



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DE UM  
CEMITÉRIO LOCALIZADO NUMA PEQUENA CIDADE DO INTERIOR DE  
MINAS GERAIS**

**Jéssica Juliana Braz Bicalho**

**Samila Silva Guimarães Santos**

**Belo Horizonte**

**2021**

**Jéssica Juliana Braz Bicalho**

**Samila Silva Guimarães Santos**

**ANÁLISE DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DE UM  
CEMITÉRIO LOCALIZADO NUMA PEQUENA CIDADE DO INTERIOR DE  
MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Evandro Carrusca de Oliveira

Coorientadora: Msc. Juliana da Silva e Mascarenhas Guedes

Belo Horizonte

2021

**JÉSSICA JULIANA BRAZ BICALHO**  
**SAMILA SILVA GUIMARÃES SANTOS**

**ANÁLISE DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DE UM  
CEMITÉRIO LOCALIZADO NUMA PEQUENA CIDADE DO INTERIOR DE  
MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Data de Aprovação: 09 / 04 / 2021

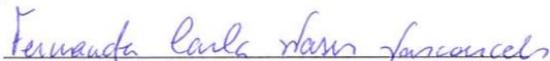
Banca Examinadora:



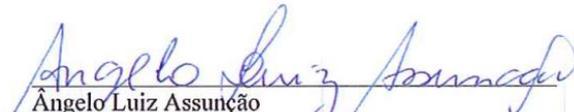
Evandro Carrusca de Oliveira – Presidente da Banca Examinadora e Orientador  
Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG



Juliana da Silva e Mascarenhas Guedes  
Prof. MSc. da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG - Coorientadora



Fernanda Carla Wasner Vasconcelos  
Prof. Dra. da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG



Ângelo Luiz Assunção  
Engenheiro Ambiental da Brenérgy Energia

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos à Deus, por sempre iluminar e guiar nossos passos até aqui, nos dando saúde, nos protegendo e dando forças para superar as dificuldades do caminho, sem Ele de nada seríamos.

Aos nossos pais por todo amor e apoio, por nos incentivarem a lutar sempre pelos nossos sonhos. Aos nossos irmãos e familiares, que sempre nos apoiaram incentivando e dando forças em todos os momentos. Aos nossos amigos que nos acompanharam e torceram pela gente nos dando conforto quando precisamos, e por sempre estarem ao nosso lado independente das circunstâncias, a caminhada foi longa, mas se tornou mais leve com vocês.

Ao Carlos e Welington pelos momentos compartilhados e pelo apoio, compreensão ao longo dos anos. E por todos os conselhos que foram primordiais para nosso crescimento.

Ao Prof. Dr. Evandro Carrusca de Oliveira, que foi mais que um orientador, foi um amigo, que nos auxiliou em todos os momentos possíveis para o desenvolvimento deste trabalho em crescimento e aprendizado, com seu carisma, paciência e noites mal dormidas, você foi ótimo com a gente. E a nossa coorientadora Msc. Juliana da Silva e Mascarenhas Guedes, obrigada por ter aceitado este desafio. Seremos eternamente gratas!

Agradecemos também a Fernanda Carla Wasner Vasconcelos e ao Ângelo Luiz Assunção por aceitarem participar da nossa banca examinadora.

A todos os professores que estiveram com a gente durante esta caminhada por repassar os conhecimentos que adquirimos para a conclusão do curso. Em especial, agradecemos o professor Carlos Wagner Coelho que nos auxiliou em diversos momentos na elaboração deste estudo.

Enfim, agradecemos a todos que de alguma forma torceram pelo nosso sucesso e se alegraram à cada conquista. Essa vitória é nossa!

## RESUMO

BICALHO, JÉSSICA JULIANA BRAZ; SANTOS, SAMILA SILVA GUIMARAES. 2021. 2021.81f. **Análise do solo e da água subterrânea no entorno de um cemitério localizado numa pequena cidade do interior de Minas Gerais.** Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

Antigamente, os cemitérios eram implantados em áreas fora do núcleo habitacional do município. Atualmente, esta prática não acontece com regularidade, seja porque a ocupação urbana chegou ao entorno do cemitério, seja porque a ocupação urbana cedeu espaço para implantação do cemitério naquele aglomerado. Toda esta situação de não conformidade ambiental foi observada na área em estudo, sobressaindo sepulturas do tipo inumação e tumulação, sem impermeabilização do solo, inexistência de estudos geológicos e hidrogeológicos locais, e existência de poços de captação de água subterrâneas tipo cisternas em várias residências no entorno do cemitério. Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a possível contaminação físico-química e microbiológica do solo e da água através da coleta de amostras localizadas dentro e fora do cemitério municipal de Ritópolis - MG, levantando os danos potenciais aos meios físicos e consequentes riscos à saúde humana em função da forma de sepultamento. Para atingir o objetivo, foi realizada revisão bibliográfica e atividades de campo, incluindo reconhecimento in loco com registro fotográfico, coletas de água subterrânea e do solo. Os principais parâmetros microbiológicos e físico químico foram analisados no laboratório Engequisa, os métodos de ensaio utilizados para determinar os resultados das amostras foram Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23<sup>nd</sup>. Edition, 2017(SM) e Environmental Protection Agency (EPA). O estudo apresenta análise das legislações para possíveis contaminações da água e do solo coletado. Sendo assim, as irregularidades encontradas, embora dentro dos limites das resoluções e portarias, indicam uma possível influência do cemitério na alteração da composição da água subterrânea e do solo.

**PALAVRAS CHAVE:** Impactos Ambientais. Necrochorume. Contaminação.

## ABSTRACT

BICALHO, JÉSSICA JULIANA BRAZ; SANTOS, SAMILA SILVA GUIMARAES. 2021. 2021. 81f. **Analysis of soil and groundwater around a cemetery located in a small town in the state of Minas Gerais.** Monograph (Graduation in Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

In the past, cemeteries were set up in areas outside the municipality's housing nucleus. Currently, this practice doesn't happen regularly, either because the urban occupation arrived around the cemetery, or because the urban occupation gave way to the implantation of the cemetery in that cluster. This entire situation of environmental non-compliance was observed in the study area, standing out burial types inhumations or the use of graves, without waterproofing the soil, inexistence of local geological and hydrogeological studies, and the existence of cistern-type underground water wells in several residences around the cemetery. In this context, the general objective of this work was to evaluate the possible physical-chemical and microbiological contamination of the soil and water through the collection of samples located inside and outside the cemetery of Ritópolis - MG, surveying the potential damages to the physical means and consequent risks to the human health because of the form of burial. To achieve the objective, a bibliographic review and field activities were carried out, including on-site recognition with photographic record, groundwater and soil collections. The main microbiological and physical chemical parameters were analyzed in the Engequisa laboratory, the test methods used to determine the results of the samples were Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition, 2017 (SM) and Environmental Protection Agency (EPA). The study presents an analysis of the legislation for possible contamination of the water and soil collected. Thus, the irregularities found, although within the limits of resolutions and ordinances, indicate a possible influence of the cemetery in altering the composition of groundwater and soil.

**KEY WORDS:** Environmental impacts. Necroleachate. Contamination.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	16
<b>2.1 Objetivos Geral</b> .....	16
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	16
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
<b>3.1 Contextualização histórica dos sepultamentos</b> .....	16
<b>3.2 Tipos de cemitério</b> .....	17
<b>3.3 Tipos de Sepultamento</b> .....	21
<b>3.4 Fenômenos transformativos</b> .....	21
<b>3.5 Composição do Necrochorume</b> .....	24
<b>3.6 Contaminação</b> .....	26
<b>3.6.1 Fontes de contaminação da água e do solo</b> .....	27
<b>3.6.2 Contaminação da água subterrânea por cemitério</b> .....	28
<b>3.6.3 Contaminação do solo</b> .....	29
<b>3.7 Legislações Ambientais aplicáveis para a regularização dos cemitérios</b> .....	29
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	31
<b>4.1 Introdução</b> .....	31
<b>4.2 Caracterização da Área de Estudo</b> .....	32
<b>4.3 Plano de Amostragem</b> .....	33
<b>4.4 Amostragem de Água Subterrânea</b> .....	36
<b>4.5 Amostragem do solo</b> .....	38
<b>4.6 Legislações ambientais consultadas</b> .....	42
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
<b>5.1 Mapas de referência</b> .....	44
<b>5.2 Caracterização do Cemitério Municipal de Ritópolis e seu entorno</b> .....	47
<b>5.3 Resultados dos ensaios laboratoriais das amostras do solo</b> .....	52
<b>5.4 Resultados dos ensaios laboratoriais da amostra de água subterrânea</b> .....	55
<b>6 CONCLUSÃO E SUGESTÕES</b> .....	62
<b>6.1 Conclusões</b> .....	62
<b>6.2 Relevância da Pesquisa</b> .....	66
<b>6.3 Sugestões para o futuro</b> .....	68
<b>8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	72

<b>ANEXO I</b> .....	79
<b>ANEXO II</b> .....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cemitério Municipal de Ritópolis, do tipo tradicional.....	18
Figura 2: Cemitério Bosque da Esperança, um exemplo de cemitério parque/jardim.....	19
Figura 3: Cemitério Vertical Guarulhos, um exemplo de cemitério vertical.....	19
Figura 4: Maior cemitério vertical Memorial Necrópole Ecumênica.....	20
Figura 5: A composição do Necrochorume.....	25
Figura 6: Localização da área de estudo.....	33
Figura 7: Pontos de coleta.....	34
Figura 8: Plano de amostragem para área de estudo.....	35
Figura 9: Coordenadas e altimetria dos pontos de coleta das amostras de solo e água.....	36
Figura 10: Ponto de coleta da água subterrânea -Poço do tipo cisterna .....	37
Figura 11: Acondicionamento da amostra em frascos para laboratório.....	38
Figura 12: Ponto de coleta do solo próximo a sepultura.....	39
Figura 13: Medições de profundidade do solo .....	39
Figura 14: Ponto de coleta do solo na parte externa do cemitério.....	40
Figura 15: Homogeneização das amostras coletadas na parte interna (PA-1) e externa (PA-2) do cemitério.....	41
Figura 16: Frascos de vidros com amostras do solo para ensaios no laboratório.....	41
Figura 17: Legislações consultadas para realização da discussão dos resultados.....	42
Figura 18: Mapa altimétrico.....	45
Figura 19: Área de estudo.....	45
Figura 20: Perfil topográfico dos pontos de análise.....	46

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 21: Perfil topográfico corte do ponto AB.....	46
Figura 22: Perfil topográfico corte do ponto BD.....	47
Figura 23: Perfil topográfico corte do ponto AC.....	47
Figura 24: Entrada do cemitério de Ritópolis.....	48
Figura 25: Sepultamento por inumação no cemitério de Ritópolis.....	48
Figura 26: Sepultamento por tumulação no cemitério de Ritópolis.....	49
Figura 27: Jazigos com construções pré moldadas no cemitério de Ritópolis.....	49
Figura 28: Caracterização do Solo para o município de Ritópolis e região de entorno.....	51
Figura 29: Resultados dos ensaios laboratoriais do solo amostrado.....	52
Figura 30: Resultados das Análises Laboratoriais para a água.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

**a.C** - Antes de Cristo

**ABAS** – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ANA** – Agência Nacional das Águas

**APP** - Áreas de Preservação Permanente

**CaCO<sub>3</sub>** - Carbonato de cálcio

**CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**CE** - Ceará

**CERH** - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

**CETESB** - Companhia de Saneamento e Tecnologia Ambiental

**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DBO** - Demanda Biológica de Oxigênio

**DQO** - Demanda Química de Oxigênio

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**FEAM** - Fundação Estadual do Meio Ambiente

**g/cm<sup>3</sup>** - Gramas por centímetro cúbico

**GPS** - *Global Positioning System*, ou Sistema de Posicionamento Global

**H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** - Ácido Fosfórico

**Hab/Km<sup>2</sup>** - Habitantes por quilometro quadrado

**HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** - Ácido Fosfórico

**IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**K<sub>2</sub>O** – Oxido de Potássio

**Km<sup>2</sup>** - Quilometro quadrado

**MDE** - Modelos Digitais de Elevação

**MEC** - Fundação do Ministério da Educação

**MG** - Minas Gerais

**mg/Kg** - Miligrama por quilograma

**mg/Kg O<sub>2</sub>** - Miligrama por quilograma de oxigênio

**mg/L** - Miligrama por litro

**mg/L CaCO<sub>3</sub>**- Miligrama por litro de carbonato de cálcio

**mg/L O<sub>2</sub>** - Miligrama por litro de oxigênio

**ml** - Mililitro

**MS** - Ministério da saúde

**N** - Nitrogênio

**NA** - Nível de água

**NE** - Não especificado

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** - Nitrato

**P/A** – Por amostra

**P1** - Ponto um com profundidade de 1,32 metros

**P2** - Ponto dois com profundidade de 1,53 metros

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** – Pentóxido de fósforo

**P3** - Ponto três com profundidade 1,73 metros

**PA-1** - Plano de amostragem do interior do cemitério

**PA-2** - Plano de amostragem do exterior do cemitério

**pH** - Potencial Hidrogeniônico

**PNMA** - Política Nacional do Meio Ambiente

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** - Fosfato

**RTC** - *Radiometrically Terrain Corrected*

**TCC** – Trabalho de Conclusão de Curso

**UFSJ** – Universidade Federal de São João del Rei

**VMP** - Valor Máximo Permitido

**μS/cm** - Micro-Siemens por centímetro

## 1 INTRODUÇÃO

O costume de sepultar corpos iniciou-se aproximadamente há 100 mil anos a. C. Inicialmente os cadáveres eram enterrados de forma dispersa e aleatória e, posteriormente, passaram a ocorrer em local específico para esse fim, de forma agrupada, esse local foi denominado cemitério (PACHECO, 2000).

A palavra cemitério tem origem do grego Koumetèrian e deriva-se do latim Coemeterium, possui o significado de dormitório, lugar onde se dorme. Recinto onde se enterram ou se guardam os mortos, tendo como sinônimos as expressões necrópole, carneiro, campo-santo, cidade dos pés juntos e a última moradia (CAMPOS, 2007).

De acordo com Silva, Suguio e Pacheco (2008), apud Marques (2017), o corpo humano enquanto vivo permanece em equilíbrio com o meio ambiente. Porém, após a morte, os corpos sepultados se transformam e têm os tecidos destruídos por ação de bactérias e enzimas. Essas bactérias e enzimas são decompositoras de matéria orgânica, resultando na dissolução gradual e na liberação de gases, líquidos e sais para o meio ambiente. Ou seja, estão sujeitos a fenômenos transformativos, que podem ser divididos em fenômenos conservativos e fenômenos destrutivos.

Os fenômenos conservativos (Mumificação e Saponificação) – são aqueles que, por condições de umidade, quantidade de oxigênio, retardam a decomposição do corpo e, em alguns casos, o corpo nem se decompõe totalmente. Sendo assim, os corpos ficam semi decompostos, aumentando o perigo de contaminação.

Já os fenômenos destrutivos (Autólise, Putrefação e Maceração) - são aqueles expostos a condições ambientais favoráveis decomposição aeróbica (tipo de solo, temperatura e umidade).

Os corpos, quando sepultados, entram em decomposição, liberando o necrochorume. Essa é uma substância composta, em sua maior parte, por água, sais minerais e substâncias orgânicas que percolam o solo podendo atingir a água subterrânea. Ou ainda, quando em cemitérios verticais, contaminam atmosfera através dos gases e, através do ciclo da água, contaminam, da mesma maneira, o solo e as águas subterrâneas. Essas substâncias têm componentes prejudiciais ao ambiente e, conseqüentemente, oferecem riscos à saúde das

comunidades ao redor, pois elas alteram a qualidade do solo e das águas, trazendo riscos à saúde pública (PINHEIRO, 2018).

No caso dos sepultamentos, os riscos ao meio ambiente são provocados pela contaminação do solo e águas subterrâneas por substâncias e microrganismos que compõem o necrochorume no processo de percolação da zona não saturada do solo até o aquífero livre. Quanto aos riscos à saúde pública, a água subterrânea e superficial com qualidade alterada pode causar, na população que utilizam estes recursos, doenças de veiculação hídrica (amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifoide, hepatite infecciosa e cólera) provocadas por vírus, bactérias e protozoários (MARQUES, 2017).

No Brasil e no mundo, são crescentes os estudos mais aprofundados sobre contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, causada pela decomposição dos corpos em cemitérios (BATISTA, 2015).

Os aspectos construtivos de cemitérios e o conseqüente licenciamento ambiental, regidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, foram normatizados inicialmente através da Resolução CONAMA nº 335 de abril de 2003. Porém, em março de 2006 foi publicada a Resolução CONAMA nº 368, que alterou a resolução anterior e, em novembro de 2008, entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 402, que alterou os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335 de abril de 2003.

Este trabalho de conclusão de curso investigou a possível ocorrência de contaminantes em amostras de solo e água subterrânea, decorrentes de necrochorume gerado pela decomposição de corpos em um cemitério urbano. A amostragem foi realizada no entorno de um cemitério localizado em um município no interior do Estado de Minas Gerais, em área onde não foram considerados os cuidados instruídos pela legislação atual referente à impermeabilização das sepulturas, com o agravante que na área amostrada o tipo de sepultamento é por imunção.

Buscou-se, através de pesquisa bibliográfica, entender o processo de decomposição corpórea e, alicerçadas neste entendimento, foram realizadas amostragens do solo no interior e fora do cemitério e amostragem de água em uma das várias cisternas localizadas a jusante do cemitério. Os ensaios físicos, químicos e microbiológicos das amostras de

solo e água subterrânea foram realizadas em laboratório autorizado e especializado localizado no município de Betim-MG.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Geral**

Avaliar possível contaminação físico-química e microbiológica do solo e da água em função da forma de sepultamento.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar as condições ambientais do cemitério segundo os requisitos estabelecidos pelas Resoluções CONAMA nº 335/2003, nº 386/2006, nº 402/2008.
- Comparar a qualidade ambiental nas áreas amostradas.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 Contextualização histórica dos sepultamentos**

O ato de sepultar os corpos de pessoas que morrem existe desde muitos anos, a aproximadamente 100 mil anos a.C os corpos eram enterrados em sepulturas no interior das grutas (PINHEIRO, 2018).

No começo da idade média os corpos das pessoas ricas passaram a ser sepultados em igrejas e em seu entorno, no solo ou em sarcófagos de pedra, já as pessoas mais pobres eram sepultadas em campos mais afastados em valas comuns (CARMO, 2019).

Mais à frente, ainda na idade média, os corpos começaram a ser sepultados em lugares mais afastados das cidades, pois eles acreditavam que esse era o processo mais higiênico (LEMOS, 2019).

No decorrer do tempo os cemitérios continuaram à margem das cidades, mas com a reurbanização os mesmos começaram a ficar ilhados por bairros, o que acarretou em uma aproximação com o restante da cidade, reaproximando os vivos dos mortos (PINHEIRO, 2018).

No século XIX os cemitérios eram repletos de túmulos luxuosos e belas sepulturas, e as pessoas acreditavam que eles não representavam perigo à sociedade e nem ao meio ambiente, por isso eram construídos em qualquer parte do território, o critério utilizado para a sua construção era somente a infertilidade do solo e seu baixo valor econômico (OLIVEIRA, 2018).

Devido ao Cristianismo os mortos começaram a ser cultuados, segundo o mesmo há um descanso eterno para os mortos que devem aguardar seu juízo final, sendo assim os cemitérios são como uma forma de memorial aos entes falecidos (BACIGALUPO, 2011).

Segundo Fineza (2008) apud Xavier (2015), “o termo cemitério vem da origem grega (Koumeterian, onde eu durmo), e do latim coemeterium, com o início do cristianismo o termo assumiu o sentido de local destinado ao repouso final pós morte onde o seu significado apenas para os lugares onde acontece o enterramento dos cadáveres, (cadáver- carne dada aos vermes).

Segundo estudos atuais os cemitérios ou necrópoles (lugares onde são enterrados os corpos humanos de forma agrupada) não oferecem grandes perigos a população, mas podem prejudicar o meio ambiente poluindo o solo e as águas subterrâneas e as superficiais, por isso cabe a preocupação com esses espaços para que se possa amenizar os impactos causados por eles (XAVIER, 2015).

### **3.2 Tipos de cemitério**

Atualmente no Brasil há vários tipos de cemitérios, mas três possuem destaque pela sua utilização, são os cemitérios horizontais, os verticais e os parque ou jardins, vale ressaltar a importância da cultura para determinação dos mesmos.

Os cemitérios horizontais (Figura 1) são compostos por túmulos semienterrados, mausoléus e uma capela com um pequeno altar e não costumam ser arborizados (MARQUES, 2017).

Como vantagem apresenta a facilidade de decomposição, em função do contato do corpo sepultado com o solo. Em contrapartida esse modelo de sepultamento apresenta algumas desvantagens, como possível contaminação das águas subterrâneas e superficiais, ocupação de grandes áreas, alto custo na manutenção, necessidade de solo adequado para essa finalidade, interferência direta na paisagem urbana, e grande proliferação de vetores que podem transmitir doenças (KEMERICH *et al.*, 2014A).

**Figura 1:** Cemitério Municipal de Ritópolis, do tipo tradicional.



Fonte: Autores (2021).

Os cemitérios parques e jardins (Figura 2) são aqueles construídos com gavetas no solo, cobertos por gramados e árvores, a identificação é feita apenas por uma placa contendo informações sobre o corpo (MARQUES, 2017).

Essas construções podem oferecer riscos ao meio ambiente, como a contaminação do solo e das águas pelo necrochorume, proliferação de insetos e mosquitos e propagação de doenças, sem contar que pode afetar diretamente a estética urbana do lugar (OURIVES, 2017).

**Figura 2:** Cemitério Bosque da Esperança, um exemplo de cemitério parque/jardim



Fonte: Funerária Arce (2018).

Os cemitérios verticais (Figura 3) são construídos acima do nível do solo, sendo os corpos sepultados separadamente em gavetas, ou compartimentos um ao lado do outro, formando andares. A circulação de visitantes é feita por meio de escadas, elevadores e corredores (FRANCISCO et al., 2017).

**Figura 3:** Cemitério Vertical Guarulhos, um exemplo de cemitério vertical



Fonte: Funerária Arce (2018).

Existem nas sepulturas tubos de ventilação ligados a um tubo central para lançar os gases gerados na decomposição. o necrochorume gerado com a decomposição é seco por circulação do ar e polimerização, ou seja, não tem contato com o solo e as águas subterrâneas (CAMPOS, 2007).

Estas construções apresentam algumas vantagens, como a utilização de menores áreas para sua construção, ausência de interferência do necrochorume junto ao solo e às águas subterrâneas, baixa exigência quanto ao tipo de solo, facilidade de sepultamento, visitas em dias chuvosos, segurança, entre outras (ZANDONÁ, 2019).

Como desvantagens podemos citar a liberação de gás sem tratamento, também são necessários maiores cuidados na construção para se evitar vazamento de necrochorume e possível emissão de odores.

O maior cemitério vertical do mundo é o Memorial Necrópole Ecumênica (Figura 4), situado na cidade de Santos. Foi criado em 1983 e possui mais de catorze mil gavetas, distribuídas em catorze andares (MEMORIAL NECRÓPOLE ECUMÊNICA,2018).

**Figura 4:** Maior cemitério vertical Memorial Necrópole Ecumênica



Fonte: Memorial Necrópole Ecumênica (2008).

### 3.3 Tipos de Sepultamento

Segundo Francisco et al., 2017 as principais práticas funerárias conhecidas e aplicadas no Brasil são: inumação, tumulação e incineração.

A inumação é o ato de colocar a pessoa falecida ou restos mortais em uma cova aberta e aterrada com profundidade entre 1,10m e 1,50m, ou seja, colocá-lo à superfície coberto por terra e pedras, ou deposita-lo em uma caixa devidamente resguardada. Esse processo é muito comum em cemitérios de periferia e cemitérios de cidades do interior, apesar de ser um termo utilizado para qualquer tipo de sepultamento independentemente do tipo de cemitério utilizado (CAMPOS, 2007).

Já a tumulação é o ato de inumar o cadáver em interior de túmulos (carneiros, popularmente conhecidos por gavetas), com formato de caixas retangulares, fabricados em alvenaria ou concreto e com profundidade máxima de cinco metros, as quais recebem os caixões e são lacradas. Estas construções são parciais ou totalmente subterrâneas (PACHECO, 2000).

Quanto à incineração ou cremação, é a técnica pela qual o cadáver é reduzido à cinza pelo uso do calor e evaporação, eliminando-se o processo de decomposição do corpo. Essas cinzas produzidas são depositadas em uma urna cinerária e entregue aos familiares após sete dias do processo ocorrido ou guardadas columbário (SILVA, 2012).

### 3.4 Fenômenos transformativos

São os processos que transformam o cadáver, quer pela sua destruição, quer pela conservação. Normalmente, os corpos sepultados em cemitérios estão sujeitos aos fenômenos transformativos, que podem ser destrutivos quando expostos a condições ambientais favoráveis denominados autólise, putrefação e maceração ou conservativos aqueles ligados ao tipo de ambiente em que são sepultados os corpos denominados saponificação, mumificação, coreificação e petrificação (MARQUES, 2017). Os parágrafos que seguem descrevem esses fenômenos.

- (i) Autólise: É o processo autodestrutivo de células e tecidos, que acontece sem interferência externa. Decorrente da instabilidade da membrana lisossômica e do aumento da permeabilidade das membranas plasmáticas que possibilita a

liberação de enzimas proteolíticas contidas nos lisossomos, levando à ruptura enzimática que irá promover a digestão da parte orgânica da célula e sua destruição. Isto leva a uma acidez temporária que irá ser neutralizada pela putrefação, sendo invertida pela alcalinização progressiva, com pH em torno de 8,0 a 8,5 (PACHECO,2000; CAMPOS,2007).

- (ii) Putrefação: Dependendo das condições ambientais, a putrefação pode ser observada 24 horas após a morte, com a formação dos gases em dois ou três dias. A putrefação é caracterizada como a destruição dos tecidos moles do corpo pela ação de microrganismos (bactérias, fungos e protozoários). Nesta fase anaeróbia, segue-se o aparecimento de bactérias aeróbias-anaeróbias facultativas das famílias *Neisseriaceas* e *Pseudomonadaceae*, e anaeróbias do gênero *Clostridium*, que são provenientes do cadáver e do meio circundante. Este processo é influenciado por um conjunto de fatores inerentes e intrínsecos ao cadáver, como a idade, a composição do corpo e a causa-mortis, e por fatores extrínsecos, conhecidos por fatores ambientais, como a temperatura, a umidade, a aeração, a constituição mineralógica, a permeabilidade do solo e a presença de insetos e larvas (PACHECO, 2000).

A decomposição natural de um cadáver (putrefação) segue a seguinte sequência (PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007).

- a) Período de coloração: período que se inicia geralmente de 18 a 24 horas após a morte, com uma duração aproximada de 7 a 12 dias após o óbito e depende de fatores intrínsecos e extrínsecos aos cadáveres. É um fenômeno natural de transformação cadavérica, iniciado por uma mancha verde, na parte inicial do intestino grosso, expandindo-se pelo abdômen, cabeça e membros -essa coloração é objeto da reação do gás sulfídrico com a hemoglobina, formando a sulfometemoglobina. É um processo mais lento nos cadáveres inumados do que nos conservados ao ar livre e mais rápido na água.
- b) Período gasoso: este período dura de três a quatro semanas dependendo das condições ambientais. É a etapa em que os gases começam a se desenvolver no interior dos corpos, conferindo ao cadáver um aspecto gigantesco (inchado). Nessa fase, ocorre a ruptura das paredes abdominais, às vezes com um ruído característico conhecido como estouro cadavérico.

- c) Período coliquativo: inicia-se no primeiro mês e pode estender-se por um período de 2 a 8 anos. Nessa fase acontece dissolução pútrida das partes moles do cadáver, pela ação de bactérias e da fauna necrófagas, composta de lavras, insetos e germes putrefativos, que transformam o tecido em uma massa pastosa, semilíquida, escura e fétida conhecida como necrochorume.
  - d) Período de esqueletização: esta fase acontece após a destruição da matéria orgânica e a eliminação dos resíduos, podendo durar meses ou anos dependendo das condições ambientais. O fósforo liberado da matéria orgânica sob a forma de fosfina reage com o oxigênio atmosférico dando origem ao fenômeno luminoso de curta duração conhecido como fogo-fátuo. Caso seja atingido por águas ácidas, o esqueleto é destruído, enquanto que águas e solos calcários o conservam.
- (iii) Maceração: É um processo destrutivo no qual os corpos ficam submersos em meio líquido, neste processo há presença de bactérias, e estas bactérias ficam estagnadas já que o cadáver está submerso, além disso, há a ausência da putrefação e por meio dessa os tecidos se desprendem, a pele se torna esbranquiçada, faz com que a epiderme se solte da derme e pode até causar alguns fragmentos (LEITE; PRADO, 2019).

Já os fenômenos transformativos conservativos são aqueles que conservam o cadáver, ocorre de acordo com as condições ambientais e constituem em um problema para o reuso das sepulturas, por ocasionarem a saturação dos espaços existentes nos cemitérios, tendo em vista que, se forem constatados fenômenos conservadores em corpos exumados, enterra-se novamente o cadáver até a sua completa decomposição prolongando assim a permanência dos corpos semidecompostos e mantêm o potencial de contaminação latente (PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007). São eles:

- (i) Saponificação: O processo inicia por volta de dois meses após o sepultamento do cadáver e se completa em torno de um ano. É a hidrólise da gordura com a liberação de ácidos graxos (triglicerídeos) presentes no tecido adiposo, que tem acidez, e se unem a alguns minerais do organismo (tais como cálcio e magnésio e outros) formando o sabão. Neste sentido, com a formação do sabão ocorre o adiamento da decomposição dos corpos, devido a ação das bactérias putréficas, possuindo os corpos uma coloração amarela-escura (PACHECO,

2000; CAMPOS, 2007).

- (ii) **Mumificação:** processo de dessecação ou desidratação dos tecidos do cadáver, com conservação de seus caracteres morfológicos, e perda de 50 a 70% do peso pela desidratação e desengorduração, retração da pele e coloração escura. Ocorre em condições de clima quente, ou seja, acima de 40°C, em ambiente seco com umidade relativa do ar de aproximadamente 6% e abundante ventilação. Quando determinado corpo é sepultado em solos secos, arenosos, com clima quente, em regiões áridas e semiáridas, a pele com a perda de água fica coriácea, enrugada e endurece, adquirindo uma coloração entre marrom e preto, o corpo diminui de peso, chegando a atingir de 10 a 5 kg. A mumificação pode ocorrer de forma espontânea, pela presença de nitrato de potássio no solo que funciona como um sal antisséptico, ou pela falta de umidade que permita o desenvolvimento de germes putrefativos, ou de forma artificial com o embalsamento do corpo. Hoje em dia emprega-se um método mais simples na mumificação utilizando-se um produto químico chamado aldeído fórmico, o qual se encontra cada vez mais no lençol freático.
- (iii) **Coreificação:** fenômeno bastante raro em que ocorre a infiltração dos tecidos por sais de cálcio, precipitando as estruturas celulares e teciduais (SILVA, 2012).
- (iv) **Petrificação:** fenômeno que acontece em cadáveres conservados em urnas metálicas (normalmente de zinco galvanizado), seladas hermeticamente, inibindo parcialmente a decomposição (SILVA, 2012).

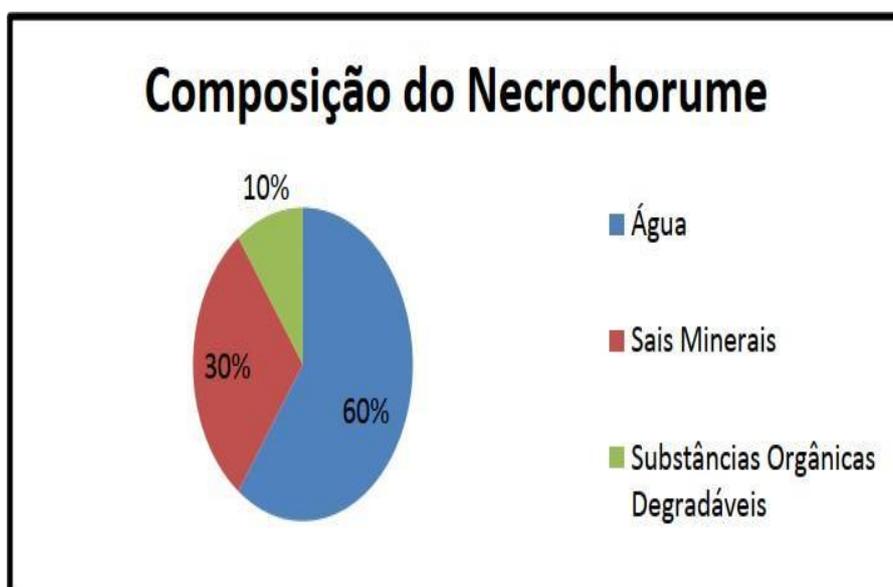
### **3.5 Composição do Necrochorume**

De acordo com Matos (2001), o corpo humano passa por um processo de decomposição no qual libera um resíduo líquido da putrefação de um corpo, popularmente conhecido como necrochorume.

O necrochorume possui coloração em tons de vermelho-alaranjado e de castanho acinzentado, viscosa e polimerizável (CARNEIRO, 2009). A sua composição é formada

por aproximadamente 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas, (Figura 5) (FRANCISCO et al., 2017).

**Figura 5:** Composição do Necrochorume



Fonte: BACIGALUPO (2011).

De modo geral o necrochorume é constituído por um líquido viscoso mais denso que a água ( $1,23 \text{ g/cm}^3$ ), rico em sais minerais e substâncias orgânicas e DBO elevado (LOPES, 2000).

Além disso, Lopes (2000) afirma que essa substância é caracterizada por apresentar na sua composição moléculas orgânicas tóxicas pertencentes ao grupo funcional amina, conhecidas como alcalóides cadavéricos no qual é proveniente da decomposição de cadáveres.

Do ponto de vista de Carneiro (2009), a decomposição das substâncias orgânicas do corpo pode produzir díaminas como a cadaverina ( $\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2$ ) e a putrescina ( $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_2$ ), e ao serem degradadas geram  $\text{NH}_4^+$ , além disso, elas trazem risco à saúde humana devido a sua alta toxicidade.

Fineza (2008) expõe ainda que o necrochorume apresenta metais no qual também oferecem riscos toxicológicos aos organismos expostos. Esses metais pesados são oriundos dos adereços metálicos dos caixões, além de substâncias farmacológicas,

formaldeídos e metanol sendo estes dois últimos utilizados em embalsamamentos de corpos.

Deste modo, estas substâncias podem atingir áreas em um raio superior a 400 metros de distância do cemitério, a depender da geologia da região (LOPES, 2000). Neste sentido, é notório que o necrochorume pode causar impactos ao meio ambiente e à qualidade de vida da população, seja de forma direta ou indireta.

### **3.6 Contaminação**

De acordo com a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM (2019) a presença de substâncias químicas no solo e nas águas subterrâneas caracteriza-se uma área contaminada, sendo essa contaminação proveniente do comportamento humano.

Durante anos, a população teve costume de dispor diretamente no solo produtos com potencial poluidor devido à falta de informação, sendo que estas práticas que hoje são consideradas erradas antigamente eram comuns, o que causava inúmeras contaminações de solo e água subterrânea (ABAS, 2017).

Quando os contaminantes atingem o solo eles se infiltram lentamente podendo atingir as águas do lençol freático que é a parte mais rasa e vulnerável de um aquífero. O solo atingido passa a armazenar produtos em seus poros, se tornando uma fonte de contaminação e permitindo uma lenta lixiviação de contaminantes para as águas subterrâneas, que escorrem pelo aquífero formando uma pluma de fase dissolvida, se esse contaminante for imiscível com a água se ampliara em uma fase distinta, ou seja, fase livre, o que pode acarretar em uma flutuação ou imersão para maiores profundidades dependendo de sua densidade, se ele for volátil poderá se dissipar em forma de vapor (ABAS, 2017).

Embora o manancial subterrâneo encontre-se mais protegido dos agentes de contaminação do que a águas superficiais, ele também pode sofrer contaminação uma vez que ele depende da sua proteção natural quanto aos agentes contaminantes o que abarca características litológicas e hidrogeologias encontradas no local contaminado podendo haver também gradientes hidráulicos o que acarreta em uma inviabilização do uso da água, por isso a necessidade de se seguir as leis e normas ambientais (ABAS, 2017).

### *3.6.1 Fontes de contaminação da água e do solo*

Existem várias fontes com potencial poluidor que podem afetar as águas subterrâneas, a seguir, estão descritas as principais fontes de contaminação de águas subterrâneas no Brasil.

**Cemitérios:** A contaminação de solos e águas subterrâneas por cemitérios ocorre principalmente devido à infiltração de necrochorume, um líquido formado pela decomposição dos corpos existentes no local (ANA, 2005).

**Construção inadequada de poços:** A forma que estas construções são feitas é fundamental para garantir a qualidade da água captada e a eficiência da operação do poço. Porém, alguns poços são construídos em desacordo com os critérios técnicos adequados, podendo causar a contaminação do mesmo (ANA, 2005).

**Esgotos:** A falta de saneamento no país traz um imenso risco às águas subterrâneas devido à infiltração por fossas negras e vazamentos de redes de esgoto. A contaminação por esgotos nas águas subterrâneas pode ser detectada através de altas concentrações de nitrato e pela existência de bactérias patogênicas e vírus na água (ANA, 2005).

**Resíduos sólidos:** produzem contaminantes como chorume, microrganismos, patogênicos, fenóis, metais pesados, etc. A contaminação por chorume pode ser detectada por altas concentrações de cloreto, nitrogênio, enxofre, fosfato, DBO, DQO, entre outros (ANA, 2005).

**Agricultura:** A agricultura no país está associada ao uso de fertilizantes e agrotóxicos, como herbicidas, inseticidas, fungicidas. Três principais nutrientes exigidos pelas culturas são o nitrogênio (N), potássio ( $K_2O$ ) e fósforo ( $P_2O_5$ ), que podem vir a contaminar o solo e águas subterrâneas (ANA, 2005).

**Indústria:** As atividades petroquímicas, de extração mineral, siderúrgicas, fábricas e indústrias de agrotóxicos e de outros produtos químicos são as principais fontes de contaminação (CETESB, 2004).

**Postos de combustíveis:** O principal meio de contaminação do solo por derivados do petróleo é através do vazamento de tanques de armazenamento de combustíveis, uma vez que seu manuseio ou instalação não esteja de acordo com as normas (ANA, 2005).

**Mineração:** Os principais fatores observados nas águas contaminadas por esse tipo de atividade são os baixos valores de pH, altos valores de ferro total, sulfato total e outros elementos tóxicos (ROCHA, 2017).

### *3.6.2 Contaminação da água subterrânea por cemitério*

Depois do falecimento, o corpo humano se transforma, passando a ser um ecossistema constituído por bactérias, microrganismos patogênicos e destruidores de matéria orgânica, o que pode pôr em risco o meio ambiente e a saúde pública (MATOS, 2001).

As águas subterrâneas dos cemitérios podem ser contaminadas a partir de uma alteração em sua composição química tendo a presença de necrochorume, que é a dissolução das partes moles dos corpos, e microrganismos vivos na decomposição dos corpos e muitas vezes essa água é utilizada pela população residente próxima ao cemitério, quanto aos aquíferos mais profundos, eles permanecem resguardados desde que não haja problema nas construções de poços (PACHECO, 2000).

A construção de cemitérios sem levar em consideração os critérios de estrutura do terreno e nível do lençol freático, contribui como uma das causas de contaminação da qualidade das águas subterrâneas, pois substâncias provenientes da decomposição de corpos podem ter contato às mesmas, o que representa grande risco sanitário e higiênico (MARTINS *et al.*, 1991).

Portanto a água contaminada envolve questões diretamente relacionadas à saúde pública, uma vez que pode vir a comprometer a saúde da população que reside em torno dos cemitérios com vários tipos de doenças. É de extrema importância os diagnósticos ambientais para poder buscar, técnicas de funcionamento dos mais diversos ambientes e doenças, para que seja possível prevenir a questão da saúde que envolve áreas ao entorno dos cemitérios (BACIGALUPO, 2011).

### *3.6.3 Contaminação do solo*

O sepultamento de cadáver deve ser considerado como atividade causadas de impactos ambientais por gerar fontes poluidoras (SILVA et al., 2009). Dependendo das características do solo, possibilita a existência de espaços, conhecido como poros, entre os grupamentos textuais que são formados por partículas de solo, o qual lixiviam as fontes contaminantes, de acordo com Silva, Campos e Cunha (2017).

Durante o processo de decomposição do corpo é liberado um líquido chamado pelo CONAMA de “produto da coliquação”, conhecido também como necrochorume. Este líquido é o responsável pela contaminação do solo e aquíferos subterrâneos.

Não existem grandes quantidades de pesquisas que estudam o comportamento do necrochorume no solo. É sabido apenas que sua densidade é maior que a da água. Isto favorece a infiltração pelo solo até atingir o aquífero subterrâneo (CARNEIRO, 2009).

A presença de metais pesados no solo tem relação direta com as características do solo, tendo dependência direta com as propriedades químicas dos metais, podendo estas ser interferências nas reações ocorrentes (OLIVEIRA, MATTIAZZO, 2001).

Os metais bário (encontrado em profundidades entre 200 e 300 cm), cobre (encontrado em profundidades entre 0 e 150 cm) e o Cromo (encontrado entre 0 e 300 cm) encontrados nos cemitérios podem apresentar concentrações indicadoras de contaminações do solo (KEMERICH; UCKER; BORBA, 2012). Outros metais pesados que também podem ser encontrados em cemitérios é o Chumbo (profundidade de 20 a 120 cm) e o Níquel (profundidades entre 80 e 120 cm) (BARROS et al., 2008).

### **3.7 Legislações Ambientais aplicáveis para a regularização dos cemitérios**

A preocupação com a saúde pública na época colonial aumentava com o surgimento de violentas epidemias. As províncias então começaram a se organizar com a criação de leis próprias que baniam o sepultamento em Igrejas (CARNEIRO, 2009).

Um dos documentos mais importantes aos cemitérios é o Licenciamento Ambiental, que se encontra inserido na Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA (PINHEIRO, 2018).

Tal instrumento foi instaurado no Brasil através da Lei nº 6.938 de 1981, cujo artigo 10 diz o seguinte: “...Art. 10. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental. (PINHEIRO, 2018)

Na esfera federal, até o ano de 2003, não havia legislação específica ou norma técnica regulamentando a implantação e a operação de cemitérios em termos ambientais e sanitários (WEBER, 2010).

Somente em 3 de abril de 2003 foi divulgada a Resolução nº 335 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios (BRASIL, 2003). Três anos mais tarde, em 28 de março de 2006, foi publicada a Resolução CONAMA nº 368 que altera a Resolução anterior e dispõe sobre pontos considerados equivocados ou ineficientes para o controle da contaminação (CARNEIRO, 2009).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 335/03 “dispunha a área de fundo das sepulturas deve manter uma distância mínima de um metro e meio do nível máximo do aquífero freático” (CARNEIRO, 2009). Esta distância não é considerada suficiente para manter livre de contaminação o lençol freático, segundo pesquisa realizada por Matos (2001).

Segundo Weber (2010) a Resolução CONAMA não autoriza a implantação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente (APP) ou em áreas que necessitam do desmatamento de Mata Atlântica, sendo ela primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cáusticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, em áreas de manancial para abastecimento humano, da mesma maneira da que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, respeitando as exceções legais previstas.

De acordo com Berdoldi (2014), mesmo com a existência das Resoluções CONAMA, ainda não existe um controle do Estado nas construções, com isso as obrigações são passadas da federação para o estado e conseqüentemente passadas para o município que na maioria das vezes não possui corpo técnico capaz de acompanhar todo o processo.

A Resolução CONAMA 368/06 repete o mesmo valor da distância das sepulturas ao nível máximo do aquífero, mas complementa que este nível máximo deve ser medido na época de cheia (CARNEIRO, 2009).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Introdução**

O processo metodológico utilizado na presente pesquisa teve abordagem qualitativa, caráter descritivo, feita através de um estudo de caso, tendo como unidade de análise as áreas interna e de entorno do cemitério do município de Ritópolis (MG). A água foi amostrada em cisterna no entorno do cemitério, localizada a jusante. As análises foram conduzidas com o fim de diagnosticar a qualidade destes meios físicos em estudo. Estas atividades in loco pautaram-se, num primeiro instante, em entrevista presencial com funcionários responsáveis pela administração e operação do cemitério, visando obter informações para a elaboração da programação dos trabalhos.

A revisão bibliográfica compreendeu consultas a livros, normas técnicas, legislação vigente no país e artigos científicos publicados por pesquisadores de Universidades e Centros de Pesquisas, autores de estudos e pesquisas relacionadas com a contaminação de solo e água em diversos cemitérios do país.

Desta revisão bibliográfica e das visitas presenciais ao local, foram estabelecidos critérios para a escolha dos pontos de amostragens no interior e no entorno do cemitério. Os principais critérios consideraram o índice de saturação elevado (número de sepultamentos/ano), a área com sepultamento por inumação em covas rasas, os locais com sepultamentos ocorridos nos últimos 12 a 24 meses, a vulnerabilidade da localização quanto aos aspectos urbanos, geográficos e geológicos, a presença de moradias na circunvizinhança, a existência de pontos de exploração de água subterrânea para consumo humano ou outra modalidade, extraída de cisterna ou poço cacimba localizados a jusante das sepulturas, observando pontos de extração em atividade e pontos de extração paralisados, dentre outros.

Segundo Yin (2001), entende-se que o estudo de caso é definido como uma metodologia indutiva, que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real, avaliando a interação dos dados e sua análise.

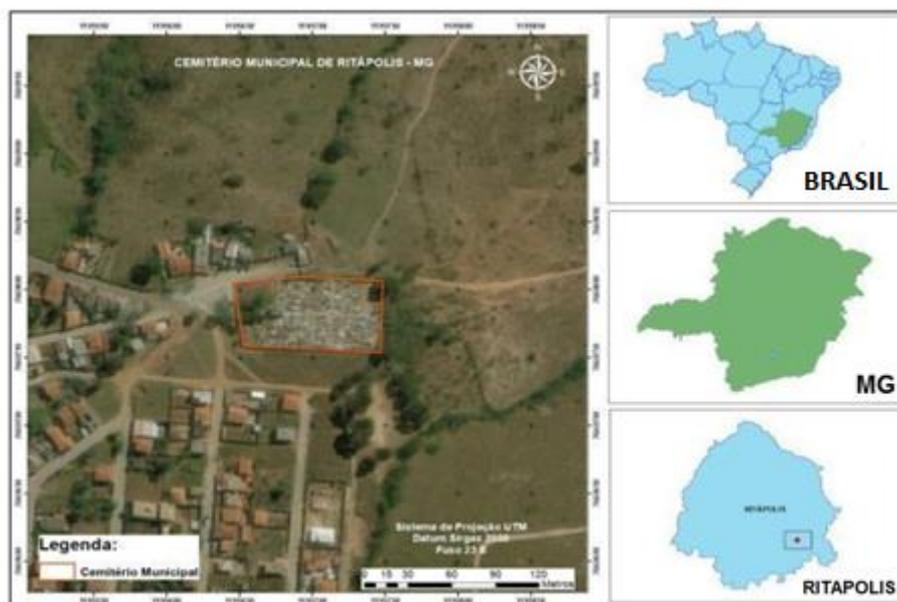
#### **4.2 Caracterização da Área de Estudo**

A área de estudo está situada no município de Ritópolis, no bairro do Rosário, estado de Minas Gerais. O município, com área de 405 km<sup>2</sup>, pertence ao Comitê da Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande.

Para a realização do diagnóstico, delimitou-se a área obedecendo a distância de 125 metros do perímetro do cemitério, abrangendo uma região a montante e a jusante deste. A determinação da distância foi definida com base em pesquisa bibliográfica sobre a proliferação de substâncias de origem patogênica oriundas de necrochorume.

Os pontos onde foram coletadas amostras da água e do solo estão referenciados pelas coordenadas geográficas latitude 21° 01' 19" S e longitude 44° 19' 04" W. Esse levantamento foi realizado com GPS, modelo ETREX, marca Garmin.

A figura 6, registrada com o uso da ferramenta Google Maps, apresenta uma visão panorâmica do respectivo cemitério (realçado pelo polígono em vermelho), instalado em perímetro urbano, próximo de residências. No levantamento realizado *in loco* no entorno do cemitério, comprovou que a maioria das habitações possui cisternas para uso residencial.

**Figura 6:** Localização da área de estudo

Fonte: Adaptado pelos autores do Google Maps, (2019).

Localmente, tem-se um cemitério do tipo horizontal tradicional, contendo sepulturas classificadas como jazigos, algumas com gavetas, e sepulturas simples. Nestas sepulturas simples, os corpos são dispostos diretamente em contato com o solo, sem nenhuma proteção quanto a percolação do necrochorume.

#### 4.3 Plano de Amostragem

A primeira etapa da pesquisa utilizou a revisão bibliográfica abordando avaliações hidrogeoquímicas em áreas onde operam cemitérios. O objetivo foi identificar os parâmetros mais utilizados na realização de diagnósticos ambientais para a caracterização da qualidade do solo e da água subterrânea neste cenário. As principais fontes de busca das informações científicas foram as plataformas de periódicos/pesquisa - CAPES/MEC, as publicações e termos de referência elaborados por Instituições de Pesquisa e Órgãos Ambientais, como CETESB/SP e FEAM/MG, e Google Acadêmico.

Após definir quais parâmetros físico-químicos e microbiológicos seriam analisados, com as devidas instruções técnicas orientadas pelo laboratório contratado, iniciou-se o planejamento para o desenvolvimento do plano de amostragem. Por meio de visitas técnicas nas residências e outros logradouros próximos à área de pesquisa, foram identificados poços de captação de água na região em estudo e definida a localização de dois furos de sondagem, um no interior e outro fora dos limites do cemitério. Este segundo

ponto foi definido como o ponto branco, por estar localizado fora da área com potencial de poluição. Levantou-se, também, as condições de acessibilidade e segurança para a realização dos trabalhos na área.

Os resultados destas ações definiram as localizações dos pontos de amostragem de solo e água e, também, orientaram a relação dos equipamentos para a operação de amostragem (Figura 7). Foram determinados, ainda, os parâmetros físico-químicos para análise do solo, e físico-químicos e microbiológicos para análise da água.

Figura 7: Pontos de coleta



Fonte: Autores (2021).

A etapa seguinte consistiu em levantar os laboratórios credenciados para estes ensaios físico-químicos e microbiológicos na região metropolitana de Belo Horizonte e solicitar orçamentos. Foi escolhido um laboratório Engequisa, instalado no município de Betim.

As figuras 8 e 9 a seguir mostram o plano de amostragem com as coordenadas da localização e a altimetria dos pontos de coleta das amostras.

A amostra de solo no interior e a amostra fora do cemitério foram coletadas, cada uma, em três profundidades diferentes no mesmo furo (P1, P2 e P3). Em seguida, foram homogeneizadas e quarteadas.

**Figura 8:** Plano de amostragem para a área de estudo

<b>Matriz</b>	<b>Identidade da amostra</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Data da coleta</b>	<b>Hora da coleta</b>	<b>Laboratório</b>
Interior ao cemitério (Solo)	P1-P2-P3	Condutividade elétrica DQO Fósforo Matéria orgânica pH	13/02/2021	15:15	Engequisa
Exterior ao cemitério (Solo)	P1-P2-P3	Condutividade elétrica DQO Fósforo Matéria orgânica pH	13/02/2021	16:00	Engequisa
Exterior ao cemitério (Água)	Cisterna	Alcalinidade Coliformes termotolerantes Coliformes totais Condutividade elétrica DBO Dureza Nitrato pH	14/02/2021	19:00	Engequisa

Fonte: Autores (2021).

**Figura 9:** Coordenadas e altimetria dos pontos de coleta das amostras de solo e água

Ponto	Localização	Altitude (metros)	Coordenadas geográficas
Água	Exterior do cemitério	1027	21° 1'23.14"S 44°19'4.05"O  570891.45 m E 7675144.96 m S
Solo	Interior do cemitério (Jusante)	1044	21° 1'19.62"S 44°18'57.87"O  571070.37 m E 7675252.44 m S
Solo	Exterior do cemitério (Montante)	1046	21° 1'23.96"S 44°18'56.91"O  571097.46 m E 7675119.02 m S

Fonte: Autores (2021).

#### 4.4 Amostragem de Água Subterrânea

Anterior à definição do local da amostragem, fez-se um levantamento no entorno do cemitério visando saber se existem poços cisternas ou outra forma de extração de água para consumo humano nas imediações do cemitério. Foram identificadas 10 cisternas nesta área e, de acordo com os critérios preestabelecidos pela autora para seleção do ponto de amostragem, escolheu-se um poço cisterna localizado a jusante do cemitério, em nível topográfico inferior à localização do cemitério. Os critérios em questão foram condicionados à localização, às condições de acesso e à autorização do proprietário para a realização da amostragem.

A amostra da água subterrânea foi coletada num poço do tipo cisterna no dia 14 de fevereiro de 2021 às 19h. A profundidade atual atinge 8 metros, estando o nível da água (NA) na profundidade de 5 metros, conforme figura 10.

**Figura 10:** Ponto de coleta da água subterrânea -Poço do tipo cisterna



Fonte: Autores (2021).

Utilizou-se um balde novo (sem uso prévio), amarrado a uma corda. Antes da primeira amostragem, fez-se uma ambientação do equipamento com o material a ser amostrado, totalizando três procedimentos de lavagem. Em seguida, procedeu-se a coleta da água na cisterna. O material foi acondicionado em quatro frascos distintos, devidamente preparados pelo laboratório, identificados, colocados em caixa térmica e levado pela autora ao laboratório Engequisa.

Os ensaios laboratoriais contratados compreendem a determinação do pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, teor de nitrato, DBO, presença de coliformes totais e

coliformes termotolerantes. A Figura 11 apresenta os quatro frascos com o material amostrado.

**Figura 11:** Acondicionamento da amostra de água em frascos para laboratório



Fonte: Autores (2021).

#### 4.5 Amostragem do solo

A atividade de amostragem de solo foi realizada no dia 13 de fevereiro de 2021. Foram coletadas 06 amostras em 02 pontos de amostragens diferentes (PA-1 e PA-2), sendo o primeiro ponto de amostragem (PA-1) locado no interior do cemitério e o segundo ponto de amostragem (PA-2) locado fora do cemitério, este último a montante da área de sepultamentos. Em cada ponto de amostragem foram realizadas três coletas em profundidades diferentes (P1, P2 e P3).

As intervenções desenvolvidas no local foram discutidas previamente com o funcionário da Prefeitura responsável pelo cemitério. Depois de autorizadas, ele acompanhou e guiou as ações e deslocamentos em toda a área do trabalho.

Para a escolha de cada local das amostragens, foram avaliadas inicialmente as declividades do terreno. As amostras foram coletadas com auxílio de trado manual (boca de lobo), pá reta e enxadão em três níveis diferentes de cada ponto da amostragem.

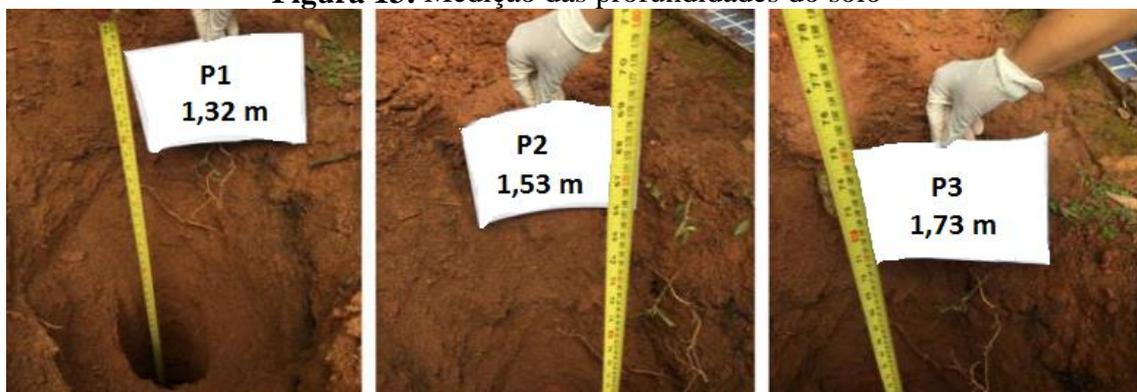
O ponto de amostragem (PA-1) localizado no interior do cemitério foi realizado a 50 centímetros a jusante de uma sepultura, na qual o último sepultamento nela registrado ocorreu na data de 26 de julho de 2020 (Figura 12). A profundidade atingida no furo totalizou 1,73 metros. Foram coletados solos nas profundidades de 1,32 m (P1), 1,53 m (P2) e 1,73 m (P3) (Figura 13). Estas três coletas neste furo (PA-1) foram homogeneizadas e quarteadas, compondo a amostra de solo do furo localizado no interior do cemitério.

**Figura 12:** Ponto de coleta do solo próximo à sepultura



Fonte: Autores (2021).

**Figura 13:** Medição das profundidades do solo



Fonte: Autores (2021).

A segunda amostragem de solo (PA-2), coletada na parte externa do cemitério e posicionada em cota topográfica superior ao estabelecimento (Figura 14), foi realizada em campo aberto, distante aproximadamente 85 metros dos limites do cemitério. Da

mesma forma que a anterior, foram feitas três coletas no furo PA-2, identificadas como P1, P2 e P3, homogeneizadas e quarteadas, compondo a amostra de solo do furo localizado externamente ao cemitério. Após a realização das amostras todos os furos foram fechados.

**Figura 14:** Ponto de coleta do solo na parte externa do cemitério

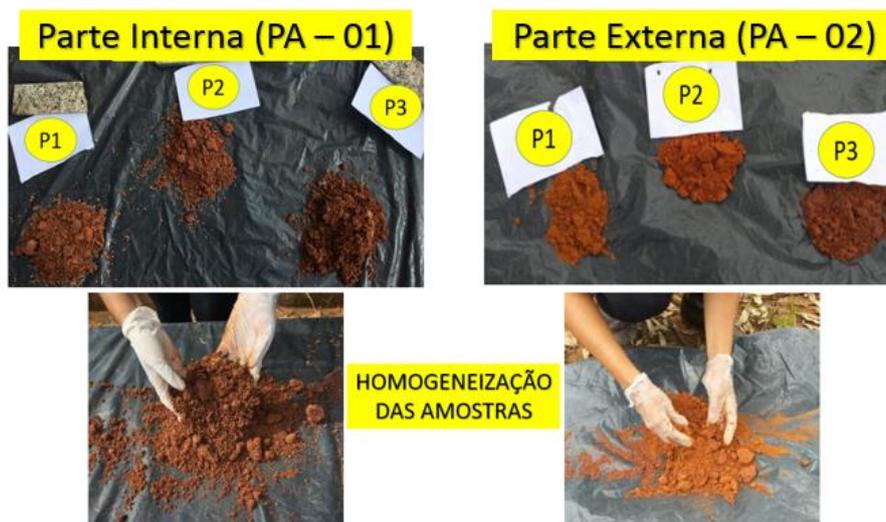


Fonte: Autores (2021).

Esta amostra coletada fora do perímetro do cemitério tem como finalidade levantar valores de *background* geoquímico do solo local como medida de referência para distinguir concentrações naturais dos elementos analisados, sem a interferência das atividades antrópicas em estudo e, conseqüentemente, da decomposição corpórea. Os valores obtidos foram comparados com os valores encontrados nos ensaios de laboratório da amostra próxima à sepultura (PA-1). Os valores de *background* também são importantes na determinação da extensão da poluição por ventura existente.

A Figura 15 apresenta o material coletado nos dois furos de amostragens, interno (PA-1) e externo ao cemitério (PA-2), respectivamente.

**Figura 15:** Homogeneização das amostras coletadas na parte interna (PA-1) e externa (PA-2) do cemitério



Fonte: Autores (2021).

Os solos amostrados foram acondicionados em frascos de vidro apropriados e devidamente identificados, fornecidos pelo laboratório ENGEQUISA. As embalagens foram acomodadas em caixa de poliestireno (isopor) até a chegada ao laboratório, obedecendo o prazo de até 48 horas para a análise laboratorial (Figura 16).

**Figura 16:** Frascos de vidros com amostras de solo para ensaios no laboratório



Fonte: Autores (2021).

No laboratório da ENGEQUISA, localizado na rua Professor Carlos de Assis, 199, Vila Recreio, Betim – MG, o material foi analisado com vistas a determinação de parâmetros físico-químicos, definidos pela legislação em vigor, para a definição da contaminação

gerada pela decomposição do material orgânico em estudo. Os resultados obtidos foram comparados às tabelas de referências em vigor, definindo o grau de contaminação porventura existente.

Para verificar as propriedades físico-químicas das amostras do solo extraídas dos locais indicados e das sondagens de simples reconhecimento, foram definidos os parâmetros como condutividade elétrica, fósforo, matéria orgânica, DQO e pH.

Os métodos de ensaio utilizados no laboratório para determinar os resultados das amostras foram Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23<sup>nd</sup>. Edition, 2017(SM) e Environmental Protection Agency (EPA).

#### 4.6 Legislações ambientais consultadas

Para ajudar na interpretação das análises e na elaboração da discussão dos resultados foram consultadas legislações brasileiras em âmbito federal e estadual sobre o padrão de potabilidade da água para consumo humano e sobre padrão de qualidade de solo, água subterrânea e superficial conforme a Figura 17.

**Figura 17:** Legislações consultadas para realização da discussão dos resultados

<b>Tipo de amostra</b>	<b>Legislação</b>	<b>Intuito da Legislação</b>
Água subterrânea e superficial	Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
Água subterrânea	Resolução CONAMA no 396/2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
	Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
	Resolução CONAMA 368/2006	Altera dispositivos da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.

Solo	Resolução CONAMA nº 420/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
	Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011	Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos
	Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010	Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas.

Fonte: Adaptado pelos autores de Marques (2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antigamente, os cemitérios eram implantados em áreas fora do núcleo habitacional do município. Atualmente, esta prática não acontece com regularidade, seja porque a ocupação urbana chegou ao entorno do cemitério, seja porque a ocupação urbana cedeu espaço para implantação do cemitério naquele aglomerado.

Em cidades de pequeno porte, mais significativamente, ocorre o fato de não existirem estudos prévios desenvolvidos pelo poder público local considerando os critérios geológicos e hidrogeológicos preconizados por especialistas e pela Legislação em vigor, visando a proteção do meio ambiente e da saúde das comunidades ali existentes. Além do agravante de predominarem, nestas pequenas comunidades, tipos de sepultamento onde o caixão é depositado diretamente no solo, sem critérios de impermeabilização,

permitindo a percolação do necrochorume pelo solo, com potencial de atingir o lençol freático. E, completando o cenário de riscos, são comuns nestas localidades a existência de poços cacimba (cisternas) nas residências localizadas no entorno dos cemitérios.

Segundo Martins *et al.*, (1991)

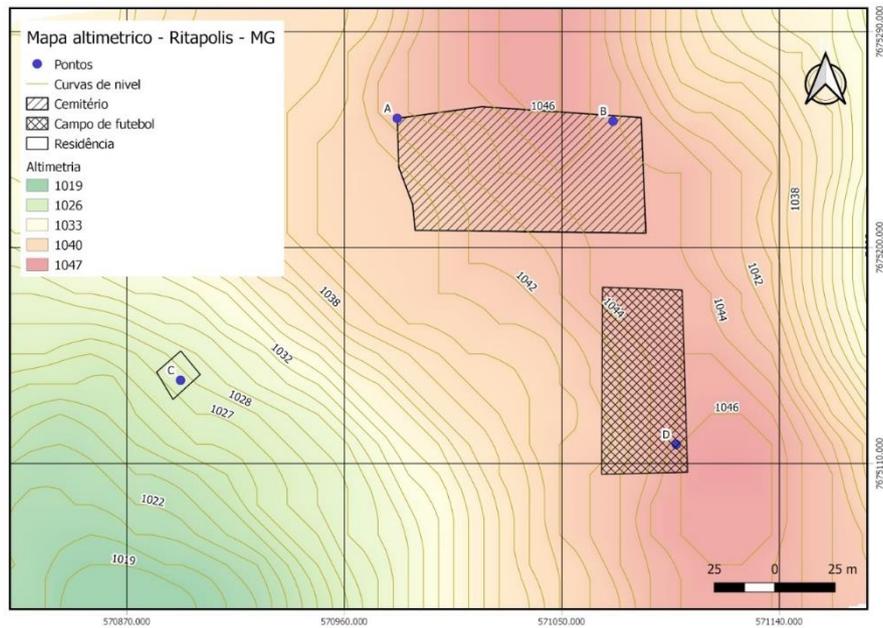
[...] a implantação dos cemitérios, sem levar em consideração os critérios geológicos (características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológicos (nível do lençol freático), constitui uma das causas de deterioração da qualidade das águas subterrâneas, pois substâncias e microrganismos provenientes de decomposição de cadáveres podem ter acesso às mesmas, representando um risco do ponto de vista sanitário e higiênico.

### **5.1 Mapas de referência**

Os dados de altimetria foram obtidos a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) provenientes do satélite Alos Palsar RTC disponíveis no site Asf. Alaska. MDEs são frequentemente utilizados para representar digitalmente a elevação da superfície da Terra possibilitando a geração de diversos subprodutos como declividades, curvas de nível, perfis, orientação de vertentes entre outros. O MDE utilizado neste trabalho tem resolução espacial de 12,5 metros por estar inserido entre as coordenadas 60° N e 57° S. (ASF 2021)

Com o MDE disponível para a região de estudo, foi possível gerar alguns subprodutos que auxiliaram no entendimento topográfico do local e assim, definir os locais de coleta de dados, obedecendo a inclinação do terreno e distâncias entre os pontos.

O primeiro subproduto gerado foi o Mapa Altimétrico constituído das curvas de nível para a região do cemitério, os pontos de coleta e seu entorno (Figura 18). O ponto A representa parte frontal do cemitério, o ponto B é o ponto de coleta na parte interna do cemitério, o ponto C a residência onde foi coletada a água e o ponto D representado pelo ponto de coleta do solo no campo de futebol. Optou-se por curvas com equidistância de 1 metro, sendo elas geradas por meio do software QGIS Desktop 3.4.12 with GRASS 7.6.1.

**Figura 18:** Mapa altimétrico

Fonte: Autores (2021).

A figura 19 apresenta a área de estudo com os pontos AB (Cemitério), D (Campo) e C (residência onde foi amostrada água da cisterna para análise).

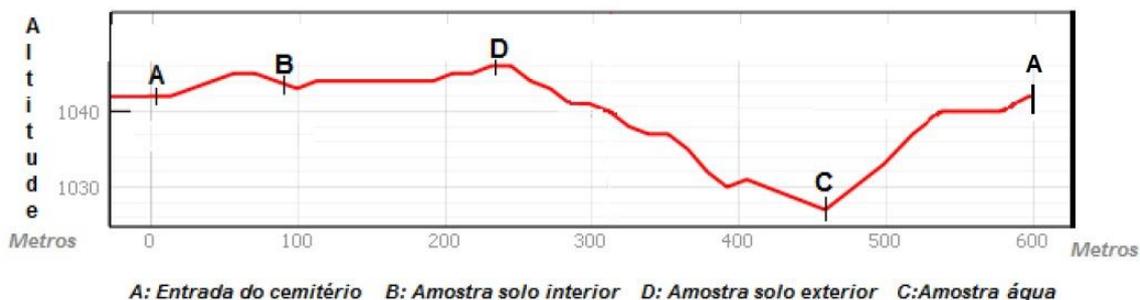
**Figura 19:** Área de estudo

Fonte: Autores (2021).

A definição dos pontos de coleta de solo e de água subterrânea obedeceu a fatores de acesso, proximidade (sepulturas) sendo amparados pela disposição topográfica, ou seja,

inclinação e distância entre os pontos e o cemitério. Utilizou-se neste estudo a técnica do perfil topográfico aliada a observação em campo como forma de auxiliar na escolha dos pontos. Um Perfil topográfico (Figura 20) permite representar os desníveis do terreno, através de um corte vertical na superfície em estudo, entre pontos previamente escolhidos. (FITZ 2000)

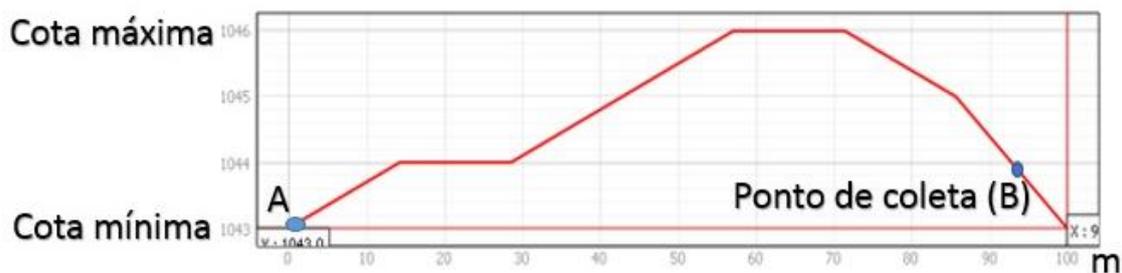
**Figura 20:** Perfil topográfico dos pontos de análise



Fonte: Autores (2021).

A figura 21 representa o perfil topográfico dentro da área do cemitério, corte AB, representando uma cota altimétrica mínima de 1043 m e máxima de 1046 m. O Ponto em azul no gráfico representa o ponto de coleta de solo na parte interna do cemitério, em uma cota altimétrica de 1044 metros.

**Figura 21:** Perfil topográfico do corte ponto AB



Fonte: Autores (2021).

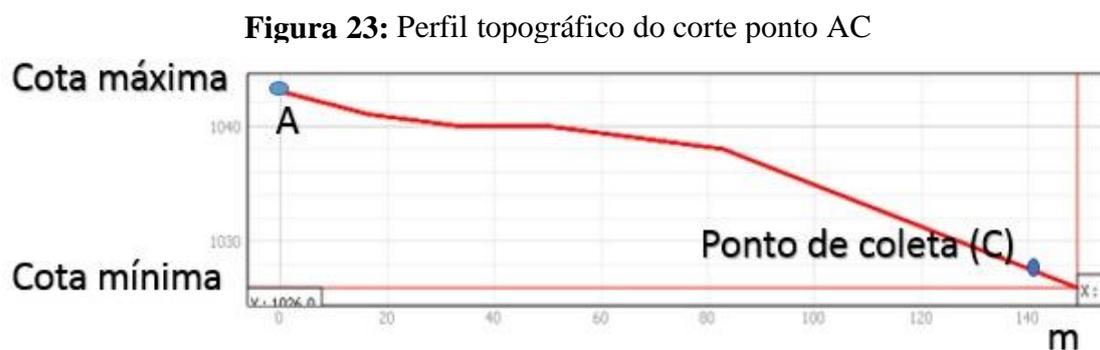
A figura 22 a seguir demonstra a variação de altitude entre os pontos B (ponto de amostragem dentro do cemitério) e ponto D (ponto de amostragem fora do cemitério, localizado em um campo de futebol). No ponto B foi registrada a altitude de 1044 m e no ponto D a altitude de 1046 m. A definição destes locais de amostragem do solo teve como meta a comparação da constituição, composição e qualidade do solo sem interferências entre os pontos de amostragem. Assim, o ponto D deveria estar topograficamente em nível mais elevado que o ponto B, tornando-se o ponto D o parâmetro definido como amostra

de branco, isto é, um solo limpo de interferência da possível poluição no ponto do interior do cemitério. Como ilustrado na Figura 22, pode-se observar que o ponto de coleta D está topograficamente mais elevado que o ponto B, validando esta comparação das constituições dos solos em questão.



Fonte: Autores (2021).

A próxima figura 23 representa o perfil de elevação do ponto A até o ponto C. Mostrando uma altitude máxima de 1043 m e mínima de 1026 m. O ponto azul representa o local de coleta da água, estando em um ponto mais baixo em relação ao cemitério. Estando de acordo com o desejado, pois a análise da água é para resultado de possíveis contaminações provenientes do necrochorume do cemitério.



Fonte: Autores (2021).

## 5.2 Caracterização do Cemitério Municipal de Ritópolis e seu entorno

Toda esta situação de não conformidade ambiental foi observada na área em estudo, sobressaindo sepulturas do tipo inumação e tumulação, sem impermeabilização do solo, inexistência de estudos geológicos e hidrogeológicos locais, e existência de poços de captação de água subterrâneas tipo cisternas em várias residências no entorno do cemitério.

O cemitério Municipal de Ritápolis foi construído em 1912 e, até o início do ano de 2021, em toda a área do cemitério, existem aproximadamente 850 sepulturas (Figura 24).

**Figura 24:** Entrada do Cemitério Municipal de Ritápolis



Fonte: Autores (2021).

Segundo o zelador responsável pelo cemitério estudado, a maioria dos sepultamentos são feitos, predominantemente, de três formas. Por inumação (Figura 25), que consiste na colocação do caixão em cova simples, aberta no solo com profundidade entre 1,2 m a 1,5 m. Neste tipo de sepultamento, o caixão é depositado diretamente em contato com o solo.

**Figura 25:** Sepultamento por inumação no Cemitério de Ritápolis



Fonte: Autores (2021).

Por tumulação, onde os enterros são feitos acima do nível do solo, em gavetas de alvenaria ou concreto. (Figura 26)

**Figura 26:** Sepultamento por tumulação no Cemitério de Ritápolis



Fonte: Autores (2021).

E, também, na forma de jazigos, constituindo construções executadas com placas pré moldadas ou tijolos, onde os corpos são sepultados. Esse espaço é composto normalmente por compartimentos abaixo do nível do solo com capacidade de uma urna em cada gaveta. (Figura 27)

**Figura 27:** Jazigos com construções pré moldadas no Cemitério de Ritápolis



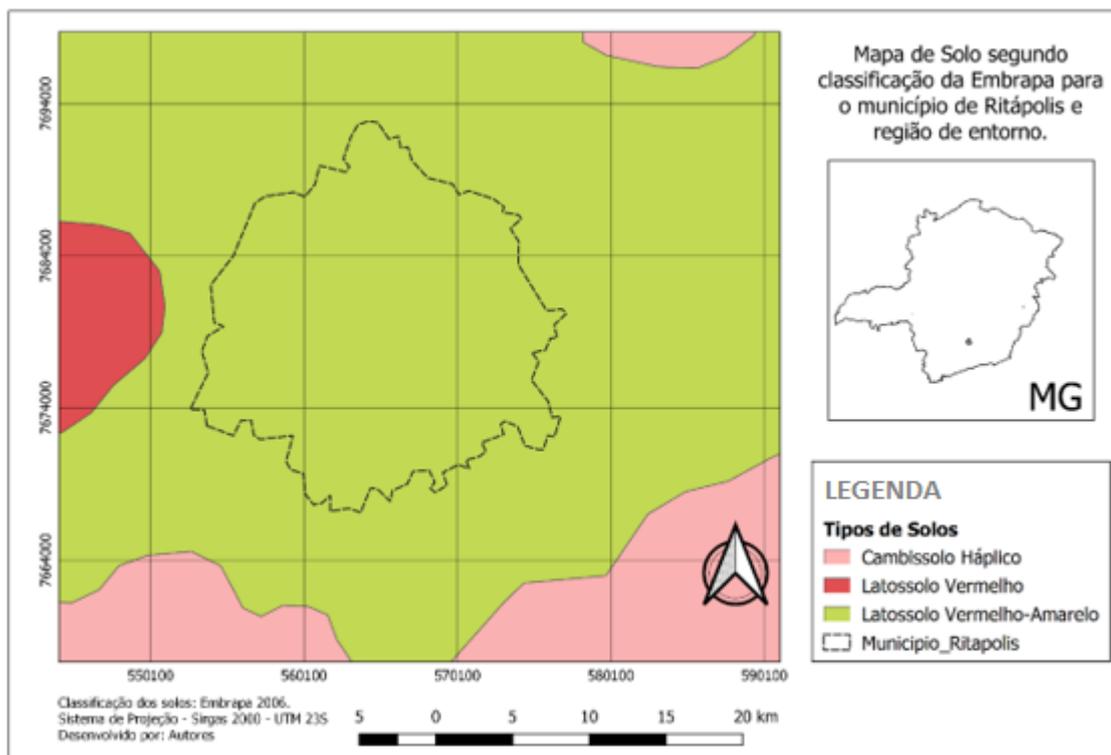
Fonte: Autores (2021).

Quanto ao entorno do cemitério, comprovou-se a existência de residências em um raio de 200 metros de seu perímetro. Estas residências constituem o bairro Tiradentes localizado a montante do cemitério e o bairro Rosário localizado a jusante do cemitério.

Essa região do entorno é caracterizada por baixa densidade demográfica. Segundo IBGE (2010), o município de Ritápolis possui densidade demográfica de 12,17 hab/Km<sup>2</sup>.

Na figura 28 tem-se a distribuição da caracterização do solo para o município de Ritápolis delimitado no mapa. Este mapa foi georreferenciado pelas autoras através do software QGIS Desktop 3.4.12 with GRASS 7.6.1. Na área do município e seu entorno em estudo, representada no centro do mapa pela área tracejada, comprovou-se *in loco* a presença de solo constituído de Latossolo Vermelho Amarelo. Esta classificação do solo nesta área do município está referenciada no Plano Municipal de Saneamento Básico de Ritápolis-MG, desenvolvido pela Universidade Federal de São João Del Rei-UFSJ em 2013, como parte integrante do Projeto contratado pelo Consórcio Intermunicipal de Gestão e Desenvolvimento Ambiental Sustentável das Vertentes – CIGEDAS, do qual o município de Ritápolis é um dos partícipes. De acordo com a EMBRAPA SOLOS (2006 apud UFSJ, 2013), o Latossolo Vermelho Amarelo é encontrado nas porções nordeste, central e leste do município de Ritápolis.

**Figura 28:** Caracterização do Solo para o município de Ritópolis e região de entorno



Fonte: Adaptado pelos autores de EMBRAPA (2006).

O IBAMA (2000), em seu diagnóstico para definição do Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ritópolis e seu entorno, representado pelos municípios de Tiradentes, São João del rei, Coronel Xavier Chaves, Santa Cruz de Minas e Resende Costa, descreve os vários tipos de solos presente neste entorno da FLONA, sendo um deles o tipo Latossolo Vermelho Amarelo. Descreve como um solo normalmente ácido, com baixa saturação por bases, distróficos ou álicos. Cita que a sequência de horizontes A, B, C apresenta pouca diferenciação de horizontes e transições usualmente difusas ou graduais. Quanto a cor do horizonte B, tem-se

O horizonte B tem aparência mais viva, as cores variando desde amarelas ou mesmo branco-acinzentadas até vermelho-escuro acinzentadas, nos matizes 2,5 YR a 10R, dependendo da natureza forma e quantidade dos constituintes (óxidos e hidróxidos de ferro) segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro da rocha de origem e se a hematita é herdada dele ou não. No horizonte C, comparativamente menos colorido, a expressão cromática é bem variável, mesmo heterogênea, dada a natureza mais saprolítica (IBAMA, 2000).

### 5.3 Resultados dos ensaios laboratoriais das amostras do solo

Para a análise dos parâmetros de contaminação do solo oriundos de atividades cemiterial, a legislação em vigor, em especial a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, Resolução CONAMA 368/2006, Resolução CONAMA nº 420/2009, Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 e Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, não tem especificados os valores máximos permitidos ou valores balizadores para as devidas interpretações do estágio da qualidade ambiental destes estratos físicos neste cenário.

Diante desta situação, considerando que o necrochorume é constituído de 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas tóxicas (KEMERICH, 2014B), definiu-se alguns parâmetros para serem usados na interpretação da qualidade ambiental do solo na área em estudo, compreendendo Condutividade Elétrica, DQO, Fósforo, Matéria Orgânica e pH.

Estes resultados dos ensaios realizados no laboratório da Engequisa estão apresentados na Figura 29. O laudo original, denominado Relatório de Ensaio Engequisa nº 2175/21, está representado no Anexo I.

**Figura 29:** Resultados dos ensaios laboratoriais do solo amostrado

<b>Parâmetros</b>	<b>Condutividade</b> ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	<b>DQO</b> ( $\text{mg}/\text{Kg}$ $\text{O}_2$ )	<b>Fósforo</b> ( $\text{mg}/\text{Kg}$ )	<b>Matéria Orgânica</b> ( $\text{mg}/\text{Kg}$ )	<b>pH</b>
<b>Solo Interior do cemitério</b>	27,15	79208	6,37	113574	7,74
<b>Solo Exterior do cemitério</b>	1980,60	72977	3,10	107900	6,10

Fonte/Adaptação: Relatório de Ensaio Engequisa Nº 2175/21, (2021).

De acordo com a Figura 29, a condutividade elétrica definida nos resultados das análises de laboratório totaliza 27,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no solo do interior do cemitério e 1980,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no

solo amostrado fora do cemitério (ponto branco) e, respectivamente, pH nos valores de 7,74 e 6,10.

Segundo Zanato (2016),

[...] o necrochorume possui sais minerais em sua composição. Quando os sais minerais se encontram dissolvidos em água formam os íons, e este por sua vez tem a capacidade de conduzir corrente elétrica, o que determina a condutividade elétrica. No entanto, este parâmetro não diferencia os íons presentes, mas é um indício de possíveis fontes poluidoras.

Castro (2004) cita que

“à condutividade elétrica é diretamente dependente de fatores como a umidade, concentração de sais e matéria orgânica e que, quando estes parâmetros permanecem iguais, os solos com teores de argila mais elevados conduzem mais eletricidade do que aqueles com textura mais arenosa”.

Baum (2018) escreveu que, na sua pesquisa, os maiores valores de condutividade elétrica foram encontrados em locais próximos a sepultamentos recentes. Segundo a autora, Dent (1995), também constatou o aumento da condutividade elétrica e sais minerais nas águas subterrâneas próximas a túmulos recentes. Já a  $\text{NH}_3$ , também indicativa de poluição recente, apresentou em alguns locais valores acima dos permitidos, e face a rápida migração nas águas subterrâneas, esse parâmetro não necessariamente precisa ser identificado em áreas de sepultamentos recentes (BAUM, 2018).

Segundo Kemerich et al., (2014B), o pH do solo também influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica. Para Sousa, Monteiro e Castro (2015), o potencial aumento do pH decorrente da alta proporção de íons de cálcio também pode ser esperado, além de eventual superação de concentrações de cloreto e sulfato, e presença de indicadores de matéria orgânica e indicadores bacterianos.

Estas afirmações de ambos os autores justificam o pH com maior valor encontrado na amostra coletada no interior do cemitério, relacionando a fase de esqueletização dos corpos sepultados com elevação de íons cálcio liberados nesta fase, além dos índices mais elevados da matéria orgânica (Figura 29).

De acordo com o mapa de caracterização do solo para o município de Ritópolis e região de entorno, o tipo de solo presente na região, caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de modo geral é ácido (PEREIRA et al., 2010). Da mesma forma, Pignataro

Netto (2008) afirma que Latossolos são solos fortemente ácidos. Assim, diante destas afirmações com relação à acidez deste tipo de solo e analisando os resultados obtidos nos ensaios de laboratório da amostra do interior do cemitério (Figura 29), tem-se um pH com valor 7,74 tendendo de neutro para alcalino e condutividade elétrica baixa, com valor de 27,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estes parâmetros também evidenciam a contaminação do solo na amostra do interior do cemitério por decomposição dos corpos ali sepultados.

Quanto ao elevado índice de condutividade elétrica no ponto externo da área do cemitério, pode-se atribuir à acidez do solo tratada anteriormente. Relaciona-se com a alta concentração de ferro e, secundariamente, alumínio, presentes no solo tipo Latossolo Vermelho Amarelo mapeado na região. No local, observou-se durante a atividade de amostragem a rigidez do solo para perfuração, com características próximas de um solo laterítico ferruginoso.

Para Andrade et al. (2010), nos solos ácidos, bactérias e vírus têm seus desenvolvimentos bastante reduzidos. Já no solo com pH igual a 7,4, Vidali (2001) sugere que o valor do pH próximo da neutralidade caracteriza maior predomínio de bactérias e de fungos no local contaminado e que os fungos são microrganismos mais eficientes que as bactérias na sobrevivência a condições ambientais adversas, como em teores extremos de pH (menor que 5 e maior que 10). Assim, o resultado do pH do solo no interior do cemitério próximo da neutralidade contribui na agilidade da decomposição dos corpos.

Para os resultados de matéria orgânica, o maior valor encontrado foi no interior do cemitério, de 113.574 mg/Kg. Para a área externa do cemitério, o valor amostrado foi de 107.900 mg/Kg. Esses resultados evidenciam maiores valores de matéria orgânica nas condições menos ácidas.

A Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde não apresentam valores regulatórios para o Fósforo Total relativo ao consumo humano. O fósforo é um elemento abundante no ambiente, contudo, não é encontrado em estado livre na natureza. Ocorre principalmente sob a forma de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) ligados a um cátion em compostos inorgânicos insolúveis (OLIVEIRA, 2012; apud BAUM, 2018).

Braum (2018) citando Mathess & Harvey (1982, apud SANTOS, 2000), escreve que, devido a ação dos microrganismos, a concentração de fosfatos deve ser baixa ( $< 0,5$  mg/L) em águas naturais, sendo que valores acima de 1,0 mg/L geralmente são indicativos de águas poluídas.

Os resultados obtidos para o fósforo nas amostras de solo nos ensaios realizados no laboratório da Engequisa totalizaram 6,37 mg/Kg no solo amostrado no interior do cemitério e de 3,10 mg/Kg na amostragem fora do cemitério. Estes resultados obtidos, considerados por Braum (2018) como indicativos de poluição, evidenciam alteração da qualidade do solo amostrado próximo da sepultura em comparação com o solo externo, além de apresentar, também, maior quantidade de matéria orgânica quando comparado ao solo amostrado na área externamente.

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) refere-se à quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico (BANDICK; DICK, 1999). É um indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica. Nos resultados obtidos, o valor da DQO encontrado no solo na parte interna do cemitério foi de 79208  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto fora do cemitério o valor totalizou 72977  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Tais valores explicam a maior presença de quantidade de matéria orgânica no solo coletado no interior do cemitério, proveniente de substâncias exsudadas por microrganismos e processos químicos vindos da matéria orgânica (SEGATO; SILVA, 2000).

#### **5.4 Resultados dos ensaios laboratoriais da amostra de água subterrânea**

Conforme discutido no item 5.2, a definição de valores máximos permitidos para as devidas interpretações de parâmetros indicativos do estágio da qualidade ambiental de solo e de água subterrânea, relacionados com atividades cemiterial, ainda não são partes integrantes da Legislação Ambiental em vigor no país.

No caso da água subterrânea, a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde facilita aos pesquisadores a análise de vários destes valores definidores da potabilidade desse recurso natural, permitindo uma insipiente comparação entre eles, sem abordar as relações naturais ou antrópicas da presença destes contaminantes. Dentre elas, as características geológicas e hidrogeológicas dos meios em estudo, condições climáticas e sua influência

na variação da profundidade do lençol freático, tipo de disposição nas sepulturas, contaminantes secundários relacionados com adornos, metais, produtos químicos medicinais, verniz nas urnas, etc., percolando o solo e atingindo a água subterrânea.

Cita-se Sousa, Monteiro e Castro (2015) como um exemplo de discussão referente ao tratamento de normas orientadoras relacionadas com contaminação em cemitérios, que escreve

[...] condicionar a liberação do uso do solo para atividades de sepultamentos, baseados unicamente em profundidades e distâncias arbitrárias sem maiores estudos entre a interação da carga contaminante e variados tipos de estratos de solo, parece uma prática condescendente proporcionada pela Resolução CONAMA 368/2006.

Ainda segundo Sousa, Monteiro e Castro (2015),

[...] a abordagem do perigo de contaminação envolve a interação entre a vulnerabilidade do aquífero à contaminação e a caracterização da carga contaminante aplicada no meio como resultado da atividade humana. O resultado dessa interação proporciona valores qualitativos de baixo, moderado ou alto perigo de contaminação da água subterrânea.

A Figura 30 apresenta os resultados dos ensaios laboratoriais da amostra de água subterrânea coletada em uma cisterna no interior de uma residência, próxima do cemitério em estudo. As análises foram realizadas nos laboratórios da empresa Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda, instalada no município de Betim-MG.

**Figura 30:** Resultados dos ensaios laboratoriais da água amostrada

Ensaio	Resultado	Unidade	Portaria MS 2914/11	CONAMA 357/05
Alcalinidade Total	13,1	mg/L CaCO <sub>3</sub>	NE	NE
Coliformes Fecais (Termotolerante- Qualitativo)	Ausência	P/A 100 ml	Ausência	NE
Coliformes Totais (Qualitativo)	Ausência	P/A 100 ml	Ausência	NE
Condutividade	107,1	µS/cm	NE	NE
DBO	<2,0	mg/L O <sub>2</sub>	NE	Até 5
Dureza Total	26,9	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500	NE
Nitrato	30,6	mg/L	10	10
pH	6	-	6,0- 9,5	6-9

Fonte/Adaptação: Relatório de Ensaios Engequisa Nº 2175/21, (2021)  
NE – Não especificado

### Condutividade elétrica

O necrochorume é composto por aproximadamente 30% de sais minerais. Quando esses sais se encontram dissolvidos na água, formam íons que possuem a capacidade de conduzir corrente elétrica, ou seja, o que determina a condutividade elétrica. Esse parâmetro não diferencia os íons presentes, mas é o indicio de possíveis fontes poluidoras. (ZANATO, 2016)

Löbler, Borda e da Silva (2015) sugerem que *“quanto maior o teor de sais maior será o valor de condutividade elétrica da água subterrânea, tornando-se este um indicativo de salinização ou dissociação de sais do solo”*.

Segundo Rosa e Ucker (2019),

[...] um condicionante que influencia a concentração de íons presentes na água é o nível do lençol freático, já que em níveis elevados de precipitação ocorre a lixiviação da fonte poluidora, acarretando na solubilização dos íons, influenciado pelo gradiente de infiltração no solo.

Desta maneira o nível do lençol freático influencia diretamente na condutividade elétrica da água subterrânea quando em contato com a pluma de contaminação do necrochorume, enquanto que o pH apresenta valores baixos devido a maior quantidade de íons de hidrogênio presente na água (ROSA; UCKER, 2019).

Oliveira e Gontijo (2011), no desenvolvimento de trabalhos em dois cemitérios visando pesquisar os indicadores de qualidade química, física e biológica de solos como critérios de definição de localização de cemitérios, concluíram que

[...] o nível do lençol freático influencia na condutividade elétrica ora favorecendo o enriquecimento da água subterrânea com sais ora solubilizando os mesmos, além do que se notou também que o aumento do nível do lençol freático possibilitou a acidificação da água. Com isto, ressalta-se que os resultados obtidos são indicativos da contaminação por necrochorume, visto que, o cemitério estudado não possui tratamento dos resíduos gerados.

Na amostra do poço cisterna foi encontrado um valor de condutividade elétrica de 107,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , conforme figura 30. Nesta análise, valores acima 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam altos teores de sais dissolvidos ionizados, podendo as mesmas estarem contaminadas (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

### **Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO**

A DBO é um parâmetro importante e mais utilizado para determinar qualidade de água, pois a ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água (ANA, 2016).

De acordo com o CONAMA 357/05 o valor máximo de DBO permitido é de 5 mg/L O<sub>2</sub>. Assim, a amostra de água subterrânea da cisterna analisada na Engequisa, que registrou o valor menor que 2,0 mg/L O<sub>2</sub>, encontra-se abaixo do limite máximo de referência permitido.

### **Nitrato**

A presença do nitrato nas águas subterrâneas é comum em pequenas quantidades, porém em maiores concentrações podem indicar uma possível contaminação.

O poço cisterna amostrado apresentou valor de 30,6 mg/L de nitrato. Esse valor encontrado é um valor superior ao valor máximo permitido (VMP), definido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde como sendo 10 mg/L para o consumo humano. Sendo assim, o resultado da análise desta amostra de água subterrânea confirmou a presença de contaminantes neste poço cisterna.

A toxicidade química do necrochorume diluído na água freática relaciona-se aos teores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio e aminas. O necrochorume no meio natural decompõe-se e é reduzido a substâncias mais simples e inofensivas, ao longo do tempo (ROMANÓ, 2005).

Segundo Kemerich et al, (2014B),

[...] o  $\text{NO}_3^-$  (Nitrato) é uma das formas inorgânicas do nitrogênio no solo e, juntamente com o  $\text{NH}_4$ , constitui produto final da mineralização do nitrogênio orgânico, contido em qualquer resíduo orgânico após adição ao solo. Ao longo do tempo, pode atingir o lençol freático e os corpos de água por ele alimentados, tornando-se este um grande problema de contaminação ambiental, uma vez que os maiores valores ocorreram nas amostras superficiais. Assim, os compostos podem ser facilmente lixiviados e carregados aos recursos hídricos superficiais.

Em função dessa contaminação, a água poderá ter as suas características alteradas, podendo causar danos à saúde humana se consumida, pois o  $\text{NO}_3^-$  possui ação na síntese de nitrosaminas e nitrosamidas no estômago humano (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997; apud KEMERICH et al, 2014B).

Segundo Barros et al. (2008), estes compostos de nitrogênio em contato com os recursos hídricos (superficiais e subterrâneas) se tornam fontes de problemas relacionados à saúde pública, sendo que o mesmo pode reagir com o Ferro II e ser fonte de uma doença conhecida como metemoglobina, conhecida também como “síndrome do bebê azul”.

## **pH**

O resultado da análise de laboratório determinando o pH da amostra da água subterrânea coletada no poço cisterna, localizado a jusante do cemitério em Ritópolis, tendo como referência a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, encontra-se dentro da faixa aceitável para definição do índice de potabilidade para fins de consumo humano (Figura 30). O resultado totalizou o pH no valor de 6,0. Os limites de pH para potabilidade da água subterrânea estabelecidos na Portaria 2914/2011 encontra-se no intervalo entre 6,0 – 9,5. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite entre 6,0 – 9,0.

Porém, de acordo com Carvalho et al. (2015), valores de pH com tendências ácidas, como registrado neste caso, pode ser indício de contaminação de águas subterrâneas.

Segundo Rosa e Ucker (2019), “o nível do lençol freático influencia na condutividade elétrica e pH devido as variações da condutividade elétrica e acidificação do pH, sendo assim um indicativo da contaminação da água subterrânea por *necrochorume*”.

Kemerich et al., (2014B) observaram em suas pesquisas relacionadas com alterações químicas em solo ocupado por cemitério horizontal no norte do Rio Grande do Sul, que os maiores valores de pH estão presentes nos pontos de menores cotas topográficas, evidenciando a relação do parâmetro com o fluxo superficial e subsuperficial da água. Estes autores, citando o trabalho de autoria de Dent et al. (2004), colocam que

[...] as condições adequadas para a formação de nitrito e nitrato por bactérias nitrificantes, incluem valores favoráveis de pH no meio, devido as mesmas serem muito sensíveis a este parâmetro. As *Nitrobacter* spp. preferem um pH entre 5 e 8, enquanto as *Nitrossomonas* spp. preferem pH entre 7 e 9. Portanto, o pH é um elemento importante também na decomposição pelas bactérias nitrificantes.

### **Alcalinidade e Dureza Total**

Castro (2008), em seu trabalho de pesquisa referente à caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, localizado em Fortaleza – CE, desenvolveu diversas análises físico-químicas em amostras coletadas em áreas externas e internas do referido cemitério.

Um dos parâmetros analisados foi a alcalinidade total média da água subterrâneas, que registrou valores de 231 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Segundo o autor, a região externa do cemitério apresenta valores de alcalinidade maiores que no seu interior, caracterizando um ambiente menos alcalino nas áreas de sepultamento.

Comparando os resultados de alcalinidade obtidos por Castro (2008) com o resultado levantado na amostra de água de Ritópolis, no valor de 13,1 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, conclui-se que a amostra de Ritópolis caracteriza um ambiente com alcalinidade muito inferior.

Da mesma forma, acompanhando a baixa alcalinidade, o resultado da análise de dureza total em Ritópolis registrou valor de 26,9 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Castro (2008) registrou, no geral, uma dureza total de 221,6 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

Esta baixa alcalinidade e baixa dureza total detectadas na água coletada no poço cisterna em Ritópolis, caracterizando uma ínfima presença de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), está coerente com o valor do pH, registrado como 6, confirmando um ambiente tendendo para ácido. Se, ao contrário, o teor de  $\text{CaCO}_3$  fosse mais significativo, o pH tenderia para um ambiente com maior basicidade, superior a 7.

### **Indicadores Microbiológicos**

Os resultados dos ensaios laboratoriais para detecção de indicadores microbiológicos, analisados na água subterrânea amostrada no poço cisterna, não identificaram a presença de Coliformes Fecais (Termotolerante - Qualitativo) e Coliformes Totais (Qualitativo). O resultado foi registrado como “Ausente”, conforme consta na Figura 30 e no Relatório de Ensaio Engequisa nº 2174/21, de 15/02/2021. (Anexo II)

## 6 CONCLUSÃO E SUGESTÕES

### 6.1 Conclusões

A linha mestra desta pesquisa acadêmica no âmbito deste Trabalho de Conclusão de Curso - TCC foi avaliar a possível contaminação físico-química e microbiológica do solo e da água subterrânea através da coleta de amostras localizadas dentro e fora do cemitério no município de Ritápolis-MG, levantando os danos potenciais aos meios físicos e consequentes riscos à saúde humana em função da forma de sepultamento.

Foram implementadas as seguintes atividades de pesquisa:

- Pesquisa bibliográfica e caracterização ambiental da área do diagnóstico.
- Avaliação das condições ambientais gerais do cemitério segundo os requisitos estabelecidos pelas Resoluções CONAMA nº 335/2003, nº 386/2006, nº402/2008.
- Revisão sistemática para subsidiar a determinação dos parâmetros utilizados e do laboratório contratado para a execução do diagnóstico.
- Realização de amostragens de solo e água nos limites interno e externo do cemitério.
- Análise dos resultados dos ensaios físico-químicos e microbiológicos realizados nas amostras do solo e água coletados nesta pesquisa no cemitério.

As discussões dos resultados dos respectivos ensaios de laboratório destas amostras de solo e água subterrânea, discorridas no capítulo anterior, subsidiaram esta análise e a conclusão acerca dos indícios interpretados como possível potencial de contaminação desses extratos físicos na área em estudo.

Esta análise confirmou que o tipo de solo presente no interior do cemitério do município de Ritápolis e no seu entorno, caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo, de modo geral, é um tipo de solo que apresenta pH ácido. Esta acidez é influenciada, dentre outros fatores, pela concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e, secundariamente, alumínio, presentes em sua composição química (IBAMA, 2000; EMBRAPA, 2006 apud UFSJ, 2013).

Os resultados dos ensaios de laboratório nas duas amostras do Latossolo Vermelho Amarelo, uma do interior do cemitério (PA-1) e outra fora dos seus limites (PA-2), registraram valores distintos de pH, condutividade elétrica e presença de matéria orgânica

entre os dois pontos de coleta, diferentes do esperado para este tipo de solo analisado. No interior do cemitério (PA-1), o valor de pH do solo detectado foi de 7,74, tendendo de pH neutro para alcalino, e a condutividade elétrica registrou o valor de 27,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo estes índices não compatíveis em solos com acentuada presença de ferro em sua composição química. Soma-se a estes parâmetros neste ponto, a maior presença de matéria orgânica. No ponto PA-2, externo à área do cemitério, o pH de 6,10, o índice de condutividade elétrica no total de 1980,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e a menor presença de matéria orgânica confirmaram nos ensaios valores de acidez mais compatíveis com este tipo de solo, associando esta amostra à não interferência de processos de decomposição orgânica.

Ao analisar esses resultados, da mesma forma que descrito por Kemerich et al. (2014B) e Sousa, Monteiro e Castro (2015), é possível relacionar o pH do ponto de amostragem PA-1, com maior valor (7,74), à fase de esqueletização dos corpos sepultados, com elevação de íons cálcio liberados nesta fase, elevando o pH de neutro a básico. Soma-se a esta agregação do íon cálcio, o teor mais elevado da matéria orgânica nesta respectiva amostra do cemitério (PA-1), totalizando 113.574 mg/Kg. Na amostra externa (PA-2), o teor de matéria orgânica totalizou 107.900 mg/Kg.

Daí, com base na análise destes dois parâmetros no ponto de amostragem PA-1, pH mais elevado e matéria orgânica em maior quantidade, tem-se evidências de contaminação do solo pela decomposição dos corpos ali sepultados. No ponto de amostragem externo ao cemitério, a inexistência de corpos em fase de esqueletização e, conseqüentemente, sem a contribuição de elementos mais básicos, como o íon cálcio, por exemplo, caracterizou um solo com maior acidez. Esta amostra, identificada como amostra de branco, coletada em local sem interferência de contaminantes relacionados com atividades cemiterial, distante aproximadamente 85 metros do cemitério, teve a função de determinar o *background* do solo para os parâmetros analisados.

Esta interpretação de contaminação do solo amostrado nas proximidades da sepultura em Ritópolis é corroborada pelos estudos de Andrade et al. (2010) que afirmam que nos solos ácidos, bactérias e vírus tem seus desenvolvimentos bastante reduzidos. Da mesma forma, Vidali (2001) sugere que em solos com valor de pH próximo da neutralidade ocorre maior predomínio de bactérias e de fungos no local contaminado, caracterizando também a

maior presença de matéria orgânica. Assim, o resultado do pH do solo no interior do cemitério próximo da neutralidade contribui na agilidade da decomposição dos corpos.

Os resultados obtidos para o fósforo nas amostras do solo resultaram em teor de 6,37 mg/Kg no solo amostrado no interior do cemitério (PA-01) e 3,10 mg/Kg registrados na amostra fora do cemitério (PA-02). A Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde não apresentam valores regulatórios para o Fósforo Total no solo relativo ao consumo humano.

Segundo Oliveira (2012; apud BAUM, 2018), o fósforo é um elemento abundante no ambiente, contudo, não é encontrado em estado livre na natureza. Ocorre principalmente sob a forma de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) ligados a um cátion em compostos inorgânicos insolúveis.

Braum (2018) citando Mathess & Harvey (1982, apud SANTOS, 2000), escreve que, devido a ação dos microrganismos, a concentração de fosfatos deve ser baixa ( $< 0,5$  mg/L) em águas naturais, sendo que valores acima de 1,0 mg/L geralmente são indicativos de águas poluídas.

De acordo com Üçisik & Rushbrook (1998 apud MARQUES, 2017), o corpo humano de um adulto de 70 kg contém, dentre vários constituintes, aproximadamente 500 g de fósforo. Para Sperling (2014) o fósforo pode possuir origem pela decomposição da matéria orgânica, mas não publicou teores de referência.

Marques (2017), em sua Dissertação de Mestrado abordando diagnóstico ambiental de solo, água subterrânea e superficial no entorno do Cemitério Municipal Parque Cachoeira em Betim-MG, em sete amostragens, levantou os seguintes resultados para fósforo: em duas amostras no interior do cemitério obteve teores de 90,85 mg/Kg (S-5) e 51,95 mg/Kg (S-6); em cinco amostras fora do limite do cemitério obteve teores 89,48 mg/Kg (S-1), 45,74 mg/Kg (S-2), 58,81 mg/Kg (S-3), 102,28 mg/Kg (S-4) e 133,98 mg/Kg (S-7). Segundo ele, na área testemunha (amostra de branco), o valor alcançado de 102,28 mg/Kg, em comparação com os demais valores obtidos no interior do local de estudo e do seu entorno, não evidenciam alteração da qualidade do solo devido à operação de

cemitério. O autor constatou, ainda, que as maiores concentrações de fósforo ocorreram quando houve maiores concentrações de amônia.

Kemerich *et al.* (2012 apud MARQUES, 2017), escreveu que a toxicidade química do necrochorume diluído na água freática relaciona-se aos teores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados e aminas.

Assim, ao comparar os resultados do teor de fósforo no solo levantados em Ritápolis com os teores obtidos por Marques (2017) no cemitério de Betim, concluiu-se que os teores em Ritápolis são muito inferiores aos teores levantados em Betim. Mas, mesmo com teores inferiores, ficou evidente que em Ritápolis o teor de fósforo na amostra do cemitério (6,37 mg/kg) é superior ao teor de fósforo da amostra fora deste cemitério (3,10 mg/kg), evidenciando maior presença deste elemento químico na área próxima às sepulturas.

Para os resultados de Demanda Química de Oxigênio (DQO) o valor encontrado no solo na parte interna do cemitério foi de 79208  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto fora do cemitério o valor totalizou 72977  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Tais valores explicam a maior presença de quantidade de matéria orgânica no solo coletado no interior do cemitério (PA-01), proveniente de elementos oriundos da decomposição corpórea. Tal fato também corrobora o entendimento da existência de contaminação do solo amostrado próximo à sepultura (PA-01).

Com relação à pesquisa da qualidade da água subterrânea na área em estudo, este projeto de TCC implementou a coleta da água subterrânea em um poço cisterna, localizado no quintal de uma residência a jusante do, distante aproximadamente 100 metros dos limites do cemitério.

Os valores do pH igual a 6, levemente ácido, e do índice de condutividade elétrica no valor de 107,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , considerado elevado, reforçaram a existência de influência de contaminação na composição desta água do poço cisterna. Segundo Buzelli e Cunha-Santino (2013) a condutividade elétrica com valores superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam elevados teores de sais dissolvidos ionizados, evidenciando a possibilidade de o meio estar contaminado.

O teor de 30,6 mg/L  $\text{NO}_3^-$  do nitrato, encontrado nos resultados do laboratório, é superior ao valor máximo permitido (VMP) para este elemento na água subterrânea utilizada para consumo humano, definido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Com vista a potabilidade desta água subterrânea o VPM regido por esta Portaria estabelece o teor máximo de 10 mg/L de nitrato. Neste caso, com base no VMP citado, pode-se considerar a presença de contaminantes neste poço pesquisado. Mas, os valores elevados de nitrato podem ter outras formas de contaminação além do nitrato, como por exemplo, a inexistência de esgotamento sanitário na área estudada. Assim, são necessários estudos complementares para definir a possível intervenção do cemitério neste corpo hídrico.

As irregularidades encontradas na área estudada indicam que, mesmo com pouca intensidade, a qualidade da água subterrânea pautada nos parâmetros pH, condutividade elétrica, teor de nitrato indicam potencial de alteração química relacionada às atividades cemiterial.

Outro parâmetro analisado na amostra de água subterrânea foi a DBO. A demanda bioquímica de oxigênio é considerada um parâmetro importante e mais utilizado para determinar qualidade de água, pois a ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água (ANA, 2016). É, também, importante na pesquisa de poluição da água subterrânea por registrar que quanto maior a DBO, maior é a atividade microbiológica do solo (SEGATO; SILVA, 2000; OLIVEIRA, 2008; apud OLIVEIRA e GONTIJO, 2011).

No Capítulo 5 foi mencionado que, de acordo com o CONAMA 357/05, o valor de concentração máximo de DBO permitido é de 5 mg/L  $\text{O}_2$ . Na amostra de água subterrânea do poço em Ritópolis, a concentração de DBO encontrada foi menor que 2,0 mg/L  $\text{O}_2$ . Esta concentração encontra-se abaixo do limite máximo de referência permitido.

## **6.2 Relevância da Pesquisa**

Os cemitérios, como qualquer outra instalação que afete as condições naturais do solo e das águas subterrâneas, são classificados como atividade com risco de contaminação ambiental (KEMERICH; UCKER; DE BORBA, 2012).

De acordo com Kemerich et al. (2014B) a problemática envolvendo os cemitérios agrava quando as necrópoles se encontram em áreas propensas à contaminação, já que a maioria dos cemitérios brasileiros são localizados em locais inadequados e a população faz uso da água subterrânea por meio de poços rasos.

Os sepultamentos de corpos humanos na maioria dos municípios brasileiros são feitos predominantemente por inumação, que consiste na colocação do caixão em cova simples aberta no solo, com profundidade variando entre 1,2 m a 1,5 m. Essas atividades cemiteriais impactam o solo e o lençol freático devido à infiltração e percolação do necrochorume em locais sem tratamento adequado. Estando o lençol freático em contato com a pluma de contaminação ocorre a solubilização dos íons presentes no necrochorume, favorecendo o enriquecimento de sais e alterando a qualidade da água subterrânea, além de contribuir com a proliferação de microrganismos patogênicos. Soma-se aos fatores relacionados à decomposição da matéria orgânica, outros riscos ambientais como a introdução de contaminantes durante a preparação do corpo através da utilização de produtos químicos de alto poder de contaminação dos meios físicos, adornos da urna funerária contendo metais pesados e outros, verniz da madeira com composição química carcinogênica e tóxica, além de outros compostos químicos relacionados a tratamentos agressivos contra câncer e outras doenças terminais, que irão percolar o solo e atingir a água subterrânea no local.

Segundo Kemerich et al. (2014B), a inexistência de medidas de proteção ambiental no sepultamento de corpos humanos em covas abertas no solo ao longo de muitas décadas, fez com que a área de muitos cemitérios fosse contaminada por diversas substâncias, orgânicas e inorgânicas, e por microrganismos patogênicos.

Apesar de ser recente o desenvolvimento da legislação que contempla este sistema cemiterial como um todo, a grande maioria dos municípios, principalmente os de pequeno porte como Ritópolis, não possuem estrutura física, tecnológica e profissional para implementar os preceitos hoje legislados.

Diante deste hiato entre o cumprimento da legislação e a aplicação do conhecimento tecno-científico e ambiental em sua ampla formatação, incluindo fundamentos de geologia, meio ambiente, química, biologia, área contaminada, elementos patogênicos à

saúde pública e, também, respeitando a cultura religiosa em suas distintas peculiaridades disseminadas em cada comunidade no interior do país, buscou-se implementar um Trabalho de Conclusão de Curso-TCC com uma amplitude além da simples produção de conhecimento acadêmico, produzindo resultados ao aplicar este conhecimento em favor de uma sociedade distante desta ciência.

A escolha da cidade de Ritápolis-MG resultou da conjugação de várias premissas, dentre elas, ser um município pequeno, ter um cemitério não conforme com a legislação vigente para este tipo de empreendimento, ter a parceria e entusiasmo de representantes do poder público local facilitando a execução do projeto acadêmico, ser uma área com potencial de contaminação por necrochorume face à tipologia do sepultamento, ser possível coletar amostra de água subterrânea em poços de captação de água subterrânea do tipo cisterna instalados em residências localizadas no entorno e próximas do cemitério, ser berço natal de uma das autoras envolvida, dentre outros pré-requisitos.

Finalizando, acredita-se que a relevância deste projeto está no resultado obtido com o desenvolvimento da pesquisa, com ênfase em ações relacionadas aos contatos iniciais com o funcionários da prefeitura visando formar uma parceria para o cumprimento do programa proposto, a atividade de amostragem *in loco*, preparação das amostras *in loco* para encaminhamento ao laboratório, análise e entendimento dos resultados dos ensaios de laboratório e a confirmação de indícios de contaminação no solo no interior do cemitério e na água subterrânea amostrada em uma cisterna em uso na residência, contaminação esta desconhecida do poder público e dos moradores locais.

Estes resultados serão repassados para o representante da prefeitura local para que possam subsidia-lo no gerenciamento desta área potencialmente impactada. Dentre estas providências iniciais, serão orientados a aprofundarem as análises da qualidade das águas das cisternas nas residências no entorno do cemitério, privilegiando num primeiro instante o grau e a origem da contaminação.

### **6.3 Sugestões para o futuro**

Mesmo com a publicação da Resolução CONAMA 368/2006 criando instrumentos regulamentadores para a atividade cemiterial, ainda existem problemas significativos relacionados com os impactos dos cemitérios nas cidades. Dentre as várias justificativas,

destaca-se a pouca importância atribuída pelas autoridades à legislação ambiental e à fiscalização que atualmente regem os cemitérios e suas atividades, seja motivada pelo desconhecimento científico, seja pela dificuldade financeira, seja pelo respeito aos preceitos culturais e religiosos dos cemitérios em toda a humanidade.

O gerenciamento ambiental do cemitério e seu entorno se complementa com o domínio dos perigos e riscos neste ambiente de transformação da matéria orgânica e suas consequências para a população. Para isto, o monitoramento dos efeitos provocados pela decomposição corpórea no solo e no sistema hídrico e a intervenção técnica visando minimizar a contribuição do sistema para a contaminação da área envolvida, minimizará os danos à saúde pública local. Tais ações irão subsidiar tecnicamente os estudos e análise de risco e, comprovada a contaminação, facilitar a implementação de projetos de remediação da área impactada, atentos continuamente à proteção dos usuários da água e do solo.

Tendo como referência os estudos desenvolvidos neste TCC, cujos resultados acusaram a existência de contaminantes na área em estudo, sugere-se que sejam desenvolvidos outros trabalhos complementares visando o controle mais abrangente da situação ambiental envolvendo a área de interferência do cemitério em Ritópolis.

Os trabalhos práticos programados pelo projeto esbarraram em dificuldades, influenciadas pela inexistência de verba financeira necessária para a execução de um espectro maior de análises químicas das amostras de solo e água, coletadas no desenvolvimento da amostragem de campo. Estas amostras não realizadas são importantes na caracterização mais ampla da pluma de contaminação, da sua origem e de sua distribuição, em especial no entorno do cemitério. Salienta-se que a limitação no número de análises de laboratório não impediu o projeto acadêmico de identificar e comprovar a existência de contaminantes. Mas, ficou a certeza de que outros parâmetros deverão ser pesquisados, qualificados e quantificados, delimitando e caracterizando a pluma de contaminação relacionada com o aporte de necrochorume no ambiente, incluindo também a detecção de metais pesados, substâncias químicas de origem medicamentosa ou de adornos, dentre outros.

Conscientes da necessidade do desenvolvimento de novas etapas de pesquisa, ficam registradas a título de contribuição para outros trabalhos, as seguintes sugestões:

- Aumentar a área de amostragem no entorno do cemitério de Ritápolis.
- Pesquisar e analisar um conjunto maior de parâmetros físico-químicos e biológicos relacionados com área contaminada por necrochorume.
- Aumentar o número de pontos de amostragens de solo e de água subterrânea na área em estudo.
- Ampliar o número de poços para amostragem de água subterrânea no interior do cemitério.
- Comparar os índices de contaminação das amostras de água subterrânea coletadas nas cisternas das residências com os índices de contaminação das amostras de água subterrânea coletadas no interior do cemitério.
- Realizar amostragens de solo e de água subterrânea em período com maior volume de precipitação e em período caracterizado por estiagem.
- Considerando as diversas interferências naturais e antrópicas, realizar amostragem de solo e de água subterrânea próximo a sepulturas com pouco tempo de enterramento, médio tempo de enterramento e enterramento mais antigo, visando definir o comportamento da pluma de contaminação no terreno do cemitério em função de tempos diferentes de decomposição.
- Amostrar maior quantidade de poços cisternas, localizados em pontos diferentes no entorno do cemitério, com o objetivo de levantar o grau de interferência dos contaminantes em cada poço.
- Quanto à estrutura operacional do cemitério, sugere -se que os sepultamentos por inumação no solo, mais propícios à contaminação pelo necrochorume, sejam substituídos por tumulação, com o fundo dos túmulos impermeabilizados, atendendo à legislação vigente com vistas à proteção e preservação do solo e das águas subterrâneas e da população local.

Considerando que nesta investigação acadêmica, parte integrante do projeto de Trabalho de Conclusão de Curso-TCC, foi constatada a presença de contaminantes na água do poço cisterna coletada na residência vizinha ao cemitério, torna-se importante algum

representante da Prefeitura de Ritópolis comunicar ao proprietário desta cisterna e aos demais moradores detentores de outras cisternas em suas residências nesta região, que há risco potencial de contaminação na água usada para o consumo residencial. Define-se como risco potencial devido a necessidade de desenvolver a etapa de investigação confirmatória do estágio de contaminação por ventura existente.

Após comunicar os envolvidos, sugere-se programar a implementação de trabalhos complementares para a confirmação da situação ambiental *in loco*, compreendendo a investigação confirmatória de contaminação da área de influência do cemitério. Além desses trabalhos de remediação da contaminação, recomenda-se a implantação de poços de monitoramento do solo e da água subterrânea no interior do cemitério e no seu entorno visando controlar a qualidade destes meios físicos.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Brasília, 2005a.** Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/>> Acesso em: 25 out. 2019.

ANDRADE, Juliano de Almeida; AUGUSTO, Fabio; JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química Journal**, [S.L.], v. 35, n. 3, p. 17, 17 jan. 2018. *Eclética Química Journal*. <http://dx.doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v35.3.2010.p17-43>.

ARCE, Funerária. **Conheça os tipos de cemitério: Horizontal, Vertical, Ecológico e Parque.** 2018. Disponível em: <<https://www.funerariaarce.com.br/tipos-de-cemiterios/>>. Acesso em: 14 set. 2019.

ASF. **ASF Home Page.** 2021. Disponível em: <https://asf.alaska.edu/>. Acesso em: 15 fev. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – ABAS. **Contaminação e Remediação de Águas Subterrâneas.** Disponível em: <<https://www.abas.org/educacao/contaminacao-e-remediacao-de-aguas-subterraneas/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

BACIGALUPO, Rosiane. **Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais.** Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2011

BANDICK, A. K.; DICK, R. P. **Field management effects on soil enzymes activities.** *Soil biology & biochemistry*, USA, n. 31, p. 1471-1479, 1999.

BARROS, Y. J.; MELO, V. D. F.; ZANELLO, S.; ROMANÓ, E. N. D. L.; LUCIANO, P. R. 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, n.4, p.1763-1773,2008

BATISTA, Flavio Souza. Riscos ambientais do complexo de cemitérios Quinta dos Lázarus, Salvador, Bahia, Brasil. **Cadernos de Geociências**, Bahia, v. 12, n. 1-2, p.42-55, maio 2015.

BERDOLDI, Guilherme Lima. **Contaminação de Solos por Compostos do Necrochorume.** 2014. 76 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Metodista, São Bernardo do Campo, 2015. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/contaminacao-de-solos-por-compostos-donecrochorume/4856479/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 368, de 028/03/2006. **Dispõe sobre licenciamento ambiental de cemitérios.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 402, de 17/11/2008. **Altera os artigos 11 e 12 da Resolução n° 335, de 3 de abril de 2003.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 335, de 03/04/2003. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 396, de 03/04/2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 420, de 28/12/2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.**

BRAUM, Camila Angélica. **Impactos Ambientais no Solo e na Água Subterrânea Ocasionalmente por Cemitérios Públicos Urbanos De Lages** - sc. 2018. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina – Udesc, Lages, 2018, 2018.

BUZELLI, Giovanna Moreti; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi da. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 185-205, 2013. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>

CAMPOS, Ana Paula Silva. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso Saúde Pública, Avaliação do Potencial de Poluição no Solo e nas águas Subterrâneas Decorrente da Atividade Cemiterial, São Paulo, 2007.

CARMO, Marcos Roberto da Silva do. **Cemitério da Consolação: interdisciplinaridade na arte tumular como expressão social dos grupos economicamente dominantes em São Paulo**. 2019. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Humanas, Universidade de Santo Amaro, São Paulo, 2019.

CARNEIRO, Victor Santos. **Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública**. Universidade Federal da Bahia. Departamento de Engenharia Ambiental. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/21956>. Acesso em: 20 jan.2021.

CARVALHO, Fabio Israel M.; LEMOS, Vanda P.; DANTAS FILHO, Heronides Adonias; DANTAS, Kelly das Graças F. Assessment of Groundwater Quality from the Belém Based on Physicochemical Parameters and Levels of Trace Elements Using Multivariate Analysis. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 2221-2241,

2015. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150132>.

CASTRO, Cesar Nunes de. **Definição de Unidades de Gerenciamento do Solo por meio de sua Condutividade elétrica e variáveis físico-químicas**. 2004. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CASTRO, David Lopes de. Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza - CE. **Revista Brasileira de Geofísica**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 251-271, set. 2008. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-261x2008000300001>.

CETESB, 2004. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de SP**. São Paulo: Relatório anual, 2vol. - (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103).

DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010. **Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas**.

DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 166, de 29-06-2011, **Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos**.

DENT, B. B., FORBES, S. L., STUART, B. H., Review of human decomposition processes in soil, **Environmental Geology**, p.576-585, 2004.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID, UFPE, 1997. 404p

FINEZA, **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de casos de Tabuleiro-MG**. 2008, Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil; disponível em: <http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/engenharia%20civil/2008/238036f.pdf>

FITZ, Paulo Roberto. Cartografia básica. Canoas RS. Ed La Salle, 2000

FRANCISCO, A. M.; SILVA, A. K. G.; SOUZA, C. S.; SANTOS, F. C. S. Tratamento do necrochorume em cemitérios. **Revista Atas de Saúde Ambiental** (São Paulo, online), ISSN: 2357-7614 - Vol. 5, jan-dez, 2017, p. 172-188.

IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - **Diagnostico Floresta Nacional de Ritópolis**. 2000. Disponível em:

[https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/pm\\_flona\\_ritapolis\\_diagnostico.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/pm_flona_ritapolis_diagnostico.pdf). Acesso em: 20 fev. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. **Densidade Demográfica**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ritapolis/panorama>. Acesso em: 21 jan. 2021.

KEMERICH, P. D. C.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. **Revista Scientific American Brasil**, v.1, n.1, p.78-81, 2012.

KEMERICH, P., Borba, W., Schmachtenberg, N., Graepin, C., Flores, C., Barros, G., & Gerhardt, A. Alterações químicas em solo ocupado por cemitério horizontal no norte do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, (33), 85-99. Retrieved from [http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/23](http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/23). 2014B

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha; BIANCHINI, Débora Cristina; FANK, Julia Caroline; BORBA, Willian Fernando de; WEBER, Diego Polonia; UCKER, Fernando Ernesto. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3777-3785, maio 2014A.

LEITE, Gabriela Alonge Almeida; PRADO, Florestan Rodrigo do. **Sinais abióticos: putrefação, autólise, maceração**. 2019. Disponível em: <<http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7892/67648626>>. Acesso em: 25 out. 2019.

LEMOS, Guilherme de Araújo. **Aspectos simbólicos e socioculturais presentes na arquitetura tumular do cemitério de Santo Amaro (Recife-PE)**. 2019. 82 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade Damas da Instrução Cristã, Recife, 2019.

LÖBLER, C. A.; BORBA, W. F. de; DA SILVA, J. L. S. Relação entre a pluviometria e a condutividade elétrica em zona de afloramento do sistema Aquífero Guarani. **Ciência e Natura, Santa Maria**, v. 37, n. 3, p. 115-121, 2015.

LOPES, J. L. Cemitério e seus impactos ambientais: estudo de caso: Cemitério Municipal do Distrito de Catuaba/SP. In: CARNEIRO, V. S. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. **Revista Águas Subterrâneas**. Suplemento. I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo, Brasil - ISSN 2179-9784. 2000

MARQUES, Júlio César Gomes. **Diagnóstico ambiental de solo, água subterrânea e superficial no entorno do cemitério municipal parque cachoeira em Betim-MG**. 2017. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Bambuí, 2017.

MARTINS, M. T; PELLIZARE, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de

águas subterrâneas em cemitérios. **Revista de Saúde Pública**, v. 25, n. 1, p. 47–52, 1991

MATOS, B.A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismo no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. 2001. 113 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001

MEMORIAL Necrópole Ecumênica. 2018. Disponível em:<<https://memorialsantos.com.br/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

MINAS GERAIS. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Feam divulga primeira lista de áreas contaminadas do Estado**. Disponível em: <[http://www.feam.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=354](http://www.feam.br/index.php?option=com_content&task=view&id=354)>. Acesso em: 25 out. 2019.

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**.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um Latossolo Amarelo Distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.807-812, 2001

OLIVEIRA, Leyser Rodrigues; GONTIJO, Elder Lasmar. **Indicadores de qualidade química, física e biológica de solos como critérios de escolha para a localização de cemitérios**. 2011. Disponível em: file:///C:/Users/welli/Desktop/42-Texto%20do%20artigo-145-1-10-20110630.pdf. Acesso em: 15 mar. 2021.

OLIVEIRA, Ronald Lopes de. **Sepultamentos e cemitérios numa vila católica marcada pela colonização protestante (Nova Friburgo, século XIX)**. 2018. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em História Social, A Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

OURIVES, E. M., de Sousa Carvalho, P., de Oliveira, B. M., & Ferreira, A. M. (2017). Análise de impacto ambiental de cemitério no município de Três Pontas–MG. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, 11(1), 109-111.

PACHECO, Alberto. **Cemitério e meio ambiente**. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo.2000. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/44/tde-23062015-131326/pt-br.php> Acesso em: 25 out.2019

PEREIRA, T. T. C.; KER, J. C.; SCHAEFER, E. G. R.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C.L.; ALMEIDA, C. C. Gênese de latossolos e cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 34:1283-1295, 2010.

PIGNATARO NETTO, I. T. **Qualidade física e química de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes períodos de uso.** Brasília: FAV/UNB, 2008. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1737/1/Dissert\\_IaraTerezinhaPignataroNetto.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1737/1/Dissert_IaraTerezinhaPignataroNetto.pdf)> Acesso em: 15 mar.2021

PINHEIRO, Thaís Moraes de. **Contaminação ambiental causada pelo Necrochorume proveniente de cemitérios.** INOVAE - ISSN: 2357-7797, São Paulo, Vol.6, JAN-DEZ, 2018- pág. 145-171.

ROCHA, Renée. **Contaminação da Água Subterrânea por Cemitérios: Estudo de caso no cemitério municipal de Osório.** 2017. 59 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017

ROMANÓ, E. N. de L. **Cemitérios: Passivo Ambiental E Medidas Preventivas e Mitigadoras,** 2005. Disponível em:> <https://docplayer.com.br/13790105-Cemiterios-passivo-ambiental-medidas-preventivas-e-mitigadoras.html> < Acesso em: 02 Jan. 2021

ROSA, Maria Clara Veloso Soares; UCKER, Fernando Ernesto. Influência do lençol freático na condutividade elétrica e PH em cemitério. **Águas Subterrâneas**, Goiás, v. 33, n. 1, p. 1-8, 13 fev. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i1.29484>.

SEGATO, L. M.; SILVA, C. L. **Caracterização do Chorume do Aterro Sanitário de Bauru.** In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABEAS, 2000. 1 CDROM.

SILVA, Florilda Vieira da. **Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió.** 2012.150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

SILVA, Francisco Carlos da; SUGUIO, Kenitiro; PACHECO, Alberto. Avaliação ambiental preliminar do cemitério de itaquera, segundo a resolução conama 335/2003, município de São Paulo. **Revista Ung - Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 31-47, 2008.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. **Cemitérios: fontes potenciais de contaminação.** Revista Ciência Hoje, v.44, n.262, p.24-29, 2009.

SILVA, Rafael Bel Prestes da; CAMPOS, Milton César Costa; CUNHA, Jose Mauricio da. Potencial de contaminação do solo decorrente da atividade cemiterial. **Revista Iberoamericana de Ciências Ambientais**, [s.l.], v. 9, n. 2, p.1-10, 24 out. 2017. Escola Superior de Sustentabilidade. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2018.002.0001>

SOUZA, Mauro César de Brito; MONTEIRO, Cleto Augusto Baratta; CASTRO, Marco Aurélio Holanda de. O uso da avaliação do perigo de contaminação do aquífero como um requisito para o licenciamento ambiental de cemitérios. **Brazilian Geographical**

**Journal: Geosciences And Humanities Research Medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 2, p. 137-153, jun/dez 2015.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014, 472 p.

UFSJ, Universidade Federal de São João del. **Plano municipal de saneamento básico de Ritópolis**. Ritópolis, 2013.

VIDALI, M. Bioremediation. An overview. *Pure Appl. Chem.* 73:1163-1172, 2001.

WEBER, D. P. **Análise da normatização acerca da implantação de cemitérios**. 2010. 39f. Dissertação (Especialização em Gestão Ambiental) – Área de Ciências Naturais e Tecnológicas, Centro Universitário - rio Franciscano, Santa Maria, 2010

XAVIER, Natiele Silva. **Análises de impacto ambiental pelas possíveis contaminações por necrochorume no lençol freático**. 2015. 26f. Monografia apresentada ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito a obtenção do grau de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. (2ed.). Porto Alegre: Bookman, 2001

ZANATO, Taís Renata. **Contribuição do método da eletrorresistividade na investigação da possível contaminação por necrochorume em aquíferos fraturados no cemitério de Santo Antônio**. 2016. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Geofísica, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul - Rs, 2016.

ZANDONÁ, Daiane Miglioli. **Diagnóstico ambiental, prospecção tecnológica e proposição de um novo modelo de gestão de cadáveres**. 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019.

## ANEXO I



**Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda**

Rua Professor Carlos de Assis, 199, Vila Recreio  
Betim-MG, CEP 32670-328  
Tel.: (31) 3594.4677, e-mail: engequisa@engequisa.com.br  
Web: www.engequisa.com.br, CNPJ 25.703.935/0001-65



PRC 281.1

Revisão 01

**Revisão do Relatório de Ensaios Engequisa Nº 2175/21A**

Este relatório cancela e substitui as suas revisões emitidas anteriormente

<b>Cliente</b>	JÉSSICA JULIANA BRAZ BICALHO						
<b>Amostra(s)</b>	Solos			<b>Recepção</b>	15/02/21 12:26		
<b>Amostra</b>	Solo - Ritapolis			<b>Código</b>	2175/21-01	<b>Coleta em</b>	13/02/21 15:15
<b>Responsável pela Coleta</b>	Cliente		<b>Tipo de Amostragem</b>	Simples			
Ensaio	Resultado	Unidade	Limites não definidos	LQ	Método	Data do Ensaio	
Condutividade	27,15	µS/cm	--	0,01	SM 2510 B	03/03/21	
DQO	79208	mg/Kg O <sub>2</sub>	--	5	SM 5220 D	03/03/21	
Fósforo	6,37	mg/Kg	--	1,0	SM 4500 P E	24/02/21	
Matéria Orgânica	113574	mg/Kg	--	0,01	--	03/03/21	
pH	7,74	--	--	0,01	EPA SW-846	15/02/21	

**Legenda**

**SM:** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23nd. Edition, 2017.

**EPA:** Environmental Protection Agency.

**Resultado:** Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

**LQ:** Limite de Quantificação do método de ensaio.

**Observações**

Amostragem executada pelo cliente. As datas, processo e informações das amostras são de inteira responsabilidade do cliente. Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Betim, 12 de março de 2021

Beatriz Lopes do Carmo  
Responsável Técnico  
CRQ/MG 02403350  
CRBio/MG 16724/4D

**Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos**

**A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em [www.engequisa.com.br](http://www.engequisa.com.br) usando o código LVZLZ CD3 599.**

Os resultados relatados se restringem às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. Reconhecimento válido somente para os serviços prestados por este laboratório que sejam visualizados no endereço <http://www.rmmg.org.br> na página de laboratórios reconhecidos, Ensaio e Calibração. As amostras de contra-provas, exceto as perecíveis, serão guardadas por 30 dias após a entrada no laboratório.

**Centrais de Venda:**

∴ Engequisa Zona da Mata: Rua Manoel Villar, 155, Democrata. Juiz de Fora-MG, CEP 36035-240, Tel. (32) 3212.2943

∴ Engequisa Sul de Minas: Rua Maria Venâncio Franco, 80, Costa Rios. Pouso Alegre-MG, CEP 37550-000, Tel. (35) 3422.7766

RF-LBW-004, Rev. 02

Página:1/1


**Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda**

Rua Professor Carlos de Assis, 199, Vila Recreio  
Betim-MG, CEP 32670-328  
Tel.: (31) 3594.4677, e-mail: [engequisa@engequisa.com.br](mailto:engequisa@engequisa.com.br)  
Web: [www.engequisa.com.br](http://www.engequisa.com.br), CNPJ 25.703.935/0001-65



PRC 281.1

Revisão 01

**Revisão do Relatório de Ensaios Engequisa Nº 2175/21A**

Este relatório cancela e substitui as suas revisões emitidas anteriormente

<b>Ciente</b>	JÉSSICA JULIANA BRAZ BICALHO
<b>Amostra(s)</b>	Solos
<b>Recepção</b>	15/02/21 12:26

<b>Amostra</b>	Solo - Campo Ritapolis	<b>Código</b>	2175/21-02	<b>Coleta em</b>	13/02/21 16:00	
<b>Responsável pela Coleta</b>	Ciente	<b>Tipo de Amostragem</b>	Simples			
<b>Ensaio</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidade</b>	<b>Limites não definidos</b>	<b>LQ</b>	<b>Método</b>	<b>Data do Ensaio</b>
Condutividade	<b>1980,60</b>	µS/cm	--	0,01	SM 2510 B	03/03/21
DQO	<b>72977</b>	mg/Kg O <sub>2</sub>	--	5	SM 5220 D	03/03/21
Fósforo	<b>3,10</b>	mg/Kg	--	1,0	SM 4500 P E	24/02/21
Matéria Orgânica	<b>107900</b>	mg/Kg	--	0,01	--	03/03/21
pH	<b>6,10</b>	--	--	0,01	EPA SW-846	15/02/21

**Legenda**

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23nd. Edition, 2017.

EPA: Environmental Protection Agency.

**Resultado:** Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do método de ensaio.

**Observações**

Amostragem executada pelo cliente. As datas, processo e informações das amostras são de inteira responsabilidade do cliente. Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Betim, 12 de março de 2021

Beatriz Lopes do Carmo  
Responsável Técnico  
CRQ/MG 02403350  
CRBio/MG 16724/4D

**Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos**

A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em [www.engequisa.com.br](http://www.engequisa.com.br) usando o código LVZLZ CD3 599.

Os resultados relatados se restringem às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade.

 Reconhecimento válido somente para os serviços prestados por este laboratório que sejam visualizados no endereço <http://www.rmmg.org.br> na página de laboratórios reconhecidos, Ensaio e Calibração. As amostras de contra-provas, exceto as perecíveis, serão guardadas por 30 dias após a entrada no laboratório.

**Centrais de Venda:**

.. Engequisa Zona da Mata: Rua Manoel Villar, 155, Democrata. Juiz de Fora-MG, CEP 36035-240, Tel. (32) 3212.2943

.. Engequisa Sul de Minas: Rua Maria Venâncio Franco, 80, Costa Rios. Pouso Alegre-MG, CEP 37550-000, Tel. (35) 3422.7766

## ANEXO II



**Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda**

Rua Professor Carlos de Assis, 199, Vila Recreio  
Betim-MG, CEP 32670-328  
Tel.: (31) 3594.4677, e-mail: [engequisa@engequisa.com.br](mailto:engequisa@engequisa.com.br)  
Web: [www.engequisa.com.br](http://www.engequisa.com.br), CNPJ 25.703.935/0001-65



PRC 281.1

Revisão 00

**Relatório de Ensaios Engequisa Nº 2174/21**

<b>Cliente</b>	JÉSSICA JULIANA BRAZ BICALHO						
<b>Amostra(s)</b>	Águas			<b>Recepção</b>	15/02/21 12:26		
<b>Amostra</b>	Água - Cisterna		<b>Código</b>	2174/21-01		<b>Coleta em</b>	14/02/21 19:00
<b>Responsável pela Coleta</b>	Cliente		<b>Tipo de Amostragem</b>	Simples			
<b>Término da Coleta</b>	19:20						
Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LQ	Método	Data do Ensaio	
Alcalinidade Total	13,1	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	2	SM 2320 B	22/02/21	
Coliformes Fecais (Termotolerante-Qualitativo)	Ausência	P/A 100 mL	--	--	SM 9221 D	15/02/21	
Coliformes Totais (Qualitativo)	Ausência	P/A 100 mL	Ausência em 100 mL	--	SM 9221 D	15/02/21	
Condutividade	107,1	µS/cm	--	0,01	SM 2510 B	15/02/21	
DBO	<2,0	mg/L O <sub>2</sub>	--	2	SM 5210 B	15/02/21	
Dureza Total	26,9	mg/L CaCO <sub>3</sub>	até 500	0,2	SM 2340 B	23/02/21	
Nitrato	30,6	mg/L NO <sub>3</sub>	--	1,0	SM 4500 NO <sub>3</sub> -E	02/03/21	
pH	6	--	6,0 a 9,5	0,01	SM 4500 H+ B	15/02/21	

Os pareceres, interpretações e opiniões expressos não fazem parte do escopo do sistema de qualidade deste laboratório com base na norma NBR ISO/IEC 17025.

**Conclusão dos Ensaios:** De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento de "Ministério da Saúde Portaria de Consolidação nº 5/2017", os resultados reportados neste relatório para esta amostra **atendem** aos limites estabelecidos.

**Legenda**

(L1): Ministério da Saúde Portaria de Consolidação nº 5/2017

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23nd. Edition, 2017.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do método de ensaio.

**Observações**

Amostragem executada pelo cliente. As datas, processo e informações das amostras são de inteira responsabilidade do cliente. Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Betim, 03 de março de 2021.

Beatriz Lopes do Carmo  
Responsável Técnico  
CRQ/MG 02403350  
CRBio/MG 16724/4D

**Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos**

**A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em [www.engequisa.com.br](http://www.engequisa.com.br) usando o código LVZPZ C JF 435.**

Os resultados relatados se restringem às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. Reconhecimento válido somente para os serviços prestados por este laboratório que sejam visualizados no endereço <http://www.rmmg.org.br> na página de laboratórios reconhecidos, Ensaio e Calibração. As amostras de contra-provas, exceto as perecíveis, serão guardadas por 30 dias após a entrada no laboratório.

Centrais de Venda:

.. Engequisa Zona da Mata: Rua Manoel Villar, 155, Democrata. Juiz de Fora-MG, CEP 36035-240, Tel. (32) 3212.2943

.. Engequisa Sul de Minas: Rua Maria Venâncio Franco, 80, Costa Rios. Pouso Alegre-MG, CEP 37550-000, Tel. (35) 3422.7766

RF-LBW-004, Rev. 02

Página: 1/1