

## IMPACTOS AMBIENTAIS DO NECROCHORUME – UMA VISÃO DA LITERATURA ACERCA DAS ANÁLISES QUÍMICAS EM RECURSOS HÍDRICOS

**Bruna Orlando Corrêa\***

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

**Carla de Andrade Hartwig**

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

### *ENVIRONMENTAL IMPACTS OF NECROSLURRY – A VIEW OF THE LITERATURE ON CHEMICAL ANALYZES IN WATER RESOURCES*

#### **RESUMO**

Os cemitérios são considerados atividades de risco de contaminação ambiental por proporcionarem mudanças nas condições naturais das águas subterrâneas e do solo. Tais riscos ocorrem devido ao processo de decomposição dos cadáveres que libera variados compostos que são filtrados para o solo abaixo da sepultura. O contaminante principal resultante da decomposição é um líquido viscoso, de cor castanho-acinzentada, chamado necrochorume. Dentre outros compostos, apresenta, em sua composição, cadaverina e poliamina putrescina, substâncias tóxicas que, se ingeridas, podem causar mutações genéticas. Ademais, por ser um líquido, a solução escorre das covas para os aquíferos subterrâneos, com potencial de contaminá-los devido à presença de vírus e bactérias patogênicas em sua constituição. Tendo em vista as possíveis contaminações, análises de controle das águas subterrâneas e superficiais são recomendadas para a manutenção do meio ambiente. A contaminação das águas pelo necrochorume é de difícil comprovação e avaliação devido à inexistência de legislação e estudos para estabelecer parâmetros de análise no Brasil. Assim, este trabalho teve como objetivo o levantamento bibliográfico das publicações recentes na literatura referentes às análises químicas conduzidas em regiões próximas a cemitérios, tendo os recursos hídricos como amostras. A partir dos resultados apresentados, intencionou-se traçar um panorama acerca das principais análises químicas realizadas em águas vizinhas a cemitérios, e suas particularidades em relação à contaminação desses ambientes. Foram escolhidas sete publicações que correspondiam aos critérios e proposta da discussão. Das publicações selecionadas, a maioria não conseguiu comprovar efetivamente a contaminação por necrochorume, considerando a ausência de estudos representativos desta área, metodologias analíticas específicas e legislações a respeito.

**PALAVRAS-CHAVE:** Necrochorume. Contaminação ambiental. Águas subterrâneas. Análises químicas. Revisão.

#### **ABSTRACT**

*Cemeteries are considered activities that pose a risk of environmental contamination because they cause changes in the natural conditions of groundwater and soil. Such risks occur because the process of decomposition of corpses releases various compounds, which are filtered into the soil below the grave. The main contaminant from decomposition is a grayish-brown viscous liquid called necroslurry. It has cadaverine and putrescine polyamine in its composition, toxic substances that, if ingested, can cause genetic mutations. Furthermore, as it is a liquid, the solution drains from the pits into underground aquifers, carrying pathogenic viruses and bacteria. In view of possible contamination, analyzes of groundwater and surface water control are recommended for the maintenance of the environment. Water contamination by necroslurry is difficult to prove and evaluate due to the lack of legislation and studies to establish analysis parameters in Brazil. Thus, this work aimed to survey the literature of recent publications in the literature, referring to chemical analyzes conducted in regions close to cemeteries, using water resources as samples. Based on the results presented, it was intended to outline an overview of the main chemical analyzes carried out in waters adjacent to cemeteries, and their particularities in relation to the contamination of these environments. Seven publications were selected which matched the criteria and discussion proposal. Out of*

\*bruna.orlandoc@hotmail.com

*the selected publications, most were unable to effectively prove contamination by necroslurry, considering the absence of representative studies in this area, specific analytical methodologies and legislation in this regard.*

**KEYWORDS:** *Necroslurry. Environmental contamination. Groundwater. Chemical analysis. Revision.*

## INTRODUÇÃO

Registros da cultura de enterrar seus mortos em lugares específicos existem desde o início da história da humanidade. Esses locais reservados aos sepultamentos de corpos são denominados de cemitérios e são, atualmente, o destino mais comum dado aos mortos<sup>1</sup>. Na Idade Média, por exemplo, vítimas de doenças contagiosas eram enterradas de maneira imprópria em locais abertos, causando a disseminação de agentes patogênicos, o que agravou epidemias no período<sup>2</sup>.

Os cemitérios são considerados atividades de risco de contaminação ambiental por proporcionarem mudanças nas condições naturais das águas subterrâneas e do solo. Esses riscos ocorrem devido ao processo de decomposição dos cadáveres que libera variados compostos que, por sua vez, são lixiviados para o solo abaixo da sepultura. O contaminante principal resultante da decomposição é um líquido viscoso, de cor castanho-acinzentada, chamado necrochorume<sup>3</sup>.

O necrochorume, proveniente do fenômeno de decomposição dos corpos no cemitério, pode ser definido como uma solução aquosa rica em substâncias orgânicas degradáveis e sais minerais, além de conter elevadas concentrações de diferentes tipos de bactérias, protozoários e vírus causadores de doenças transmitidas hidricamente. Apresenta viscosidade maior que a água, densidade média de 1,23 g/cm<sup>3</sup>, odor forte e desagradável, pH entre 5 e 9 em temperaturas de 23 a 28°C, polimerizável e grau variado de patogenicidade<sup>4</sup>.

Com o intuito de proteger as águas subterrâneas da infiltração do necrochorume, garantir a decomposição natural do cadáver e evitar a contaminação do solo, foram regulamentados e estabelecidos critérios mínimos para a implantação de cemitérios pelas Resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 335<sup>5</sup> de 3 de abril de 2003, n° 368<sup>6</sup> de 28 de março de 2006 e a n° 402<sup>7</sup> de 17 de novembro de 2008<sup>8</sup>.

Independentemente disso, pode-se comparar as necrópoles com aterros sanitários, sendo que em ambos ocorre o enterramento de materiais inorgânicos e orgânicos. Porém, existe uma agravante nos cemitérios: a matéria orgânica pode conter vírus e bactérias que foram causadores da morte do indivíduo, colocando em risco a saúde pública e o meio ambiente<sup>9</sup>.

Outrossim, há outras fontes de contaminação significativas como a geração de resíduos sólidos produzidos a partir de objetos deixados pelos familiares nos túmulos e jazigos (velas, flores, papéis, fotos, entre outros), da deterioração das construções já existentes no local e, se não dispostos adequadamente, dos procedimentos de exumação<sup>10</sup>.

Tendo em vista as possíveis contaminações, análises de

controle das águas subterrâneas e superficiais são recomendadas para a manutenção do meio ambiente. De forma geral, nestes casos são realizados estudos com parâmetros de análise relacionados à legislação vigente de balneabilidade e potabilidade. São eles: microbiológicos (principalmente *Escherichia coli*), físico-químicos (pH, turbidez e cor aparente) e avaliação da presença de contaminação por necrochorume por meio da detecção da bactéria *Clostridium perfringens*<sup>11</sup>. Entretanto, outros parâmetros podem ser monitorados, buscando-se resultados mais específicos.

A contaminação das águas pelo necrochorume é de difícil comprovação e avaliação pela inexistência de legislação e estudos para estabelecer parâmetros de análise no Brasil. Porém, tal poluição é danosa à saúde do homem, da flora e dos animais, havendo, no Capítulo V da Lei de Crimes Ambientais<sup>12</sup>, previsão de sanções aplicáveis a quem desobedecer a esse regulamento<sup>13</sup>.

Assim, este trabalho teve como objetivo o levantamento bibliográfico das publicações recentes na literatura referentes às análises químicas conduzidas em regiões próximas a cemitérios, tendo os recursos hídricos como amostras. A partir dos resultados apresentados, traçou-se um panorama acerca das principais análises químicas realizadas em águas vizinhas a cemitérios, e suas particularidades em relação à contaminação desses ambientes, ainda que a correlação da possível contaminação com necrópoles próximas envolva parâmetros bastante diversos.

## METODOLOGIA

Neste trabalho, realizou-se um levantamento de produções científicas recentes referentes ao tema nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e Research Gate, utilizando-se, de forma combinada, as palavras-chave 'análises químicas', 'cemitério', 'necrochorume', 'água subterrânea' e 'contaminação ambiental'. Adotou-se, para nortear a revisão bibliográfica, a realização de um panorama das principais produções científicas sobre o tema entre os anos de 2012 e 2022. Foram utilizados artigos e dissertações escritos em português. Utilizou-se como critérios de exclusão publicações duplicadas e aquelas que não tinham relação com o tema.

## CEMITÉRIOS E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

### *Tipos de Cemitério*

Há quatro tipos de cemitério atualmente no Brasil: tradicional (horizontal), vertical, parque/jardim e crematório. Os tradicio-

nais são aqueles constituídos de fileiras de covas de até 5m de profundidade, com nenhuma ou pouca arborização, podendo ou não conter ornamentação. Neles acontece a rápida decomposição do cadáver com liberação de poluentes gasosos e líquidos, pois os corpos são dispostos próximos ao solo<sup>14</sup>. As desvantagens dos cemitérios tradicionais são a possível contaminação das águas subterrâneas e proliferação de animais e insetos transmissores de doenças, alto custo de construção e manutenção, interferência direta na estética urbana e a ocupação de grandes áreas<sup>15</sup>.

Os cemitérios verticais são prédios de dois ou mais pavimentos acima do solo onde o sepultamento dos corpos ocorre em compartimentos (gavetas) que devem conter sistemas de vedação dos líquidos e gases provenientes da decomposição para não extravasarem para a área comum<sup>15</sup>. A maior desvantagem deste tipo de cemitério é a liberação de gases sem tratamento devido a irregularidades na vedação das gavetas ou da própria construção dos prédios<sup>16</sup>.

Cemitérios parque, ou jardim, caracterizam-se pelas covas no solo cobertas de grama e árvores, e ausência de túmulos, ornamentos e construções. Nesse tipo de necrópole não há o tratamento do necrochorume em virtude dos corpos serem enterrados sem a vedação para os gases e líquidos resultantes da decomposição, podendo causar contaminação das águas subterrâneas e do solo, além de disseminarem doenças<sup>15</sup>.

Já em crematórios, os cadáveres são incinerados até restarem somente cinzas colocadas em caixas mortuárias que podem ser de material biodegradável<sup>12</sup>. Este método de disposição é o mais ambientalmente correto e higiênico quando realizado conforme a Lei de registros Públicos, N° 6.015 de 31 de dezembro de 1973<sup>17</sup>.

### *Necrochorume*

Seguindo a morte, o cadáver ganha uma aparência plástica e pálida, perdendo a textura dos tecidos. Na primeira fase da decomposição, inicia o surgimento de manchas roxo-esverdeadas quando, então, os fluidos corporais e sangue ficam acumulados (primeiro no abdômen) durante as etapas de *Pallor Mortis*, *Algor Mortis*, *Rigor Mortis* e *Livor Mortis*<sup>18</sup>.

Após essa fase, as bactérias intestinais entram no processo de fermentação, liberando gases e aumentando o volume do corpo. As partes moles são reduzidas e o necrochorume começa a ser produzido e liberado no período de coliquação. Entre 3 a 5 anos de decomposição, acontece a fase de esqueletização. Neste período as partes moles não estão mais presentes e o corpo é reduzido a ossos. Portanto, o necrochorume não é mais liberado<sup>12</sup>.

Um corpo médio pesando 70 kg e medindo 1,70 m de altura libera cerca de 30L de necrochorume durante a decomposição. Alguns parâmetros podem alterar a quantidade da solução e aumentar o Intervalo Pós Morte (IPM) relacionado à sua libera-

ção, como porcentagem de gordura corporal, peso do indivíduo, tipo de caixão utilizado, umidade, ação de animais e insetos necrófagos e temperatura. Nos cadáveres corpulentos enterrados em solos de umidade alta, as enterobactérias não conseguem digerir a matéria orgânica a tempo fazendo com que a gordura corporal passe por alterações químicas quando, então, sua textura fica quebradiça e sua coloração amarela apresentando uma aparência de sabão. Esse processo denomina-se saponificação e, quando ocorre, causa um prolongamento da fase de coliquação, ou seja, o necrochorume fica sendo liberado por um período mais extenso<sup>16,19</sup>.

A maioria das bactérias presentes no necrochorume são as *enterobactérias* Gram-negativas. Por exemplo, *Escherichia coli* e *Clostridium welchii* são causadoras de doenças como toxi-inflamações alimentares, tétano e febre tifoide, além de, também, serem portadoras do vírus da hepatite A. Porém, bactérias gram-positivas, como a *Clostridium perfringens*, também existem, sendo este um potencial indicador de contaminação por necrochorume. Esses microrganismos ficam confinados no lúmen estomacal e intestinal, mas, com a morte do indivíduo, ocorre a lise da membrana plasmática das células causando o extravasamento do conteúdo intercelular e tornando o ambiente ideal para a proliferação de bactérias<sup>20</sup>.

O necrochorume apresenta ainda, em sua composição cadaverina e poliaminaputrescina, substâncias tóxicas que, se ingeridas, podem causar mutações genéticas, mais especificamente ligadas ao DNA (ácido desoxirribonucleico), resultando no aumento e disfunção do fígado e pulmões. Ademais, por ser um líquido, o necrochorume escorre das covas para os aquíferos subterrâneos com potencial de contaminá-los devido à presença vírus e bactérias patogênicos em sua composição<sup>21</sup>.

### *Contaminação Ambiental*

Cemitérios são semelhantes a aterros sanitários devido ao fato de ambos servirem de depósito de matéria orgânica e inorgânica. Entretanto, os cemitérios apresentam a agravante de que a matéria orgânica depositada ali detém uma carga de bactérias e vírus patogênicos que podem ter sido a causa da morte do indivíduo. Ainda, pode conter uma concentração elevada de metais pesados procedentes dos medicamentos consumidos pela pessoa durante a sua vida, restaurações dentárias com amálgama, quimioterapia, radioterapia, próteses ortopédicas, entre outras fontes. Essas características fazem com que o necrochorume proveniente de cemitérios, em virtude de sua toxicidade e grau de periculosidade ao meio ambiente e à saúde pública, seja consideravelmente mais tóxico do que o chorume de aterros sanitários, por exemplo<sup>22</sup>.

Complicações adicionais aos cemitérios são os processos de embalsamamento e tanatopraxia realizados pelas funerárias nos corpos antes de serem enviados para as necrópoles. Esses procedimentos introduzem bálsamo e resinas, no caso do embal-

samamento, e fluidos como formol, nitrato e acetato de potássio, tinta de cromo e glicerina, na técnica da tanatopraxia, ambos realizados no cadáver humano. Os produtos utilizados não são degradados na decomposição do corpo e, com a chuva, acabam sendo lixiviados para as águas subterrâneas e solo<sup>23,24</sup>.

Ainda, os caixões empregados nos enterros podem conter tintas, verniz e metais tóxicos como níquel, cobre e chumbo que, somados ao mercúrio proveniente do procedimento de assepsia do cadáver, provocam elevação do acúmulo de metais naturalmente presentes no solo com potencial de acarretar aumento da infertilidade da terra e podendo chegar aos rios e lagoas impactando a qualidade da água e afetando a vegetação local. Esta vegetação contaminada, quando ingerida pela fauna, pode causar disfunção de algumas células cerebrais dos animais, alucinações, cefaleia e irritabilidade. Como esta alta quantidade de metal no organismo não é metabolizada, a toxicidade é carregada pela cadeia alimentar, representando um sério problema de saúde pública<sup>25,26</sup>.

### *Tratamento do Necrochorume*

Devido aos vários poluentes provenientes de cemitérios, há uma concordância na literatura de que devem ser implementados meios de tratamento e mitigação do necrochorume e dos substratos da decomposição de cadáveres nas necrópoles<sup>8</sup>. Além da observação às resoluções CONAMA n° 335/035 e CONAMA n° 368/066, podem ser utilizados filtros biológicos, mantas e pastilhas adsorventes e sepultamentos alternativos como, por exemplo, aqueles realizados com caixões biodegradáveis feitos de materiais reciclados<sup>5,6,27</sup>.

No Brasil, os cemitérios verticais são a alternativa mais utilizada para amenizar os impactos ambientais do necrochorume, pois, desta maneira, inibidores de gases derivados da decomposição dos cadáveres podem ser instalados<sup>8</sup>.

Além da instalação dessas e/ou outras maneiras de tratamento e mitigação da contaminação por necrochorume, sugere-se, também, a implantação de poços de monitoramento das águas subterrâneas nos cemitérios e nos domicílios das redondezas. Amostras desses poços poderiam ser analisadas periodicamente, como aquelas realizadas em águas de balneários e rios, visando identificar contaminação por necrochorume provenientes de cemitérios próximos<sup>8,15</sup>.

### *Análises Químicas em Águas Próximas a Cemitérios*

Como ainda não existe uma metodologia estabelecida para a análise de possíveis contaminantes resultantes do necrochorume em recursos hídricos, pesquisadores que desejam realizar essa análise recorrem a literaturas já publicadas ou utilizam parâmetros dos Valores Máximos Permitidos (VMPs) normatizados, atualmente, pela Portaria GM/MS (Gabinete do Ministro/Ministério da Saúde) n° 888 de 4 de maio de 2021<sup>28</sup>.

As publicações selecionadas para a construção do panorama, principal objetivo deste trabalho, são exemplos da situação citada acima, cujos autores utilizaram padrões de potabilidade da água estabelecidos pelo Ministério da Saúde, ou adicionaram possíveis indicadores de contaminação.

### *Legislação brasileira*

O Brasil não tinha nenhuma legislação federal específica sobre a construção e manutenção de cemitérios até o ano de 2003, quando, então, foi promulgada a resolução CONAMA n° 3355 que descreve o licenciamento ambiental de cemitérios verticais e horizontais. Esta resolução estabeleceu critérios mínimos para a instalação de futuros cemitérios visando proteger os lençóis freáticos de infiltrações por necrochorume e garantir a decomposição natural dos cadáveres<sup>5,15</sup>.

Em 2006, a resolução CONAMA n° 3686 proibiu a instalação de cemitérios em áreas de preservação permanente ou que podem provocar desmatamento da Mata Atlântica em terrenos onde existem sumidouros, cavernas, rios subterrâneos e onde o lençol freático fique a menos de 1,5m da base das sepulturas (distância medida em período chuvoso)<sup>6,12</sup>.

A resolução mais recente é a CONAMA n° 402 de 20087, que atualiza prazos de adaptação de cemitérios construídos antes de 2003 e dispõe sobre implementação de novas necrópoles. Também inclui indenizações de possíveis vítimas e recuperação de áreas atingidas<sup>8,27</sup>.

### **ANÁLISES QUÍMICAS CONDUZIDAS EM REGIÕES PRÓXIMAS À CEMITÉRIOS**

Considerando-se os critérios de seleção de publicações científicas expressos na metodologia, no período indica do foram escolhidas sete publicações que estavam de acordo com a proposta da discussão descrita de forma detalhada a seguir.

Em uma análise das águas subterrâneas vizinhas ao cemitério tradicional do Campo Santo, na cidade de Salvador –BA, Santos e colaboradores<sup>11</sup> realizaram inspeção das águas de oito poços rasos nos períodos chuvoso e seco, resultando em 18 amostras, e utilizaram parâmetros microbiológicos (*C. perfringens* e *E. coli*) e físico-químicos (turbidez, cor aparente e pH). As referidas análises foram realizadas utilizando-se técnicas analíticas descritas no Standard Methods of Examination of Water and Wastewater<sup>29</sup>, em atenção às normas internacionais e nacionais mais recentes, e os resultados expressaram contaminação por *C. perfringens* em cinco poços dos avaliados na estação chuvosa, e em todos os oito poços no período seco<sup>11</sup>.

A contaminação verificada foi considerada, pelos autores, como relacionada ao cemitério em questão devido à ausência de indicadores de poluição fecal (*E. coli*) e à presença da bactéria anaeróbica *C. perfringens* (clostrídios sulfitos-redutores – CSR) resultante da decomposição dos cadáveres<sup>11</sup>.



Xavier et al.<sup>30</sup> analisaram 30 amostras de águas de poços semiartesianos e rasos entre 10 e 400 m do cemitério tradicional São Sebastião em Arquimedes – RO. Foram utilizados parâmetros físico-químicos (teor de cloro, temperatura no momento da coleta, cor, pH e turbidez) e microbiológicos (coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*), porém, neste estudo, não foi citada a bactéria *C. perfringens* como possível indicador de contaminação por necrochorume. Os resultados foram fornecidos pelo Laboratório Central de Saúde Pública de Porto Velho – RO que indicaram valores para os variados parâmetros condizentes com aqueles exigidos na Portaria n° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde<sup>31</sup>, com exceção de uma amostra de um poço a 30 m do cemitério onde foi detectada a presença de *E. coli*<sup>30,31</sup>.

Em 2012, Silva, Rodrigues e Oliveira<sup>16</sup> realizaram a análise microbiológica da bactéria *E. coli* em águas de chafarizes e pontos próximos ao cemitério municipal da cidade de São José da Laje – AL. Os resultados foram elaborados pela Vigilância Sanitária do município e pelo Laboratório Central de Saúde Pública de Alagoas. Os laudos indicaram a contaminação das águas com *E. Coli*. Porém, os autores afirmaram que os documentos foram pouco descritivos e incompletos por não detalharem quais das amostras estavam contaminadas e nem demonstrarem o nível de contaminação, bem como a relação da contaminação verificada com a atividade necrófaga próxima<sup>16</sup>.

Outra metodologia analítica publicada por Luz, Morales e Maia<sup>32</sup>, em 2019, foi identificação de putrescina e cadaverina em águas subterrâneas de poços utilizados para consumo no entorno do cemitério horizontal Divino Espírito Santo, na cidade de Itacoatiara – AM. A análise foi realizada em cinco pontos denominados P1, P2, P3, P4 e P5: P1-Poço tubular do Serviço de Autônomo de Saúde e Esgoto (SAAE) localizada a 50 m do cemitério; P2, P4 e P5 correspondem escolas a 100, 300 e 400 m de distância, respectivamente; P3-Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais, distanciada a 200 m<sup>32</sup>.

Foi utilizado, para análise das 15 amostras (cinco pontos de coleta em triplicata), um espectrofotômetro UV-Visível de varredura no intervalo de comprimento de onda entre 200 a 300 nm. Com os padrões analíticos, foram determinados os intervalos ideais para a identificação das amins bioativas, entre 200 a 228 nm, com pico de detecção (maior absorvância) em 200 nm, para a putrescina, e entre 238 e 250 nm, com pico em 239 nm, para cadaverina<sup>32</sup>.

Todos os pontos analisados estavam contaminados. Porém, a Escola Municipal Dep. Vital de Mendonça (P5) apresentou a maior concentração de putrescina, com média de  $4,10 \times 10^{-3}$  mol/L, e a segunda mais elevada de cadaverina, com  $7,56 \times 10^{-3}$  mol/L. O ponto mais contaminado com cadaverina foi a Escola

Estadual Professora Maria Luiza de Vasconcelos Dias (P4), com concentração média de  $8,96 \times 10^{-3}$  mol/L<sup>32</sup>.

Santos e Marques<sup>33</sup> utilizaram parâmetros semelhantes aos primeiros dois artigos descritos. Porém, não foi realizada nenhuma análise microbiológica. Foram coletadas quatro amostras de duas nascentes próximas ao cemitério tradicional municipal da cidade de Muzambinho – MG (duas coletas por nascente). Os autores relataram usar técnicas analíticas conforme a Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde. Também foram avaliados os parâmetros de cor, odor, sabor, pH, nitrato, nitrito, cálcio, turbidez, ferro, cloretos, cobre, zinco e manganês. Entretanto, somente o pH e a concentração de cloretos tiveram alterações quando comparados com os Valores Máximos Permitidos (VMP). Com esses resultados, a conclusão foi de que as nascentes não estavam contaminadas por necrochorume<sup>33</sup>.

Seguindo parâmetros e métodos analíticos análogos aos de Santos e colaboradores<sup>11</sup>, Almeida, Ramos e Viroli<sup>34</sup> realizaram a análise da qualidade da água subterrânea em quatro poços nas proximidades do cemitério horizontal Bom Jesus, no município de Paraíso do Tocantins – TO. Desses poços foram coletadas, no total, oito amostras e realizadas análises físico-químicas (pH, turbidez, cor, condutividade, cloreto e sólidos totais dissolvidos) e microbiológicas (coliformes fecais e totais). Os resultados obtidos estavam todos em conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria n° 2.914/11 do Ministério da Saúde, ou seja, nenhum dos poços analisados foi considerado como contaminado por necrochorume<sup>34</sup>.

A pesquisa mais recente relacionada ao tema, e selecionada para discussão neste trabalho, foi publicada em 2020, por Santos<sup>35</sup>. O autor utilizou parâmetros bacteriológicos (coliformes fecais e totais), físico-químicos (turbidez, condutividade, sódio, potássio, cálcio, ferro, magnésio, zinco, cobre, manganês, bicarbonato, carbonato, enxofre, cloro e cloreto, cádmio, chumbo, nitrito, nitrato e dureza) e, também, eletromagnéticos por meio de um aparelho GPR (*Ground Penetrating Radar*), para a análise das águas subterrâneas de poços rasos (entre 7 e 10 m de profundidade) localizados em áreas residenciais entorno do cemitério parque/jardim Campo da Paz, na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ<sup>35</sup>.

Os resultados foram apresentados por meio de um mapa da qualidade da água subterrânea rasa no entorno do cemitério, com uma escala de péssimo a ótimo. Segundo o autor<sup>35</sup>, sete dos 15 poços avaliados se situam na área de qualidade considerada péssima ou ruim, demonstrando que existe uma contaminação inicial das águas subterrâneas próximas ao cemitério<sup>35</sup>.

Todos os parâmetros utilizados nas referências bibliográficas detalhadas acima estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Quadro dos parâmetros analíticos utilizados nas metodologias das publicações selecionadas e suas conclusões.

Parâmetros avaliados	Conclusões	Referências
Turbidez; Cor aparente; <i>E. coli</i> ; <i>C. perfringens</i> ; pH	Amostras analisadas foram consideradas contaminadas por necrochorume	[11]
Turbidez; pH; Temperatura; Teor de Cl; coliformes totais; <i>E. coli</i>	Não foi concluída a poluição por necrochorume, pois somente uma das amostras apresentou contaminação microbiológica	[30]
<i>E. coli</i>	Contaminação pela bactéria analisada, porém não relacionou esses resultados com o cemitério	[16]
Cadaverina; Putrescina	Poluição cadavérica encontrada em todos os pontos de análise	[32]
Turbidez; pH; Cor aparente; Cloretos; Nitratos; Nitritos; Elementos (Ca, Cu, Zn, Mn, Fe)	As amostras das nascentes não demonstraram contaminação	[33]
Turbidez; pH; Cor aparente; Cloreto; Condutividade; Sólidos totais dissolvidos; coliformes totais; coliformes fecais	Nenhum dos poços analisados foi considerado poluído por necrochorume	[34]
Turbidez; pH; coliformes fecais; coliformes totais; Carbonato/Bicarbonato; Enxofre; Cl/Cloreto; Dureza; Nitrito; Elementos (K, Na, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn, Fe, Cd, Pb)	Considerou-se os resultados como uma contaminação inicial por necrochorume	[35]

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as análises descritas pelas publicações selecionadas, e o levantamento bibliográfico realizado sobre a contaminação de recursos hídricos por necrochorume proveniente de cemitérios, considera-se de suma importância a ampliação dos estudos envolvendo este poluente. Acrescenta-se a relevância de pesquisas que indiquem uma metodologia e parâmetros analíticos capazes de confirmar com clareza e precisão a contaminação hídrica proveniente de necrópoles.

A implementação de métodos de tratamento do necrochorume, em atendimento às normas já estabelecidas pelas resoluções CONAMA n° 335/03, 368/06 e 402/08, adicionados aos tipos de necrópoles, podem ser, em conjunto, uma alternativa eficaz de mitigação da contaminação. Ademais, a instalação de poços de monitoramento nos cemitérios, e nas suas redondezas, seria o mecanismo mais simples e eficiente para pesquisas ambientais e acompanhamento da situação das águas subterrâneas.

## REFERÊNCIAS

- Menezes AS, Morais SRS, Pimenta TR, Guedes JSM. Resíduos dos cemitérios: contaminação ambiental e saúde pública. IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental e III Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade. 2017;4(2):1305-1316.
- Kemerich PDC, Ucker FE, Borba WF. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. Revista Scientific American Brasil. 2012;1:78-81.
- Pinheiro TM. Contaminação ambiental causada pelo necrochorume proveniente de cemitérios. INOVAE – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation. 2018;6:144-171.
- Bacigalupo R. Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais. História, natureza & espaço. 2012;1(1).
- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 335, de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da União. 28 mai 2003.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 368, de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução n° 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da União. 29 mar 2006.
- Brasil. Resolução CONAMA n° 402, de 17 de novembro de 2008. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução n° 335, de 3 de abril de 2003. Diário Oficial da União. 18 nov 2008.
- Hino TM. O necrochorume e a questão ambiental dos cemitérios. Revista Especialize On-line IPOG. 2015;(10).
- Anjos RM. Cemitérios: uma ameaça à saúde humana? [internet]. CREA – SC;2013[Acesso em 22 de dezembro]. Disponível em: <<https://portal.crea-sc.org.br/cemiterios-uma-ameaca-a-saude-humana/?print=pdf>>.
- Alves KJR, Ferreira JMF. Análise de impactos ambientais em cemitérios jardins. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2015.
- Santos AGS, Moraes LRS, Nascimento SAM. Qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do cemitério do

- Campo Santo em Salvador-BA. *Revista de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*. 2015;3(1):39-60.
12. Brasil. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998: Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. 1998.
13. Fernandes DA. O efeito do necrochorume no meio ambiente e sua imputação penal. *Amazon's Research and Environmental Law*. 2014;2(1):6-27.
14. Betiatto AC, Souza FX, Bini MC. A morte, atividade cemiterial e meio ambiente. *RevistaGepesvida*. 2015;1(2):121-141.
15. Kemerich PDC, Bianchini DC, Frank JC, Borba WF, Weber DP, Ucker FE. A questão ambiental envolvendo cemitérios no Brasil. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM; Revista Monografias Ambientais – REMOA*. 2014;13(5):3777-3785.
16. Silva CO, Rodrigues LBO, Oliveira RS. Impactos ambientais causados pelo necrochorume do cemitério municipal da cidade de São José da Laje/AL. *EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas*. 2012;3(2).
17. Brasil. Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973: Dispõe sobre os registros públicos, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. 1973.
18. Dias MF. Determinação do intervalo post-mortem (PMI) através do estudo de microRNA's (miRNA's) extraídos de manchas de sangue colhidas a cadáveres [Dissertação de Mestrado]. Porto: Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar, Universidade do Porto. 2017.
19. Baltazar FN, Cavallari ML, Carvalho E, Tolezano JE, Muños DR. Entomologia forense e saúde pública: relevância e aplicação. *Boletim Epidemiológico Paulista*. 2011;8(87):14-25.
20. Novo PP. Microbiologia Forense e Estimativa do Intervalo Post-mortem [Dissertação de Mestrado]. Porto: Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto. 2017.
21. Pereira F. Estudo dos efeitos biológicos da poliaminaputrescina em diferentes organismos-teste [Tese de Doutorado]. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 2017.
22. Almeida AM, Macedo JAB. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. *Seminário de Gestão Ambiental – Um convite a interdisciplinaridade*. 2005.
23. Souza M, Botelho RA. Métodos Artificiais de Tanatoconservação. *Saúde, Ética & Justiça*. 1999;4(1-2):33-47.
24. Pacheco A. Cemitério e meio ambiente [Tema de Livre Docência]. São Paulo: Dedalus, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 2000.
25. Palma SR, Silveira DD. A saudade ecologicamente correta: a educação ambiental e os problemas ambientais em cemitérios. *Revista Monografias Ambientais*. 2011;2(2):262-274.
26. Nogueira CO, Costa Júnior JE, Coimbra LB. Cemitérios e seus impactos ambientais no Brasil. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*. 2013;9(11):331-344.
27. Francisco AM, Silva AK, Souza CS, Santos FC. Tratamento do necrochorume em cemitérios. *Atas de Saúde Ambiental*. 2017;5(1):172-188.
28. Brasil. Ministério da Saúde, Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021: Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 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. *Diário Oficial da União*. 2021.
29. STANDARD methods for the examination of water and wastewater. Washington Dc: American Public Health Association; 2005.
30. Xavier NS, Oliveira AB, Silva ES, Pinheiro SA, Alves ER. Análise de impacto ambiental pelas potencialidades de contaminação por necrochorume em um cemitério na cidade de Ariquemes – RO. *V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais*. 2014.
31. Brasil. Ministério da Saúde, Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*. 2011.
32. Luz MAM, Morales BF, Maia PJS. Contaminação das águas subterrâneas por cemitérios: influência do necrochorume na qualidade da água do entorno do cemitério Divino Espírito Santo em Itacoatiara, Amazonas. *30º Congresso ABES: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2019.
33. Santos LRF, Marques JP. Análise físico-química de nascentes potencialmente contaminadas por necrochorume no município de Muzambinho [internet]. Minas Gerais: CNMA; 2016 [Acesso em 08 jan 2017]. Disponível em: <<http://www.meioambientepocos.com.br/anais-2016>>.
34. Almeida JN, Ramos ML, Viroli SLM. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas entorno do cemitério Bom Jesus no município Paraíso do Tocantins [internet]. Tocantins: IFTO; 2017 [Acesso em 08 jan 2017]. Disponível em: <<https://prop.iftto.edu.br/ocs/index.php/jjce/8jjce/paper/viewFile/8522/3818>>.
35. Santos CJ. Avaliação do aquífero raso no entorno do cemitério Campo da Paz, Campos dos Goytacazes, RJ, utilizando geofísica e relatórios de poço. *Brazilian Journal of Development*. 2020;6(4):21094-21103.

