decomposição de matéria orgânica. Logo, somando-se ao fato de que são construídos, em sua maioria, sem os devidos cuidados de impermeabilização para retenção do necrochorume produzido, possibilita a contaminação de águas superficiais e subterrâneas devido a lixiviação do solo provocada pelas águas das chuvas (Rocha, et al. 2017).

#### 4. Considerações Finais

Os resultados obtidos neste estudo revelaram a presença de contaminação fecal significativa na água do poço e do efluente analisados, ambos localizados na área de influência do Cemitério da Saudade, em Marabá-PA. A detecção de elevadas contagens de coliformes

totais e termotolerantes, especialmente *E. coli*, indica a presença de matéria orgânica fecal, representando um risco potencial à saúde pública.

A turbidez da água do efluente (3,87 NTU) foi consideravelmente superior à da água do poço (0,53 NTU), sugerindo uma maior concentração de partículas em suspensão no efluente. A passagem do efluente pelo cemitério pode contribuir para o aumento da turbidez, devido à presença de matéria orgânica em decomposição e outros contaminantes.

Em relação ao pH, a água do poço apresentou um valor de 5,69, indicando uma leve acidez, enquanto o efluente apresentou um pH de 6,95, próximo à neutralidade. Os resultados das análises também revelaram que a água do poço apresenta uma condutividade de 240  $\mu\text{s}/\text{cm}$  e sólidos totais dissolvidos de 130 ppm, indicando a presença de minerais e outras substâncias dissolvidas. Em contrapartida, a água do efluente demonstra valores inferiores, com condutividade de 163,33  $\mu\text{s}/\text{cm}$  e sólidos totais dissolvidos de 88,33 ppm.

A análise conjunta dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos indica que a área do Cemitério da Saudade apresenta potencial para contaminação da água por necrochorume e outros contaminantes. A presença de *E. coli* reforça a hipótese de contaminação fecal, o que exige atenção das autoridades competentes e da comunidade local.

#### 4.1. Recomendações

Embora os resultados obtidos neste estudo sejam significativos e apontem para uma possível contaminação do solo por necrochorume nas imediações do cemitério da Saudade é importante reconhecer as limitações da pesquisa. A análise se restringiu a amostras de água, não tendo sido realizada a análise do solo, o que poderia fornecer informações mais precisas sobre a extensão da contaminação. Além disso, a pesquisa não avaliou outros parâmetros importantes, como a presença de metais pesados e compostos orgânicos, que também podem estar presentes no necrochorume e que podem ser explorados em trabalhos futuros.

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 diversos.

Este estudo lança luz sobre um problema ambiental frequentemente negligenciado: a contaminação da água em áreas de influência cemiterial. Os resultados aqui apresentados servem como um alerta, evidenciando a necessidade urgente de ações preventivas e de controle. Espera-se que este trabalho inspire futuras pesquisas e a implementação de medidas eficazes de remediação, visando a proteção do meio ambiente e a salvaguarda da saúde pública.

## 5. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, I. C. S. de. **Impactos ambientais no cemitério público de Queimadas-PB, Brasil.** 2017.

ALMEIDA, J C de. **Avaliação do índice de qualidade da água na Lagoa dos Patos.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

ALMEIDA, F.R, ESPÍNDULA, J.C, VASCONCELOS, U, CALAZANS, G.M.T **Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o cemitério da várzea em Recife-PE.** *Águas Subterrâneas* 20: 19-26. 2006.

ALMEIDA, A. M. de; MACÊDO, J. A. B. de. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. *In: Seminário de Gestão Ambiental*, 2005, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora: Instituto Vianna Júnior, p. 1-12.2005,

APHA. D. C. **Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th edition, American Public Health Association, Washington, 1998.

BRASIL, **Resolução CONAMA, nº396, de 03 de Abril de 2008.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, Brasília.

BACIGALUPO, R. Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais. História, Natureza e Espaço-*Revista Eletrônica do Grupo de Pesquisa NIESBF*, v. 1, n. 1, p. 05-05, 2012.

CAMPOS, A. P. S.. Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial. 141f. **Dissertação** (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo. 2007.

CARNEIRO, V. S. **Impactos causados por Necrochorume de Cemitérios: meio ambiente e saúde pública.** *Águas Subterrâneas*, Salvador-BA, vol. 1, 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** São Paulo: Programa CETESB/GTZ, 2001.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Apêndice C: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. (São Paulo). Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2020. São Paulo: CETESB, 2021.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Fundamentos do controle de poluição das águas. In: **Escola Superior da CETESB (São Paulo)**. Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais. São Paulo: CETESB, 2018.

CORRÊA, G. A. **Estudo da influência de necrochorume no entorno do cemitério da saúde, bairro Nova Marabá na cidade de Marabá-Pará. Marabá-Pa**. Universidade federal do sul e sudeste do Pará-UNIFESSPA. 61 f, .2019.

FRANCA, R. M, FRISCHKORN, H, SANTOS MRP, Mendonça LAR & Beserra MC. **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte, Ceará**. Engenharia Sanitária. Ambiental 11: 92-102. 2006.

FRAVET, A. M. M. F. & CRUZ, R. L.. **Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu-SP**. Irriga, 12, 144-155. 2007.

LÖSCH, S.; RAMBO, C. A.; FERREIRA, J. de L. A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. **Revista Ibero Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 18, n. 00, e023141, 2023. e-ISSN: 1982-5587.

MACEDO J.A.B. **Introdução à Química Ambiental: Química e Meio Ambiente e Sociedade**. CRQ MG: Belo Horizonte, 2006.

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.

MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisa no Brasil. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 2, n. 2, p. 9-18, 2008.

MARTIM, A. G.; SILVA, F. F.; BACÔN, A. Aspectos do meio físico a serem observados para implantação de cemitérios horizontais. **Revista Agro@mbiente on line**, v.2, n.1, p.95-101, 2008.

MAZOTTI, T. M. **Análise do nível de contaminação de solo por necrochorume e proposta de readequação ambiental para dois cemitérios do município de Foz do Iguaçu- PR**. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade Dinâmica de Cataratas, Foz do Iguaçu, 2009

MAROUELLI, W. A., MALDONADE I. R., BRAGA, M. B. & SILVA, H. R. **Qualidade e segurança sanitária da água para fins de irrigação**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014.

NEIRA, D. F. et al. **Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil.** *Natureza online*, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

PACHECO, A. **Cemitérios e o ambiente.** Ambiente Brasil. São Paulo. 2006.

PACHECO, A. **O problema geo-ambiental da localização de cemitérios em meio urbano.** São Paulo, CEPAS, 48p.1996.

ROCHA, C. M. da; SANTOS, E.C.P dos; SILVA, C.de.O. Espaço Urbano e Recursos Hídricos: Uma Análise dos Impactos Ambientais Causados pelo Cemitério Campo Santo José Augusto na Cidade de Iateguara/AL. **Revista Geografia, Ensino e Pesquisa**, Santa Maria, v. 21, n.2, p. 174-187, 2017

SANTOS, A. G. da S. dos; MORAES, L. R. S. NASCIMENTO, S. A. de M. Qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do cemitério do Campo Santo em Salvador- BA. **Revista Eletrônica GESTA**, v. 3, n. 1, p. 39-60, 2015.

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.

SILVA, C. D. O., RODRIGUES, L. B. D. O., & OLIVEIRA, R. D. S. Impactos ambientais causados pelo necrochorume no cemitério municipal da cidade de São José da Laje/AL. **EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, 3(2).(2012).

SILVA, N; JUNQUEIRA V.C.A **Métodos de análises microbiológicas de alimentos - Manual técnico.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. (1995).

SILVA, R. W. C & FILHO, W.M. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. **Ciência Hoje (CH)**. vol. 44. no 263, 2009.

SILVA, T. F. **Avaliação da contaminação do solo pelo necrochorume em torno do cemitério São Miguel no Núcleo Marabá Pioneira.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Naturais – Habilitação em Química) - Universidade do Estado do Pará. Marabá, 2012.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios.** (Vol. 7). Belo Horizonte: UFMG. 2007