



**UFOP**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

**Universidade Federal de Ouro Preto**

**Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental**

**Curso de Graduação em Engenharia Ambiental**

---



**Marina dos Santos Oliveira**

**Avaliação de impacto ambiental no cemitério da Saudade em Ouro Preto/MG: A problemática da contaminação por necrochorume frente à pandemia de COVID-19**

Ouro Preto

2021

Avaliação de impacto ambiental no cemitério Parque da Saudade em Ouro Preto/MG: A problemática da contaminação por necrochorume frente à pandemia de COVID-19

Marina dos Santos Oliveira

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto.

Área de concentração: Ciências Exatas e da Terra / Engenharias

Orientadora: Profa. Dra. Marina de Medeiros Machado – UFOP

Ouro Preto

2021

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O48a Oliveira, Marina dos Santos.

Avaliação de impacto ambiental no cemitério da Saudade em Ouro Preto/MG: A problemática da contaminação por necrochorume frente à pandemia de COVID-19. [manuscrito] / Marina dos Santos Oliveira. - 2022.

68 f.

Orientadora: Profa. Dra. Marina de Medeiros Machado.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Ambiental .

Área de Concentração: Meio Ambiente.

1. Impacto Ambiental-Avaliação. 2. Cemitérios. 3. Necrochorume. I. Machado, Marina de Medeiros. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 504

Bibliotecário(a) Responsável: Angela Maria Raimundo - SIAPE: 1.644.803

Avaliação de impacto ambiental no cemitério Parque da Saudade em Ouro Preto/MG: A problemática da contaminação por necrochorume frente à pandemia de COVID-19

Marina dos Santos Oliveira

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto.

Data da aprovação: 07/01/2022

Banca examinadora:

MARINA DE MEDEIROS  
MACHADO:05972570947

Assinado de forma digital por MARINA  
DE MEDEIROS MACHADO:05972570947  
Dados: 2022.01.13 21:09:43 -03'00'

---

Orientadora: Profa. Dra. Marina de Medeiros Machado- UFOP



---

Membro: Prof. Dr. César Falcão Barella - UFOP



Assinado de forma digital por  
SANDRA APARECIDA LIMA DE  
MOURA:02504152752  
Dados: 2022.01.14 10:06:13 -03'00'

---

Membro: Profa. Dra. Sandra Aparecida Lima de Moura – UFOP

Glauciane Resende  
do Nascimento

Assinado digitalmente por Glauciane Resende do Nascimento  
DN: OU=Secretaria Municipal de Saúde, CN=Glauciane  
Resende do Nascimento,  
E=glaucianeresende.op@gmail.com  
Razão: Eu atesto a precisão e a integridade deste documento  
Localização: Ouro Preto, MG  
Data: 2022.01.15 07:18:57-03'00'  
Foxit PDF Reader Versão: 11.1.0

---

Membro: Glauciane Resende do Nascimento - Secretária Municipal de Saúde;

Docente do SÍrio Libanês - projeto DGPSUS e Docente da UNIBH.

## AGRADECIMENTOS

Eis que chega o momento final, primeiramente, agradeço a minha família por tanto apoio nesses anos desafiadores de graduação, a minha mãe Sandra, exemplo de mulher guerreira, de persistência, força e muita fé, por ter me ensinado a viver um dia de cada vez e ser feliz no hoje. Ao meu pai, Reges, por ser meu exemplo de superação, responsabilidade e honra, mesmo em meio a dificuldades vocês viveram o meu sonho comigo e fizeram de tudo para que eu pudesse realiza-lo agora. A minha irmã Mariah, por ser minha maior inspiração nessa vida, mesmo de longe, nunca deixou de estar presente e me dar amparo nos momentos em que me vi perdida. Sem a força de vocês eu jamais conseguiria, vocês são minha base e a razão de tudo. Essa conquista é nossa Família BuscaPé!

A Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas e seus grandes docentes pelo ensino público de qualidade, as oportunidades fornecidas na pesquisa e extensão que modificaram minha vida muito além de títulos acadêmicos, hoje, sem dúvidas me considero um ser humano melhor comigo mesma e com as pessoas ao meu redor. A Fundação Gorceix, por todo o amparo financeiro e conhecimento obtidos extra sala de aula.

Aos amigos que ganhei como presente de Ouro Preto, me acompanharam ao longo desses anos e levarei para toda a vida, o apoio de vocês foi fundamental para a conclusão deste sonho. A esta cidade incrível, que me apaixonei à primeira vista e vivi os anos mais intensos da minha vida, minha saudosa Ouro Preto, você estará para sempre em meu coração nas minhas melhores memórias.

A Assessoria de Comunicação, Secretária de Saúde, Vigilância Epidemiológica e Sanitária, Sr. Jaime e Dona Maria e demais colaboradores da Prefeitura Municipal de Ouro Preto que tornaram a execução deste trabalho possível, meus mais sinceros agradecimentos.

Este trabalho marca o fim de um ciclo para dar início à uma nova jornada, a todos que fizeram parte desta caminhada, transformaram minha vida e tornaram este sonho possível: OBRIGADA!

## RESUMO

Os cemitérios são empreendimentos geradores de impactos ambientais relevantes e essa problemática ganhou visibilidade com o número elevado de óbitos ocasionados pela pandemia de COVID-19. O objetivo central deste trabalho é realizar uma avaliação de impacto ambiental insumados no cemitério Parque da Saudade em Ouro Preto/MG com destaque para a contaminação por necrochorume em virtude do aumento de sepultamentos advindo dos óbitos causados pela pandemia de COVID-19. A metodologia utilizada está baseada na revisão bibliográfica, obtenção de dados secundários para a caracterização ambiental do empreendimento e levantamento de campo, correlacionando-os para que pudesse ser estabelecida a avaliação de impacto ambiental apresentando todas as fragilidades detectadas na visita *in loco* mas dando ênfase aos impactos causados pelo aumento da geração de necrochorume, além de contemplar uma estimativa de produção do efluente cadavérico. Foram identificados 16 impactos negativos que, se não solucionados, podem angariar maiores problemas ambientais e de saúde para os que se encontram no entorno. Ao final do levantamento, baseado na avaliação de impacto realizada, foram propostas medidas de mitigação e minimização de impactos condizentes com a realidade do empreendimento, a fim de garantir o funcionamento adequado do cemitério dentro do que preconiza as legislações vigentes.

Palavras-chaves: Avaliação de Impacto Ambiental. Mitigação de Impactos. Cemitérios. Necrochorume. Covid-19.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cemitério horizontal São Francisco de Paula, Curitiba, Paraná. ....	7
Figura 2 - Cemitério Parque das Flores no município de São José dos Campos, São Paulo. ....	8
Figura 3 - Memorial Necrópole Ecumênica em Santos, São Paulo. ....	9
Figura 4 - Imagem ilustrativa do Sars-Cov-2. ....	11
Figura 5 - Abertura de covas no cemitério Vila Formosa, São Paulo. ....	12
Figura 6 - Fluxograma dos componentes do necrochorume. ....	18
Figura 7– Esquematização da ação da água da chuva no favorecimento da percolação do contaminante no solo. ....	20
Figura 8 – Situação de vulnerabilidade de contaminação do solo. ....	21
Figura 9 - Fluxo da pluma de contaminação do necrochorume com relação a densidade do efluente e a água. ....	23
Figura 10 - Esquematização do fluxo do contaminante para o aquífero e interceptação do mesmo por poço de captação. ....	23
Figura 11 - Fluxograma de etapas de execução da pesquisa. ....	27
Figura 12 - Mapa de localização do cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG. ....	28
Figura 13 - Registro fotográfico da vegetação existente no cemitério. ....	34
Figura 14 - Condições atuais do solo no cemitério Parque da Saudade. ....	35
Figura 15 – Placa de inauguração do Parque da Saudade. ....	36
Figura 16 - Registro fotográfico das instalações do cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG. ....	36
Figura 17 - Registro fotográfico do jardim de enterros do cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG. ....	37
Figura 18 - Disposição de resíduos sólidos no cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG. ....	38

Figura 19 - Rede de drenagem no cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG..	39
Figura 20 – Registro fotográfico da única residência próxima ao empreendimento.	39
Figura 21 - Série completa de casos registrados no município de Ouro Preto-MG...	41
Figura 22 - Óbitos por COVID-19 até a 29ª semana epidemiológica em Ouro Preto que tiveram acesso à UTI. ....	42
Figura 23 - Óbitos por idade e sexo no município de Ouro Preto-MG desde o início da pandemia de COVID-19. ....	42
Figura 24 - pastilha microbiológica Enzibac ® capaz de decompor efluentes cadavéricos. ....	50
Figura 25 - Manta de plástico absorvente e esquema de funcionamento. ....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características gerais da putrescina e da cadaverina.....	18
Tabela 2 – Principais indicadores para AIA em cemitérios. ....	29
Tabela 3 – Modelo de matriz de interação para cemitérios proposto por Albuquerque (2017).....	30
Tabela 4 – Estimativa de produção de necrochorume no cemitério Parque da Saudade pelos sepultamentos em decorrência da COVID-19. ....	43
Tabela 5 – Impactos identificados <i>in loco</i> .....	45
Tabela 6 – Matriz de Impacto adaptada de Albuquerque (2017) para a AIA do empreendimento. ....	46
Tabela 7 – Principais irregularidades e medidas de mitigação cabíveis. ....	49

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	2
1.1.1 Objetivos Específicos.....	2
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1 ASPECTOS GERAIS E HISTÓRICOS DOS CEMITÉRIOS .....	3
2.2 TIPOS DE CEMITÉRIOS E FORMAS DE SEPULTAMENTO .....	6
2.2.1 Cemitérios horizontais .....	6
2.2.2 Cemitérios parque ou jardim.....	7
2.2.3 Cemitérios verticais.....	8
2.3 CEMITÉRIOS, MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA .....	9
2.3.1 COVID-19 no Brasil – Breve Panorama.....	11
2.4 ASPECTOS LEGAIS DOS CEMITÉRIOS .....	12
2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR CEMITÉRIOS .....	14
2.5.1 Processo de decomposição dos corpos .....	15
2.5.2 Período de Coloração .....	15
2.5.3 Período Gasoso .....	16
2.5.4 Período Coliquativo.....	16
2.5.5 Período de Esqueletização .....	16
2.5.6 Necrochorume .....	17
2.5.7 Contaminação do solo .....	19
2.5.8 Contaminação de águas subterrâneas e superficiais. ....	22
2.5.9 Contaminação do ar.....	24
2.6 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	24
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA FRENTE À COVID-19.....	27
3.2 LOCAL DE ESTUDO.....	27
3.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO .....	28

3.4	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO NECROCHORUME E OUTROS ASPECTOS.....	29
3.5	PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS .....	31
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO .....	32
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	33
4.2.1	Aspectos ambientais.....	33
4.2.2	Aspectos Físicos e Sociais .....	35
4.3	SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DA PANDEMIA DE COVID-19 EM OURO PRETO/MG .....	40
4.3.1	Destinação dos corpos para o cemitério municipal Parque da Saudade e estimativa de produção de necrochorume .....	43
4.4	IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL (AIA) .....	44
4.5	MEDIDAS MITIGADORAS.....	48
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A pandemia de Sars-Cov-2, popularmente denominada de COVID-19, chegou ao Brasil em fevereiro de 2020 por um homem de 61 anos de idade que vinha da Europa e, desde então, se espalhou pelo país inteiro, vitimando, até novembro de 2021, 608.000 pessoas (BRASIL,2021). Isso causou sobrecarga nos cemitérios já existentes e elevou a demanda por novas áreas para a abertura de covas nestes empreendimentos de alto potencial poluidor, muitas vezes, sem as devidas adequações ambientais (NASCIMENTO, 2020).

As necrópoles são grandes fontes de impactos ambientais e quando mal geridas seus efeitos podem ser severos e de longo prazo, como contaminação da área do empreendimento e dos terrenos ao redor, contaminação de águas subterrâneas e do solo por necrochorume – sendo esta a principal problemática inerente aos cemitérios –, emissão de gases odoríferos, proliferação de doenças, entre outros. Portanto, existem legislações vigentes para a instalação e operacionalização de cemitérios estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 335/2003 e 338/2006 (BACIGALUPO, 2012). Em Ouro Preto, entretanto, em função da época em que o cemitério foi construído, não há indicativo de adequação as normas ambientais atuais, estando passíveis a desconformidades estruturais, de manejo e gestão.

Os cemitérios constituem no cenário pandêmico atual uma necessidade social e sanitária imprescindível para a destinação dos cadáveres. É necessário, portanto, que, mesmo em situações de calamidade pública, como ocorreu com a pandemia de COVID-19, estes empreendimentos estejam em conformidade, considerando questões ambientais e legais, que objetivem a minimização dos impactos causados por estas necrópoles consolidadas (NASCIMENTO, 2020). Diante da problemática apresentada, este trabalho se propõe a realizar uma avaliação de impacto ambiental no cemitério municipal Parque da Saudade, no município de Ouro Preto, Minas Gerais, a partir de dados secundários e visita *in loco*, a fim de evidenciar as fragilidades encontradas com ênfase na problemática da contaminação pelo necrochorume, principalmente no que tange ao aumento

de sepultamentos no local por óbitos causados pela COVID-19 e propor um modelo de medidas de mitigação e minimização de impactos no cemitério.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo central deste trabalho é realizar uma avaliação de impacto ambiental no cemitério municipal Parque da Saudade em Ouro Preto/MG, frente à problemática do aumento da produção de necrochorume advinda dos óbitos gerados por COVID-19.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

- Caracterizar o município e sua situação epidemiológica frente a pandemia de COVID-19;
- Executar o diagnóstico ambiental e físico do meio em que está inserido o Cemitério da Parque da Saudade em Ouro Preto/MG;
- Avaliar os impactos ambientais causados pelo necrochorume e outros aspectos na ausência do manejo adequado do cemitério;
- Propor medidas mitigadoras condizentes com a realidade municipal que minimizem os impactos ambientais da atividade do cemitério.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ASPECTOS GERAIS E HISTÓRICOS DOS CEMITÉRIOS

A palavra cemitério tem origem do grego *koumeterian* e significa dormitório, lugar onde se dorme, recinto onde se enterram ou se guardam os mortos. (CAMPOS, 2007). O termo “cidade dos mortos” também nos remete ao lugar onde os cadáveres são acomodados e é sinônimo de necrópole ou necrópoles, também com origens na língua da Grécia antiga (ZANDONA, 2019). Ao contrário de necrópole, a palavra cadáver tem origem latina e seu significado é carne para os vermes, ou carne dada aos vermes (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2012).

De acordo com Zandona (2019), ainda na pré-história, há registros arqueológicos que indicam que os Neandertais já detinham o costume de sepultar seus cadáveres, ou mesmo de cobri-los com alguma quantidade de pedras. Segundo Pacheco (2000) “só é possível falar em cemitérios a partir da Idade Média Europeia, quando se enterravam os mortos nas igrejas, paróquias, abadias, mosteiros, colégios, seminários e hospitais”. Porém, o cemitério, tal qual se conhece, sendo uma área exclusiva para enterrar os mortos agrupados em um mesmo local, foi inspirado pelos cristãos da primeira era (ZANDONA, 2019).

O cristianismo fora o grande marco no processo de sepultamento coletivo dos corpos humanos, pois fora a partir deste, que houve a disseminação do ideal de descanso eterno para os mortos à espera do juízo final (BACIGALUPO, 2012). Entretanto, segundo Fernandes (2014), a prática de sepultar dentro das igrejas se iniciou com o culto dos mártires na África, diferentemente do que se acredita por boa parte da população cristã, pois os admiradores e os que, de certa, forma tinham algum vínculo com esses homens martirizados enquanto estavam em vida tinham o hábito de venerar o local de seu sepultamento, com isso, algumas pessoas enterravam seus entes entre esses mártires acreditando que, dessa forma, o morto pudesse partilhar de sua “santidade”, sendo assim, aos poucos, e baseados em suas crenças que foram mudando através dos tempos, com o passar de algumas centenas de anos, os

cristãos decidiram por levar ou começar a sepultar os corpos dos santos no interior das igrejas. Assim, não havia mais distinção entre cemitério e igreja, pois tudo era uma só estrutura, destinada ao culto a Deus e veneração aos santos falecidos (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2012).

Na época em que o Brasil era colônia de Portugal, acreditava-se que ao ser sepultado dentro da igreja, os laços com o mundo dos vivos continuariam a existir e as graças provenientes das orações dos fiéis que ali frequentavam seria estendida aos ali eram enterrados (ZANDONA, 2019). Os que se encontravam sepultados eram os mesmos que haviam frequentado o recinto para suas atividades religiosas, participar de reuniões, assistir a julgamentos e receber os sacramentos concedidos pela igreja (o templo era lugar de diversos eventos sociais), dessa forma, após morrer, o sujeito continuava a “ocupar” o seu espaço social de costume (REIS, 1991).

Osman e Ribeiro (2007) citam em sua pesquisa que ao passar dos anos, os sepultamentos nas igrejas tornaram esses locais e suas redondezas insalubres, tornando-os focos de contaminação por microrganismos patogênicos causadores de doenças graves que, em muitos casos, devido as condições sanitárias do período levavam os indivíduos do redor à morte. Simultaneamente a questão sanitária, as igrejas estavam em condição de superlotação de sepulturas e não havia mais espaço para a abertura de novas. Devido à estas duas condicionantes principais, a partir de 1801, D. João VI proíbe o sepultamento em igrejas de Portugal e em terras sob seu domínio, incluindo assim o Brasil. Após 21 anos, em 1828, essa indicação se torna lei imperial, acrescentando ainda que os cemitérios, daquele momento em diante, deveriam ser em zonas distantes das cidades (OSMAN *et al.*, 2007).

No que tange ao contexto de sepultamentos no Brasil, a classe mais pobre não tinha os privilégios de sepultamento equivalente a classe rica da época (nobreza e burguesia). Neste contexto, Fernandes (2014) diz que:

Antes do século XIX, no Brasil, o costume era que os mortos da nobreza rural e da burguesia urbana fossem sepultados nas igrejas, nos conventos e nas capelas particulares e os pobres em áreas próximas à própria residência. Não se usavam caixões e o corpo era envolto numa mortalha. Essa prática provocou uma aproximação perigosa entre os cadáveres, muitos vitimados por doenças contagiosas, e os vivos, aumentando significativamente a

disseminação dos agentes patogênicos de epidemias como a do tifo, da peste bubônica e outras. Na época, o tipo de sepultamento predominante era a inumação, processo simplificado com simples recobrimento dos corpos com terra em profundidades que variavam de um a dois metros (FERNANDES, 2014, p. 10).

Em advento ao desenvolvimento industrial, grandes áreas urbanas começaram a se formar nos arredores destes aglomerados industriais, devido às facilidades logísticas, com esse crescimento, as áreas urbanas logo se aproximaram dos cemitérios implantados, até então fora das cidades, e os envolveram. Pelas mesmas facilidades logísticas, iniciou-se a implantação de cemitérios públicos dentro do perímetro urbano, exigindo que ações com a finalidade de diminuir os impactos a saúde da população fossem adotadas pelos responsáveis, entretanto, neste ponto há pouca ou nenhuma preocupação ambiental, não se correlacionava a saúde da população vs qualidade do meio ambiente (ZANDONA, 2019).

Segundo Silva (2011), a priori, não havia o entendimento de que os empreendimentos cemiteriais, poderiam causar algum impacto negativo sobre o meio ambiente, os locais eram escolhidos de forma arbitrária, sem qualquer estudo prévio de caracterização física da área. O processo de decomposição dos corpos gera resíduos como a liberação de diversos metais contidos no organismo humano e o necrochorume - líquido proveniente da ação de microrganismos sobre a matéria orgânica disponível, tóxico e com alto potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas (KEMERICH *et al.*, 2012).

No século XIX, tais ações de diminuição do impacto causado pelos cemitérios em zonas urbanas aparecem pela primeira vez em moldes “públicos” com um caráter mais sério e pautas contemplando a saúde pública (FERNANDES, 2014). Muito tempo depois da implantação dos primeiros cemitérios públicos, e depois de sérios problemas ambientais, só em 1998 a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou um relatório afirmando que os cemitérios poderiam causar impactos ao ambiente, com a liberação de substâncias orgânicas e inorgânicas e de micro-organismos patogênicos para o

solo e os lençóis freáticos, iniciando a discussão científica acerca do tema em larga escala (ZANDONA, 2019).

## **2.2 TIPOS DE CEMITÉRIOS E FORMAS DE SEPULTAMENTO**

Os empreendimentos cemiteriais são obras dedicadas à preservação da memória dos entes que partiram e os vivos fazem questão de perpetuar por motivos religiosos e culturais (MATOS, 2001). Conseqüentemente, estas construções adquiriram certa condição de inviolabilidade no que tange à pesquisa científica em seus diferentes aspectos, dificultando a obtenção de informações e o desenvolvimento de estudos acerca do tema (KEMERICH, 2014). Ademais, através da história, as formas de sepultamento foram se diversificando e atualmente, existem formatos bem difundidos de necrópoles como as horizontais (mais tradicionais), do tipo parque ou jardim e as verticais, sendo que cada uma delas conta com sua particularidade (ZANDONA, 2019).

### **2.2.1 Cemitérios horizontais**

Os cemitérios horizontais constituem a forma mais comum de sepultamento, segundo Campos (2007), Kemerich (2014) e Zandona (2019), são descritos por possuírem acessos pavimentados contendo câmaras funerárias dispostas de forma direita no solo, sendo que a inumação (processo de enterro do cadáver) pode ser de forma submersa em uma cova de 1,1 à 1,5 metros de profundidade e coberto com terra ou de forma emersa, onde os túmulos são ditos semi-enterrados à profundidades mais rasas e cobertos com pedras (CAMPOS, 2007; KEMERICH, 2014; ZANDONA, 2019). Há também neste tipo de cemitério a predominância de jazigos de alvenaria, capelas, objetos e esculturas religiosas, peças funerárias de mármore e granito, com pouca ou nenhuma vegetação (SILVA, 2011).

Apesar de sua utilização difundida, poucas são as vantagens deste método construtivo do ponto de vista ambiental, este tipo de disposição facilita a decomposição dos corpos por estar em contato direto com o solo, mas, em contrapartida, viabiliza a infiltração de necrochorume produzido pelos mesmos no meio receptor (ZANDONA, 2019). A Figura 1 exemplifica esse tipo de cemitério. Esta forma de inumação pode trazer desvantagens como – além de ser fonte potencial de contaminação para o solo, para as águas superficiais e

subterrâneas – ocupar grandes áreas; apresentar alto custo de manutenção e apresentar ambiente propício para a proliferação de muitos tipos de insetos, incluindo os mosquitos vetores de doenças bem como artrópodes como escorpiões, baratas e outros tantos (KEMERICH, 2014).

**Figura 1** - Cemitério horizontal São Francisco de Paula, Curitiba, Paraná.



Fonte: Jornal Bem Paraná, 2019.

### **2.2.2 Cemitérios parque ou jardim**

Os cemitérios do tipo parque ou jardim são formados por covas rasas concebidas diretamente no solo, cobertas por grama, contendo apenas a lápide de identificação do falecido seguindo um padrão para todos os usuários, independente de classe social (MORAIS, 2019).

A definição dada pela Resolução CONAMA nº 335 de 3 de abril de 2003, artigo 2º alínea b diz:

“O cemitério parque ou jardim é aquele predominantemente recoberto por jardins, isento de construções tumulares, e no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, ao nível do chão, e de pequenas dimensões” (CONAMA, 2003).

Apesar de contribuírem para uma melhor harmonização com o ambiente no que tange ao impacto visual devido à estética de disposição, assim como os cemitérios horizontais, esses tipos de necrópoles apresentam algumas

desvantagens, como a falta de tratamento do necrochorume, uma vez que os corpos são enterrados sem que haja uma preocupação com a vedação para os líquidos e gases gerados, o que causa a contaminação do solo e das águas, bem como a possível proliferação de doenças (ZANDONA, 2019). A Figura 2 exemplifica este tipo de cemitério.

**Figura 2** - Cemitério Parque das Flores no município de São José dos Campos, São Paulo.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

### 2.2.3 Cemitérios verticais

Os empreendimentos cemiteriais verticais são análogos a prédios, definidos segundo a Resolução CONAMA nº 335 de 3 de abril de 2003, artigo 2º alínea c: “É um edifício de um ou mais pavimentos dotados de compartimentos destinados a sepultamentos” (CONAMA, 2003).

Esta configuração construtiva aparece como uma alternativa pouco mais vantajosa frente as outras apresentadas uma vez que, mesmo com à expansão da população, a demanda por área é menor, bem como a questão ambiental, uma vez que estes pavimentos devem conter sistemas de inativação dos gases gerados, captação do necrochorume e de vedação, para que estes não cheguem às áreas comuns onde circulam os visitantes e funcionários do local. Em contrapartida, a desvantagem encontra-se no alto custo de construção, utilização e manutenção deste tipo de cemitério (ZANDONA, 2019).

O maior cemitério vertical do mundo, de acordo com o registro do *Guinness Book* (1991) foi criado em 1983, na cidade de Santos/São Paulo, como mostra

Figura 3. O Memorial Necrópole Ecumênica que possui mais de 25 mil lóculos distribuídos em uma área de 40 mil metros quadrados (MEMORIAL, 2021).

**Figura 3** - Memorial Necrópole Ecumênica em Santos, São Paulo.



Fonte: Memorial Santos, 2021.

### 2.3 CEMITÉRIOS, MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA

Pacheco (1988) cita em sua pesquisa alguns casos históricos relacionados a contaminação por necrochorume de águas subterrâneas captadas e destinadas ao consumo humano, destacando-se o surto de febre tifoide na cidade de Berlim na Alemanha no período de 1863 a 1867, a doença é de origem bacteriana e causada pela *Salmonella entérica*, de distribuição mundial e está associada a regiões com baixo índice de saneamento, sendo causada principalmente pela ingestão de águas contaminadas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021; PACHECO, 1988).

A endemia de febre tifoide também ocorreu na cidade francesa de Paris, sem datação, e alguns pesquisadores atribuem esse fato à posição dos cemitérios em relação aos poços de captação de suas águas de abastecimento (PERSON, 1979 *apud* PACHECO, 1988). No que tange aos vírus, o causador da Hepatite A ganha certo destaque. Estes patógenos ao atingirem a zona

saturada podem migrar para as regiões de captação de água subterrânea e causar danos severos à saúde pública (PACHECO, 1988).

Sob a ótica ambiental, cabe ressaltar um fator importante: a causa da morte, uma vez que os indivíduos vêm a óbito por causas diversas, podendo ser por doenças virais e bacteriológicas fazendo uso de medicamentos e tratamentos radioterápicos, por exemplo. Considerando que cada um destes elementos e compostos tem sua estrutura e formação química e podem apresentar resistência a capacidade depurativa dos microrganismos, os solos e águas estarão expostos a estas substâncias sem que haja qualquer possibilidade de intervenção (PACHECO, 1998).

No que tange a realidade brasileira, segundo Pacheco (2017) e Kemerich (2014), a implementação de cemitérios quase sempre foi feita em terrenos periféricos, de baixo valor imobiliário. Do ponto de vista da engenharia, estes terrenos quase sempre possuem condições geológicas, hidrogeológicas e geotécnicas pouco investigadas ou inadequadas, podendo promover a geração de impactos ambientais severos como alterações físicas, químicas e biológicas do meio onde está implantado o cemitério (PACHECO, 2017; KEMERICH, 2014). Os cemitérios públicos, em sua grande maioria devido à falta de recursos para manutenção e operação adequada, apresentam problemas hidrogeoambientais de contaminação dos solos, águas superficiais e subterrâneas ocasionada pelo necrochorume (MARCOMINI, 2012).

Segundo o geólogo pesquisador Lezíro Marques da Silva (1998), um dos pioneiros nesse segmento no Brasil, tendo iniciado suas pesquisas na década de 70, o quadro dos cemitérios brasileiros é preocupante. Tendo percorrido mais de 600 cemitérios pelo país, o autor cita que cerca de 75% dos cemitérios públicos apresentam problemas de discordância legal e negligências operacionais, acarretando em diversos problemas de caráter ambiental e sanitário. O mesmo ainda complementa que não registrou qualquer preocupação das autoridades competentes com essa questão (SILVA, 1998).

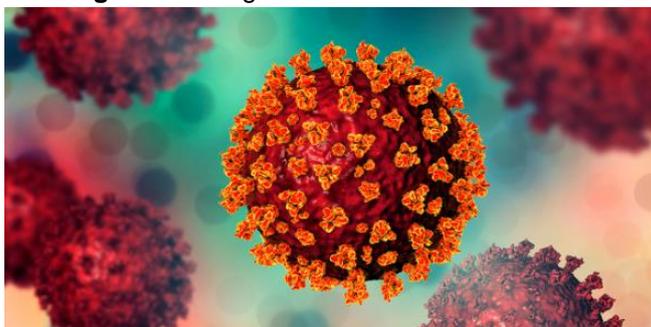
O necrochorume é o principal agente causador de contaminação ambiental pelos cemitérios. Nele pode-se conter quantidades elevadas de

diferentes tipos de bactérias e vírus causadores de doenças que podem ser veiculadas hidricamente (BACIGALUPO, 2012).

### 2.3.1 COVID-19 no Brasil – Breve Panorama

A pandemia de COVID-19 que atinge o mundo atualmente iniciou-se em um mercado de animais na cidade chinesa de Wuhan no final de 2019. É uma doença infecciosa causada pelo vírus Sars-Cov-2, popularmente chamado de coronavírus devido ao seu formato de coroa (Figura 4) (OPAS, 2021).

**Figura 4** - Imagem ilustrativa do Sars-Cov-2



Fonte: Organização Pan-Americana de Saúde, 2021.

O coronavírus tem como hospedeiros diversos animais morcegos, cobras, gatos e outros que transmitem o vírus aos humanos causando desde sintomas leves como dores de garganta, coriza, tosse, dor de cabeça típica de uma gripe ou resfriado ou até mesmo infecções respiratórias agudas graves que podem levar à óbito dos que o contraíram (BRASIL, 2020; NASCIMENTO, 2020; VELAVAN, 2020). Ainda não se sabe de forma precisa qual foi o reservatório silvestre responsável pela transmissão do Sars-Cov-2 (BRASIL, 2020).

No Brasil, o primeiro caso foi registrado no Estado de São Paulo em fevereiro de 2020 por um homem de 61 anos de idade que vinha da Europa. Desde então, de acordo com o Ministério da Saúde (2021), até novembro de 2021 foram registrados mais de vinte e dois milhões de casos, com mais de seiscentos mil óbitos em todo país em decorrência da doença (BRASIL, 2021) desencadeando efeitos devastadores socialmente, economicamente e ambientalmente. Esta última, devido à sobrecarga por demanda de área para a

abertura de novas covas (Figura 5) e recorde de sepultamentos diários jamais vista nos dias atuais nos cemitérios brasileiros (AZEVEDO *et al.* 2020).

**Figura 5** - Abertura de covas no cemitério Vila Formosa, São Paulo.



Fonte: CNN Brasil, 2020.

No que tange ao pós-morte, ainda não se sabe precisamente quanto tempo o novo coronavírus permanece no cadáver sepultado, contribuindo como fator de grande preocupação e agravamento frente à contaminação microbiológica nas áreas ocupadas por necrópoles (NASCIMENTO, 2020).

## **2.4 ASPECTOS LEGAIS DOS CEMITÉRIOS**

A legislação brasileira a cerca desta temática é relativamente recente. No âmbito federal, até o ano de 2003, não havia qualquer legislação ou norma técnica específica para a regulamentação para implementação e operação destes empreendimentos cemiteriais em termos sanitários e ambientais (KEMERICH, 2014).

No dia 28 de maio de 2003, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 335 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais. Esta resolução advém da indispensabilidade de se ter um instrumento legal, a fim de garantir a minimização dos impactos ambientais gerados frente a contaminação causada pela decomposição dos corpos no solo e nas águas subterrâneas e superficiais do entorno do empreendimento. Sendo assim, a mesma dispõe de critérios para a implantação de novos cemitérios bem como a adequação dos que já estavam implantados antes da legislação vigorar, visando, dessa forma, proteger os bens

de interesse como lençóis freáticos da infiltração do necrochorume (KEMERICH, 2014; ZANDONA, 2019). São alguns critérios de destaque definidos pela resolução:

- Mínimo de 1,5 m de distância do lençol freático no período de cheia; (Caso não atender à exigência anterior – sepultamento acima do nível natural do terro);
- Técnicas e práticas de trocas gasosas;
- Recuo de 5 metros em relação ao perímetro do cemitério;
- Exumação dos corpos deve ter um destino adequado;
- Distância mínima de 30 metros dos mananciais;
- Sistema de drenagem de águas pluviais – evitar erosões e alagamentos;
- O solo do fundo das sepulturas deve ter pouca permeabilidade ( $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  cm/s) - Caso a permeabilidade for maior a sepultura deve estar a 10 metros acima do nível do lençol.

Quanto aos empreendimentos já existentes, a resolução deu prazo de seis meses ou 180 dias para entrarem em conformidade com a nova legislação vigente (CONAMA, 2003; KEMERICH, 2014; ZANDONA, 2019).

A resolução CONAMA 335/2003 passou por reformulações, sendo publicada em março de 2006 uma nova acerca do tema, a Resolução CONAMA nº 368/2006 que proibi a instalação cemitérios em Áreas de Preservação Permanente (APP) ou em outras que causem supressão de Mata Atlântica, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos onde existem cavidades de interesse espeleológico, sumidouros ou rios subterrâneos e em áreas onde o lençol freático, medido no final da estação chuvosa, fique a menos de 1,5 metros da base das sepulturas (CONAMA, 2006). Mesmo com a atualização da resolução, ainda sim constam-se fragilidades nestas leis (KEMERICH, 2014).

Em 17 de novembro de 2008 foi promulgada a Resolução CONAMA nº 402 que altera o artigo 11 e 12 da Resolução nº 335/2006 delegando a

responsabilidade aos órgãos estaduais e municipais que atuam na área de meio ambiente sobre a atribuição de fornecer a licença e fiscalizar a implantação de novos cemitérios e um prazo até dezembro de 2010 para estabelecer critérios para a conformidade legal e estrutural dos cemitérios existentes antes de 2003. O descumprimento de tais normas poderá implicar em sanções penais e administrativas (ZANDONA, 2019).

No Estado de Minas Gerais a regularização dos cemitérios está condicionada à Deliberação Normativa da COPAM nº 74/2004. Segundo a normativa de 2004, os cemitérios são considerados de potencial poluidor degradador geral médio, portanto, estão sujeitos a licenciamento ambiental caso tiverem área maior que cinco hectares (CARVALHO, 2019).

## **2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR CEMITÉRIOS**

O conceito de impacto ambiental está associado de forma direta à danos causados à natureza em virtude das ações antrópicas que visam o desenvolvimento econômico e que, por situações malquistas, resultam em perdas para o meio ambiente (SÁNCHEZ, 2013). Haja vista o crescimento das sociedades bem como dos meios urbanos, se fez necessária a implementação de cemitérios cada vez mais próximos das populações nas cidades, muitas vezes de forma desordenada (MORAIS, 2019).

Segundo Marcomini (2012), Morais (2019) e Zandona (2019), os cemitérios são empreendimentos análogos à aterros sanitários que recebem resíduos orgânicos com o agravante do “resíduo hospitalar”, uma vez que muitos dos corpos ali presentes vieram a óbito por motivos de doenças e podem carregar consigo, além de vírus e bactérias, metais pesados, medicamentos, resíduos nucleares provenientes de tratamentos medicinais, entre outros compostos, sendo que tudo isso fará parte da composição química do necrochorume. Carneiro (2016) diz que frente todas as contaminações provindas dos cemitérios, a maior problemática encontra-se nos vírus, isso se dá devido a sua capacidade adaptativa a meios adversos, capacidade de sobrevivência, mutações e mobilidade (CARNEIRO, 2016).

Ademais, ainda configura como fonte de impacto, outras questões ambientais, tais como os resíduos sólidos que são gerados, pelas pessoas que

visitam os cemitérios como restos de alimentos, flores, restos de velas, bem como os resíduos de construções de novas sepulturas ou reformas das antigas, que, de forma geral, também contribuem para a poluição visual do local. Sendo assim, os cemitérios são classificados como fonte de alta potencialidade de contaminação e risco à saúde humana, uma vez que a grande maioria se encontra em desconformidade estrutural, ambiental e legal, sem quaisquer medidas de proteção e prevenção gerando ônus ao solo, águas subterrâneas e superficiais e a população no entorno (MARCOMINI, 2012; MORAIS, 2019; ZANDONA, 2019).

### **2.5.1 Processo de decomposição dos corpos**

Existem algumas condicionantes que interferem diretamente no processo de decomposição da matéria orgânica, podendo ser tanto pertinente as características advindas do corpo como condição física, *causa mortis* e idade e as características do meio onde foi realizada a disposição final do corpo como temperatura, umidade e tipo de solo por exemplo (MARCOMINI, 2012).

Através da ação dos microrganismos existentes no solo, ocorrem os processos transformativos destrutivos da matéria orgânica por meio de reações físico-químicas que visam estabilizar os compostos. Em condições normais, pode-se dividir a decomposição cadavérica em quatro etapas, sendo, o período de coloração, gasoso, coliquativo ou humoroso e de esqueletização. Na prática, estas etapas podem ocorrer de forma simultânea em várias partes do corpo (MARCOMINI, 2012).

### **2.5.2 Período de Coloração**

A putrefação cadavérica inicia-se no intestino devido a maior concentração de flora bacteriana como as enterobactérias, resultando inicialmente no aparecimento de uma mancha verde na região abdominal entre 20 e 24 horas pós morte. Ao decorrer do tempo há o espalhamento desta mancha para outras regiões corpóreas como tórax, pescoço e rosto até tomar todo o cadáver. Já nesta etapa se dá início à geração de gases em virtude da putrefação (MORAIS, 2019).

### **2.5.3 Período Gasoso**

Os gases inicialmente gerados na cavidade abdominal no período de coloração passam a se difundir por todo o corpo formando bolhas que causam inchaço da pele, causando o chamado “gigantismo” devido à forte pressão intracorpórea causada pelos mesmos (MARCOMINI, 2012). São formados gases como H<sub>2</sub>S (sulfeto de hidrogênio), CH<sub>4</sub> (metano), NH<sub>3</sub> (amônia) e CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). Já o sangue existente se direciona para regiões periféricas do corpo, ficando os vasos desenhados nos tecidos. Por fim, dada as forças dos gases, pode-se desencadear o fenômeno de ruptura das paredes abdominais e a separação da epiderme do corpo (MORAIS, 2019).

### **2.5.4 Período Coliquativo**

Com o avanço da decomposição da matéria orgânica (putrefação) pelos microrganismos, é neste período que ocorre a decomposição dos tecidos moles do cadáver. Também denominada de fase humorosa, é neste momento que ocorre a geração do necrochorume, líquido denso e escuro também conhecido como líquido da coliquação e principal fonte de contaminação do solo e águas subterrâneas (MARCOMINI, 2012). As partes moles têm seu volume reduzido devido à desintegração dos tecidos e os gases são expelidos, ficando o corpo reduzido a uma massa de odor pútrido e aos poucos, amorfo. Nesse período, além dos microrganismos putrefativos, há intensa participação de larvas de insetos em quantidade na concorrência à destruição do cadáver (MORAIS, 2019). Esta fase pode durar anos após o sepultamento, numa faixa de temperatura entre 18 e 25°C, a depender das condições de resistência do corpo e da agressividade do meio externo. A ação continuada das bactérias, insetos e ácaros, em conjunto com as condições ambientais, reduz conseqüentemente o volume e conduz a matéria orgânica ao estado de poeira, deixando livre o esqueleto (MARCOMINI, 2012).

### **2.5.5 Período de Esqueletização**

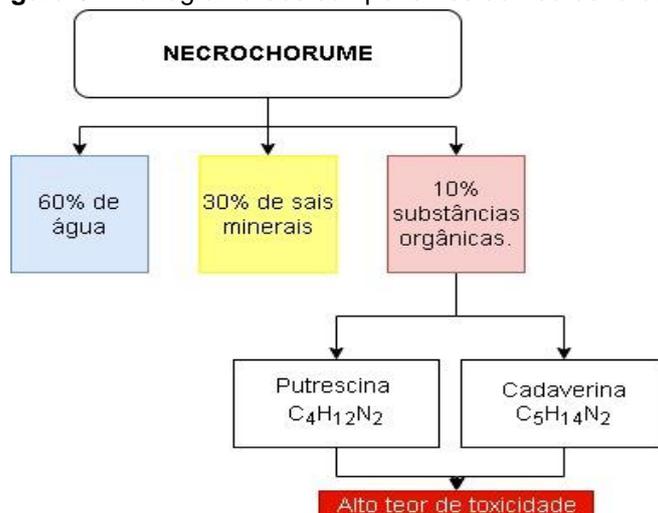
Nesta fase, o material residual orgânico oriundo dos ossos costuma liberar fósforo sob a forma de fosfina (PH<sub>3</sub>)<sub>g</sub>, segundo a Agência Americana para o Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças, esta substância traz risco a saúde humana. Possuindo cheiro desagradável, ela afeta principalmente o sistema

cardiovascular e respiratório. A inalação da mesma pode causar desde irritação no nariz a danos nos pulmões, bem como, tonturas, náuseas e outros sintomas. Se inalada numa concentração de cerca de 2000 ppm molar (0,2% molar), a fosfina é letal (BBC NEWS, 2020). Cabelos e ossos são os últimos a se decompor podendo resistir por muitos anos (MARCOMINI, 2012).

Os ossos ao longo do tempo vão perdendo a sua estrutura e resistência com a extinção da osseína, proteína responsável pela maior parte do peso dos mesmos, ficando presente apenas a porção mineral, representada pelo carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), tornando-os friáveis e mais leves. Em geral, ao ser desmontado o esqueleto, a massa cadavérica é reduzida a 18 a 20 kg, decorridos dois anos e meio a três anos do sepultamento. Esse período pode durar de vários meses a vários anos dependendo das condições ambientais do local (MARCOMINI, 2012) (MORAIS, 2019).

#### **2.5.6 Necrochorume**

O necrochorume é um líquido viscoso de coloração acinzentada à acastanhada, de cheiro pútrido, altamente polimerizável, formado por água (60% da composição), sais minerais (30%) e substâncias orgânicas desagradáveis que correspondem à 10% da composição, como mostra a Figura 6, possuindo densidade média de  $1,23 \text{ g/cm}^3$  (ALCÂNTARA, 2010; PACHECO, 2000). A relação entre o peso corpóreo e a produção deste efluente, segundo Carneiro (2008) é de 0,60 L/Kg, logo a geração do efluente irá variar com a massa do cadáver, em média, cada corpo pode liberar de 30 a 40 litros de necrochorume (CAMPOS, 2007).

**Figura 6** - Fluxograma dos componentes do necrochorume

Fonte: Adaptado de Carvalho (2019) *apud*. Bortolassi, (2012).

Das substâncias orgânicas presentes no necrochorume, destacam-se duas aminas com alta toxicidade: a cadaverina e a putrescina consideradas como venenos potentes e que, infelizmente, não há disponibilidade de remediadores de alta eficiência (ZANDONA, 2019). Essas substâncias orgânicas, são cancerígenas, neurotóxicas, nefrotóxicas, com potencial mutagênico e, além disso, são carreadoras de doenças infecto contagiosas que causam fortes distúrbios gastrointestinais podendo nos piores casos, levar à óbito como a febre tifoide e a hepatite (CARVALHO, 2019). As características da putrescina e da cadaverina são apresentadas no Tabela 1.

**Tabela 1** - Características gerais da putrescina e da cadaverina

Propriedade	Cadaverina (C <sub>5</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> )	Putrescina (C <sub>4</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> )
Massa Molecular	102,18	88,15
Densidade	0,873g/cm <sup>3</sup>	0,877g/cm <sup>3</sup>
Ponto de fusão	26° - 28° C	27° - 28° C
Ponto de ebulição	178° - 180° C	158° - 160° C
N <sup>20</sup> <sub>D</sub> (índice de refração)	1,4582	1,4569
Solubilidade em água (23°-28° C)	Elevada	Elevada
Toxicidade	Elevada	Elevada
Coloração	Pardacenta	Pardacenta
Odor	Corrosivo	Corrosivo

Fonte: Carvalho, 2019 *apud* Fineza, 2008.

No que tange aos outros compostos e partes do efluente cadavérico, destacam-se também a presença de químicos como nitrogênio, carbono, fósforo, cálcio, potássio, enxofre, cloro, sódio, ferro, magnésio. É possível, dentro de sua composição, identificar altos índices de bactérias degradadoras de matéria orgânica, proteínas e lipídios; bactérias excretadas por animais e humanos, como a *Escherichia coli* por exemplo que é uma indicadora de contaminação fecal e bem como uma flora bacteriana patogênica variada e vírus (CARVALHO, 2019).

Neste contexto, Kemerich (2012) diz:

“O necrochorume, produzido no processo de decomposição orgânica, é liberado de forma constante por cadáveres em decomposição e apresenta um grau variado de patogenicidade. Grande parte dos organismos patogênicos não tolera a presença de oxigênio disponível na zona insaturada do solo e acaba eliminada. Mas a uma maior profundidade, nos aquíferos por exemplo, a escassez de oxigênio permite abundante desenvolvimento destes microrganismos. No caso de a captação de água para consumo humano ou animal ser feita a partir de poços com pequena profundidade, pessoas e animais que se servirem dela estão sob risco de doenças provocadas pela presença desses organismos. Assim, a produção e liberação de necrochorume e ainda, a proliferação de organismos patogênicos no processo de decomposição dos corpos tornam-se alguns dos principais fatores de contaminação dos recursos hídricos, devido a instalação inadequada de necrópoles e a falta de gerenciamento feito por órgãos públicos” (KEMERICH, 2012).

### 2.5.7 Contaminação do solo

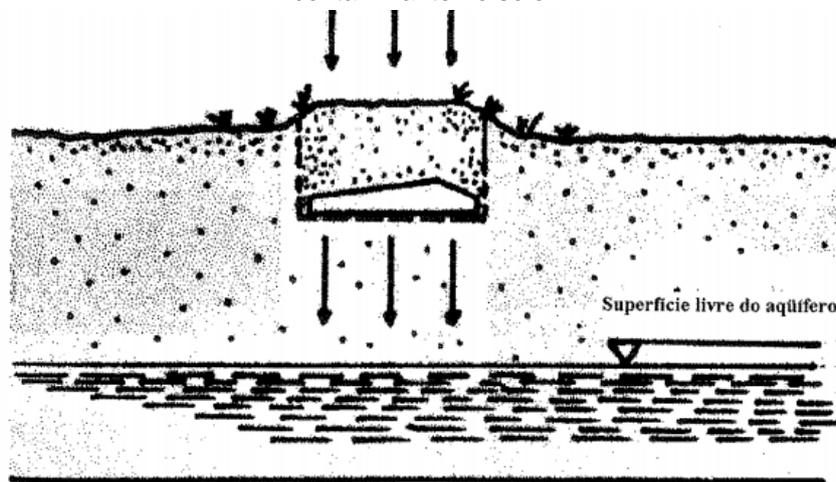
De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o solo pode ser definido por

“Uma camada superficial constituída de partículas minerais e orgânicas, distribuídas em horizontes de profundidade distintas, resultante da ação conjunta de agentes intempéricos sobre as rochas e a adaptação destas às condições de equilíbrio do meio em que se encontram expostas, geralmente diferentes daquele que condicionou sua gênese, apresentando variabilidade espacial” (EMBRAPA, 2021).

Pode-se dizer de forma simplória que o solo atua como um filtro, retardando e atenuando a concentração do necrochorume conforme o deslocamento do mesmo. A contaminação do solo se dá pela ação da precipitação que executa uma espécie de lavagem da sepultura e transporta o

contaminante para camadas mais profundas até encontrar a superfície do aquífero como mostra a Figura 7.

**Figura 7**– Esquemática da ação da água da chuva no favorecimento da percolação do contaminante no solo.



Fonte: Pacheco, 2000.

Portanto, a contaminação atinge, na maioria dos casos, a zona não saturada mas varia de acordo com a estrutura hidrogeológica do local do empreendimento (ALCÂNTARA, 2010; ZANDONA, 2019), a mesma ocorre quando os cemitérios são implantados em locais que apresentam condições tanto ambientais - etapa de implementação - quanto estruturais – etapa de operação - desfavoráveis (KEMERICH, 2012) sendo assim, é de suma importância o conhecimento das condições físicas do meio onde pretende se alocar o empreendimento cemiterial pois o tipo de solo será fator primordial e condicionante na velocidade e na capacidade de decomposição por parte dos microrganismos (ZANDONA, 2019).

Segundo a definição e caracterização de solos dada pela EMBRAPA, os solos ditos argilosos são aqueles com quantidade superior à 35% da fração argila, apresentando alta capacidade de flocculação, baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Já os solos arenosos, a quantidade da fração areia é maior que 70% e a fração argila menor que 15%, possuem boa aeração, baixa capacidade de retenção de água e baixas taxas de presença de matéria orgânica, inviabilizando o crescimento da microbiota e das plantas (ALCÂNTARA, 2010 *apud*. EMBRAPA, 1999).

A Figura 8 exemplifica a situação de vulnerabilidade em três situações distintas para casos de solos com baixa, média e alta permeabilidade, onde a situação B e C encontram-se totalmente em desconformidade com o que preconiza a resolução CONAMA 368/2006 (ALCÂNTARA, 2010). Salienta-se que, se a permeabilidade do solo é mediana, contudo, há uma capacidade adsorptiva adequada somada a distância suficiente até o topo do freático, o necrochorume tem uma mobilidade suficientemente lenta para as substâncias do efluente cadavérico não serem retidas e, conseqüentemente, metabolizadas e eliminadas na zona não saturada (ZANDONA, 2019).

**Figura 8** – Situação de vulnerabilidade de contaminação do solo.



Fonte: Zandona, 2019 *apud*. Bortolassi, 2012.

A grande problemática em torno do tipo de solo adequado a este tipo de empreendimento está na propensão a ocorrer os ditos “Fenômenos Conservativos” que causam a decomposição parcial estacionária do cadáver, levando mais tempo para a putrefação e a neutralização dos efluentes gerados, prolongando a permanência dos corpos semidecompostos, aumentando o perigo de contaminação no meio (ALCÂNTARA, 2010). Segundo Pacheco (2000), “O solo argiloso, poroso, impermeável ou pouco permeável, quando saturado de água, facilita a conservação. Portanto, este solo não é recomendável para sepultamentos” (PACHECO, 2000) enquanto que os solos arenosos, devido à baixa capacidade de reter água, há ocorrência de arejamento das sepulturas delongando o processo de putrefação e nas estações chuvosas ocorre a

saturação deste solo viabilizando também o processo de conservação do cadáver (ALCÂNTARA, 2010).

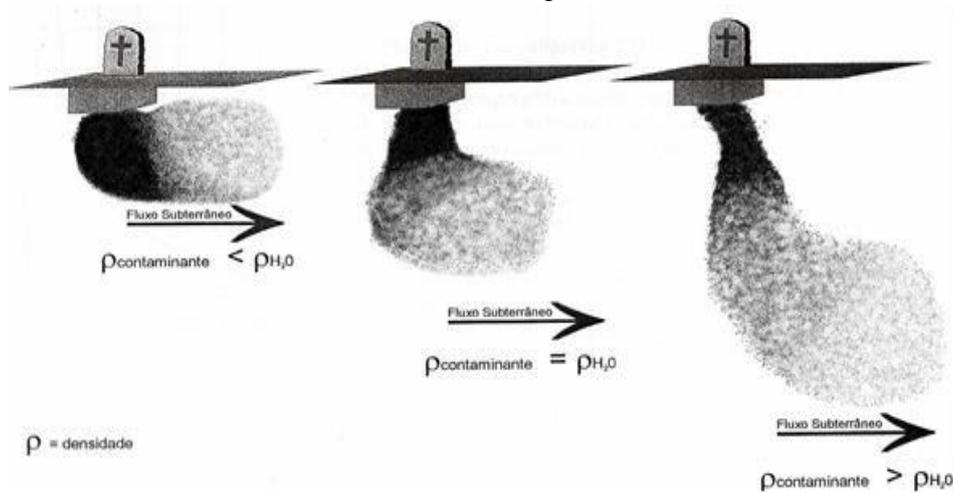
Sendo assim, a falta de estudos prévios adequados para a caracterização do local somados à ausência de medidas de proteção ambiental efetivas no sepultamento de corpos humanos em covas abertas no solo, ao longo dos últimos séculos, fez com que a área de muitos cemitérios fosse contaminada por diversas substâncias, orgânicas e inorgânicas, e por microrganismos patogênicos (KEMERICH, 2012).

#### **2.5.8 Contaminação de águas subterrâneas e superficiais.**

Como apresentado no tópico 2.5.3, a maior parte da contaminação por necrochorume acontece na zona não saturada, entretanto, o efluente cadavérico pode chegar até o lençol freático, dependendo das condições hidrogeológicas do local do empreendimento (ALCÂNTARA, 2010). A zona vadosa é composta de partículas sólidas e de poros podendo estar preenchidos por ar ou água. Já a zona saturada contém água em todos os espaços disponíveis. A divisão das duas partes é o início do lençol freático (ZANDONA, 2019).

O transporte do contaminante se dá inicialmente de forma vertical e, ao atingir o aquífero, se locomove preferencialmente no sentido do fluxo subterrâneo de forma horizontal. Como a densidade do efluente é diferente da água, a tendência é a solubilização em água de uma fração deste contaminante e conseqüentemente a formação de plumas de contaminação que se disseminam pelo solo saturado a velocidades variadas, podendo atingir distâncias consideráveis a partir de sua fonte (ZANDONA, 2019) como denota a Figura 9.

**Figura 9** - Fluxo da pluma de contaminação do necrochorume com relação a densidade do efluente e a água.

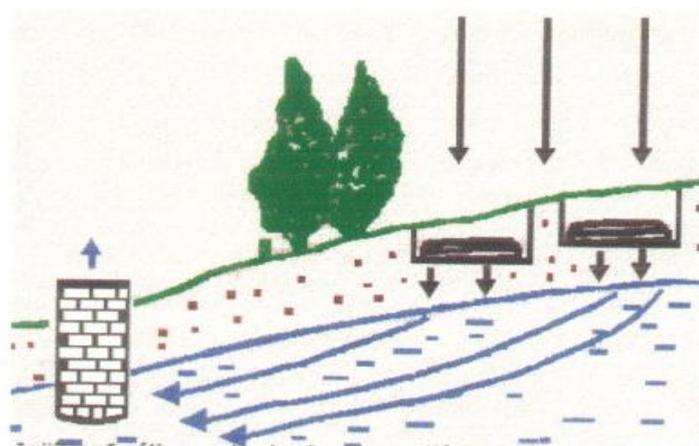


Fonte: Pacheco (2000) apud. Silva (1986).

Se o necrochorume, ao chegar no aquífero, ainda contiver contaminante, o manancial estará comprometido. Uma das mais severas problemáticas da ocorrência destas plumas que chegam até o freático é a possibilidade de interceptação com poços de captação de água para consumo como mostra a

Figura 10. Se utilizada, pode causar severos danos à saúde humana devido a presença de patógenos (PACHECO, 2000).

**Figura 10** - Esquemática do fluxo do contaminante para o aquífero e interceptação do mesmo por poço de captação.



Fonte: Pacheco, 2000.

No que concerne as águas superficiais, os empreendimentos cemiteriais construídos em terrenos desfavoráveis com alta elevação e variabilidade

topográfica ou que tenham forte impermeabilização devido a urbanização atrelada a sistemas de drenagem de baixa eficiência ou ausentes, essas águas de chuvas podem escoar e inundar sepulturas desprovidas de boa estanqueidade. Em seguida, essas águas podem também se locomover para vias públicas, interceptar plantações, serem consumidas por animais e por fim se misturarem a rede de coleta pluvial da cidade sendo direcionada a corpos hídricos, aumentando ainda mais a área de influência da contaminação além da própria área do cemitério (ZANDONA, 2019).

Alcântara (2010), Kemerich (2012) e Zandona (2019) discorrem que no que tange ao risco à saúde humana, a problemática da contaminação por necrochorume se dá pelas doenças de veiculação hídrica, sendo que os patógenos presentes no necrochorume atingem a água que, eventualmente, pode ser utilizada para consumo. Ao se entrar em contato com esses agentes, há ocorrência de doenças gastrointestinais como, por exemplo, vômitos, cólicas e diarreias, e podem ser transmitidos por bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos, todos possíveis de estarem no produto da coliquação de cadáveres (ALCÂNTARA, 2010; KEMERICH, 2012; ZANDONA, 2019).

### **2.5.9 Contaminação do ar**

O processo de decomposição dos corpos envolve o período gasoso que consiste na geração de gases provenientes da atividade microbiológica. Esses gases também podem ser nocivos à saúde humana, podendo-se citar o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), extremamente tóxico e inflamável; gás metano ( $CH_4$ ) altamente inflamável e pode vir a entrar em combustão espontânea; gás amônia ( $NH_3$ ) facilmente solúvel em água e tóxico e o  $CO_2$  (dióxido de carbono) gás inodoro e incolor, entretanto, sufocante com alto potencial letal, portanto, a liberação desses gases de forma descontrolada, sem a devida coleta e tratamento prévio pode ocasionar doenças respiratórias de irritação dos olhos e de doenças cardiovasculares (KEMERICH, 2012).

## **2.6 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Conforme amplamente discutido no tópico 2.5 deste trabalho, retoma-se a ideia que Sanchez (2013) traz em sua pesquisa quando define o conceito de impacto ambiental associando de forma direta os danos causados a natureza em

virtudes de atividades antrópicas que resultam em perdas para o meio ambiente (SANCHEZ, 2013). Sendo assim, o propósito dos estudos de impactos ambientais e como avalia-los de forma técnica torna-se ferramenta imprescindível na prevenção e proteção dos bens ambientais de interesse visando o desenvolvimento sustentável (MARTINS, 2007).

No Brasil, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um instrumento pertinente ao licenciamento ambiental respaldado pela Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), Lei nº 6938/81 e pelas Resoluções do CONAMA 001/86 e 237/97 (MARCOMINI, 2012). A AIA objetiva, em resumo, englobar aspectos bióticos, físicos, sociais e econômicos para que sejam elencados os possíveis impactos gerados com a implementação de empreendimentos e dar embasamento técnico para a tomada de decisão quanto as medidas mitigatórias para a redução desses impactos, sendo que as principais metodologias difundidas são: Ad hoc; Checklist; Matrizes de interação; Modelos computacionais (MORAIS, 2019).

A matriz de interação proposta por Leopold (1971) foi uma ferramenta pioneira no que tange a avaliação de impactos ambientais e foi desenvolvida a partir da solicitação do Serviço Geológico Americano afim de sistematizar a AIA (LEOPOLD, 1971). Na ocasião, Leopold (1971) elencou 100 ações antrópicas que podem causar impacto ambiental e 88 elementos ambientais que podem ser acometidas de ações humanas, gerando 8800 interações possíveis cabendo ao analista avaliar individualmente cada projeto e verificar quais interações desta matriz eram adequadas à análise (SANCHEZ, 2013). O preenchimento da matriz de Leopold original leva em consideração a magnitude e a importância em uma escala de 0 à 10, ao passo que a magnitude encontra-se no canto superior esquerdo da célula e a importância no canto inferior direito, bem como é colocado o sinal de + se o impacto for positivo ou – se for maléfico (SANCHEZ, 2013).

Leopold (1971) diz que a metodologia propõe uma matriz que é suficientemente geral para ser utilizada como uma lista de verificação de

referência e possui função comunicativa uma vez que serve como um resumo do texto da AIA através de um recurso visual que viabiliza a interpretação rápida por parte de quem lê e avalia tecnicamente o estudo na tomada de decisão (LEOPOLD, 1971) (SANCHEZ, 2013).

Existem atualmente muitas variações da matriz de interação proposta por Leopold (1971), de forma simplificada consiste de duas listas dispostas de linhas e colunas onde, uma das listas são levantadas as principais atividades que serão desenvolvidas no empreendimento em análise e na outra os elementos ambientais pertinentes que pode vir a ser afetados pelo projeto, sendo o principal objetivo, identificar as possíveis interações entre o empreendimento e o local onde se encontra o mesmo (SANCHEZ, 2013). A principal vantagem da utilização de matrizes é a grande abrangência pois trata do meio físico, social e biológico e permite a comparação entre vários meios de intervenção, entretanto, uma das suas desvantagens é a subjetividade da avaliação (DA COSTA *et al.* 2019).

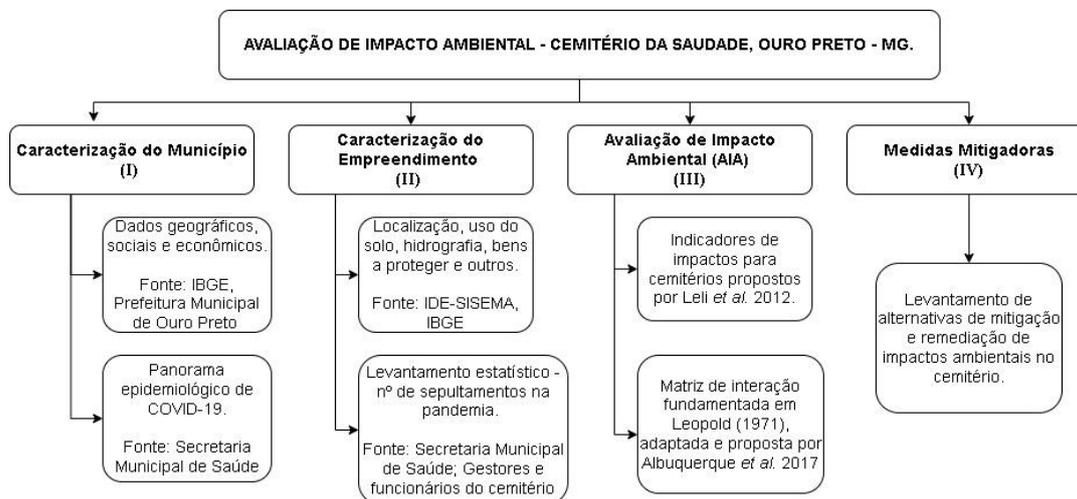
### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Esta pesquisa possui caráter exploratório, para tanto, a metodologia utilizada para a realização da mesma constituiu-se de uma revisão bibliográfica baseada em livros, teses, artigos, dissertações, dados secundários de órgãos ambientais em escala federal, estadual e municipal e legislações pertinentes ao tema, amplamente discutidas e detalhadas, a fim de fundamentar os conceitos históricos, legais e técnicos bem como contextualizar a dinâmica da atividade cemiterial e a interação desses empreendimentos com o meio ambiente.

Este trabalho se dividiu em quatro etapas, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 11: I) caracterização geográfica, social e econômica do município de Ouro Preto/MG, baseada nos dados do IBGE e da Prefeitura Municipal, bem como sua situação epidemiológica no que se refere aos óbitos ocasionados por COVID-19 utilizando dados da Secretária Municipal de Saúde do município; II) diagnóstico ambiental do Cemitério da Saudade, realizado através de dados geoprocessados obtidos no sistema IDE-SISEMA e do levantamento de dados de campo utilizando o software QGIS; III) avaliação de impacto ambiental, em decorrência do aumento de sepultamentos no cemitério

Parque da Saudade decorrentes da pandemia da Covid-19; IV) proposição de medidas mitigadoras condizentes com a realidade do empreendimento como alternativa de gestão ambiental e melhoria do cemitério.

Figura 11 - Fluxograma de etapas de execução da pesquisa



Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA FRENTE À COVID-19

A partir da base de dados do IBGE e de pesquisa bibliográfica, foram levantados aspectos geográficos, fisiográficos e socioeconômicos do município. Levantou-se também, através dos boletins epidemiológicos disponibilizados pela equipe de epidemiologia da Prefeitura Municipal de Ouro Preto/MG, o panorama da pandemia de COVID-19 no município.

### 3.2 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado no cemitério municipal Parque da Saudade no município de Ouro Preto – MG (Figura 12), localizado na Rua da Saudade, no bairro Jacuba, no sentido da saída da cidade, à 3 km do centro do município. O cemitério está situado na latitude 20°22'48.4"S e longitude 43°31'35.6" W. Com área aproximada de 25.800 m<sup>2</sup>.

Figura 12 - Mapa de localização do cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG.



### 3.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

Utilizando dados secundários provenientes do IDE-SISEMA - sistema de informações geoespaciais da Secretária de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (SEMAD) - do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) e de levantamento de campo foi realizado um diagnóstico ambiental simplificado em escala macro com relação às características de solo, hidrografia, geologia e hidrogeologia do local. Levantou-se também o quantitativo de sepultamentos, através de dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde, no cemitério municipal Parque da Saudade, a fim de se avaliar a sobrecarga em virtude da pandemia de COVID-19.

### 3.4 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO NECROCHORUME E OUTROS ASPECTOS

A partir dos indicadores propostos por Leli *et al.* (2012) apresentados na Tabela 2, da matriz de interação adaptada proposta por Albuquerque (2017) (Tabela 3) e dos aspectos observados em campo, identificou-se os principais impactos ambientais causado pelo necrochorume descritos na biografia de pesquisa, bem como, os impactos causados por outros fatores identificados. Executou-se ao final do levantamento de campo, uma entrevista com a única moradora residente ao lado do cemitério para que fosse possível entender a visão social acerca do empreendimento.

**Tabela 2** – Principais indicadores para AIA em cemitérios.

<b>Dimensão</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>	<b>Indicador</b>
<b>Física</b>	Dinâmica da água superficial	Transporte de sedimentos provenientes da abertura/construção de sepulturas; Erosão do solo exposto	Quantidade de processos erosivos no local; sedimentos depositados.
	Características da água subterrânea	Contaminação das águas subterrâneas	Cor, turbidez, pH, temperatura, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, cálcio, coliformes termo tolerantes e totais
	Características do ar	Mudanças nas características do ar por emissão de gases provenientes da decomposição dos cadáveres	Emissão de gases como CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , odor
<b>Biótica</b>	Características da fauna	Presença de vetores como ratos, urubus, mosquitos e quaisquer outros tipos de animais.	Quantidade de vetores



Magnitude dos Impactos 1 à 3 - Pouco Importante 4 à 6 - Médio Importante 7 à 10 - Muito Importante		Magnitude		Duração		Natureza		Temporalidade			Reversibilidade		Forma	
		Importância do Impacto	Temporário	Permanente	Positivo	Negativo	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo	Reversível	Irreversível	Direta	Indireta	
IMPACTO														
	Qualidade do Ar													
	Uso do solo vizinho													
	Gases													
	Metais Pesados													
	Necrochorume													
Meio Biótico	Flora													
	Fauna													
	Micro-organismos (vírus, fungos e bactérias)													
Meio Antrópico e Económico	Paisagem Urbana													
	Paisagem Natural													
	Imóveis ao redor													
	Costumes e tradições													
	Saúde													

Fonte: Albuquerque, 2017.

### 3.5 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS

Para propor medidas mitigadoras adequadas ao cemitério municipal Parque da Saudade, em consonância com a capacidade estrutural do mesmo e operativa do município, foram levantadas, através da pesquisa bibliográfica, alternativas de mitigação para cada um dos impactos ambientais avaliados, de forma a minimizar os impactos identificados.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO**

O presente estudo foi realizado no cemitério Parque da Saudade na cidade de Ouro Preto/MG. O município encontra-se na região centro-sul de Minas Gerais, a sudeste da capital Belo Horizonte, situado há 1150 metros de altitude em relação ao nível do mar, com coordenadas geográficas 20°23'13''S e 43°30'25''W e área de aproximadamente 1245,87 km<sup>2</sup> e uma população de 70.281 mil habitantes (IBGE, 2010; FERREIRA, 2010). Segundo o levantamento do perfil socioeconômico realizado pela Associação Comercial e Empresarial de Ouro Preto (ACEOP), o IDH – índice de desenvolvimento humano – de 2019 ficou em 0,741 numa escala que varia de 0 à 1, com remuneração média de R\$ 1216,00 (ACEOP, 2019). O percentual da população ocupada em relação a população total é de 26,8% (IBGE, 2019).

A cidade encontra-se inserida no quadrilátero ferrífero, em um vale limitado pela Serra de Ouro Preto na porção norte e a Serra do Itacolomi na região sul, sendo esses os principais elementos da paisagem urbana. O relevo do município é variado, contendo regiões mais elevadas e íngremes, chegando a 1772 metros de altitude (Pico do Itacolomi), sustentadas por quartzitos e formações ferríferas, e regiões mais baixas, com 1060 metros de altitude, compostas de vales (mares de morros) constituídos principalmente de gnaisses (FERREIRA, 2010; COSTA, 2018). A rede de drenagem é composta de duas grandes bacias hidrográficas, a do Rio das Velhas, pertencente a bacia do Rio São Francisco, e a do Rio Doce (FERREIRA, 2010).

O clima é descrito por verões chuvosos e quentes e estação seca de curta duração. Segundo Castro (2006), a região possui elevadas taxas de pluviosidade média anual, em torno de 1.600 mm, e regime pluviométrico típico de clima tropical de altitude, com temperatura média anual de 18,5 °C (CASTRO, 2006). O município encontra-se no bioma Mata Atlântica, com florestas semidecíduas, vegetação adaptada a umidade elevada (higrófilas) e de galeria, campos rupestres e matas de candeia (FERREIRA, 2010).

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

### 4.2.1 Aspectos ambientais

A partir do cruzamento de dados georreferenciados do IDE-SISEMA, verificou-se que o empreendimento se encontra alocado entre os tributários Córrego do Azedo e Ribeirão do Funil, pertencentes a bacia do Rio Doce, importante bacia hidrográfica cuja área de drenagem é de 86.715 km<sup>2</sup>, da qual 86% dessa área encontra-se em Minas Gerais (CBH-Doce, 2016). Em visita in loco, não se detectou a presença de cursos d'água nas imediações do terreno e os tributários distam de mais de 30 metros do empreendimento conforme preconiza a Resolução CONAMA 353/2006.

No que tange a vegetação, de acordo com a caracterização do município (item 4.1), o cemitério encontra-se em área degradada do bioma Mata Atlântica, um dos mais ameaçados no Brasil pela expansão urbana (CBH-Doce, 2016). Por estar consolidado a paisagem encontra-se bastante alterada e no local há predominantemente vegetação rasteira composta em sua maioria por gramíneas que recobrem o jardim de sepultamento e o restante do terreno, bem como árvores de médio a grande porte, como por exemplo *Eucalyptus globulus* no entorno do perímetro que atuam como cinturão verde como evidenciado na Figura 13.

**Figura 13** - Registro fotográfico da vegetação existente no cemitério.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

O relevo do local é predominantemente ondulado. Por ser um terreno em sua grande parte íngreme, apenas a porção que se encontra em condição menos declivosas é usada para sepultamento. O solo encontra-se bastante alterado devido a atividade do empreendimento.

Utilizando-se dos dados de solos disponibilizado no IDE-SISEMA, juntamente com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – verificou-se que o empreendimento está alocado sobre um cambissolo háplico distrófico, este tipo de solo normalmente ocorre em relevos ondulados e é caracterizado por serem pouco desenvolvidos, rasos, fortemente à imperfeitamente drenados, de textura francoarenosa, coloração amarelada à amarronzado e geralmente apresenta teores uniformes de argila (EMBRAPA, 2021). Entretanto, devido antropização por conta da atividade do empreendimento que requer movimentação de terra para abertura de covas, localmente a condição do solo é outra como evidenciado pela Figura 14.

**Figura 14** - Condições atuais do solo no cemitério Parque da Saudade.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

O cemitério encontra-se sob a formação geológica do grupo Piracicaba caracterizada por quartzitos, filitos ferruginosos e dolomitos. Essas rochas são, respectivamente, metamórficas, metassedimentar e sedimentares. O quartzito é maciço, apresenta alta dureza e é mais resistente ao intemperismo, assim como o dolomito, que possui alto teor de cálcio e magnésio. O filito é uma rocha de granulação fina, ou seja, menos resistente ao intemperismo (FERREIRA, 2010; USP, 2021). O sistema hidrogeológico onde está inserido o cemitério correspondente ao grupo Piracicaba e inclui aquíferos – unidade geológica que, embora possa armazenar quantidades importantes de água, é de natureza semipermeável e portanto transmite água a uma taxa muito baixa, o que inviabiliza o seu aproveitamento a partir de poços e/ou furos de captação de água (CPRM, 2021) - associados a xistos e aquíferos associados às unidades quartzíticas.

#### **4.2.2 Aspectos Físicos e Sociais**

O único cemitério público do município de Ouro Preto foi inaugurado no ano de 1981, segundo indica a placa de identificação na entrada do

empreendimento (Figura 15). Desde então, de acordo com a Prefeitura Municipal (2021), vem recebendo corpos de pessoas que, em sua maioria, não conseguem arcar financeiramente com os enterros nos cemitérios particulares geridos pelas congregações religiosas.

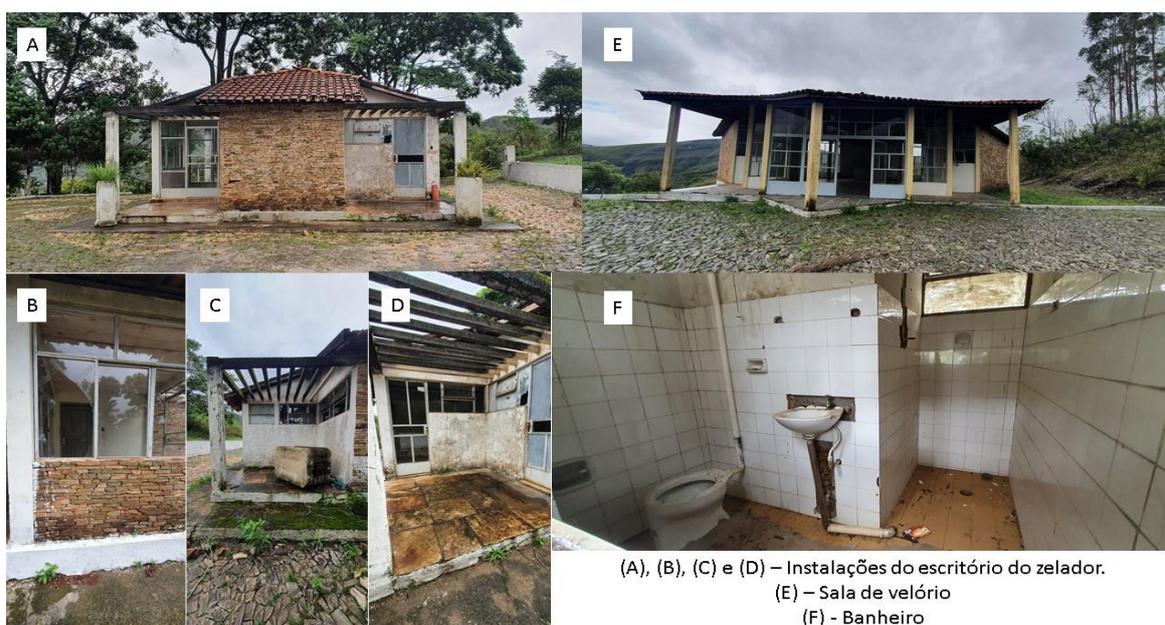
**Figura 15** – Placa de inauguração do Parque da Saudade.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

O terreno, que se encontra ao lado da unidade prisional de Ouro Preto, tem área de aproximadamente 25.800m<sup>2</sup> e conta com uma infraestrutura limitada, composta por uma sala de zelador contendo um banheiro e uma sala de velório (Figura 16).

**Figura 16** - Registro fotográfico das instalações do cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG.



(A), (B), (C) e (D) – Instalações do escritório do zelador.  
(E) – Sala de velório  
(F) - Banheiro

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Não há, no local, estrutura para cremação ou sala de ossário, sendo assim, não se sabe por quanto tempo os restos mortais ficam enterrados ali bem como se há manejo dos ossos após todo o processo de decomposição corpórea.

O método de sepultamento predominante é por inumação, ou seja, a cova é aberta e a câmara funerária é disposta diretamente no solo, sendo que quase não há no local construções de alvenaria (Figura 17) e as existentes encontram-se em mau estado de conservação.

**Figura 17** - Registro fotográfico do jardim de enterros do cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Havia também presença de resíduos sólidos dispostos a céu aberto próximo a entrada e na parte inferior do cemitério (Figura 18), que contribuem para a condição de insalubridade do ambiente, favorecem processos de contaminação devido à decomposição do mesmo e atraem vetores (avifauna, ratos, mosquitos e etc) que podem viabilizar proliferação de doenças.

**Figura 18** - Disposição de resíduos sólidos no cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG



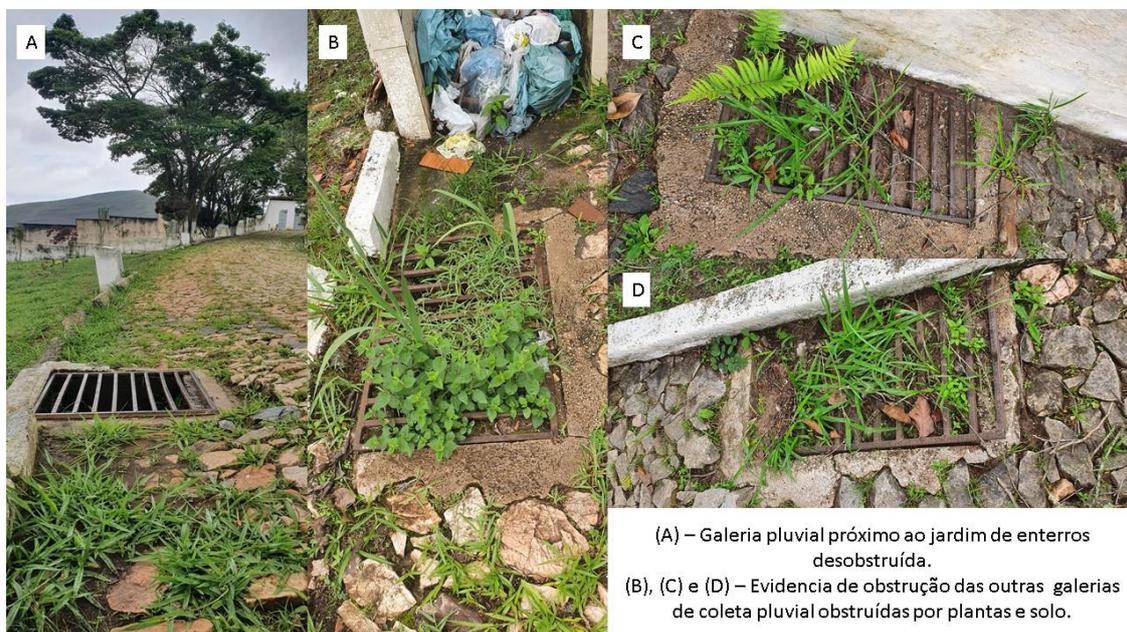
(A) Resíduos sólidos dispostos ao lado da entrada do cemitério.

(B) Resíduos sólidos misturados com restos de matéria vegetal encontrados na parte inferior do cemitério

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

A pavimentação das vias de acesso, tanto da Rua da Saudade quanto do interior do empreendimento, é de pedras. Há, no local, uma rede de coleta de drenagem pluvial com galerias tubulares como evidenciado na Figura 19. Durante o trabalho de campo pode-se observar que as galerias apresentavam obstrução por plantas e sedimentos, o que indica a falta de manutenção no local bem como a possível ocorrência processos erosivos. Não se localizou qualquer poço de monitoramento de água subterrânea nas imediações do empreendimento.

**Figura 19** - Rede de drenagem no cemitério Parque da Saudade, Ouro Preto-MG.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

O empreendimento conta com apenas um funcionário que em entrevista por áudio, informou ser o responsável pelos sepultamentos e cuidados diversos no local. O mesmo, juntamente de sua esposa e suas duas filhas são os únicos vizinhos residenciais do empreendimento. Eles moram na residência há cerca de 7 anos, e sua casa utiliza ainda uma parte do muro do cemitério (Figura 20).

**Figura 20** – Registro fotográfico da única residência próxima ao empreendimento.

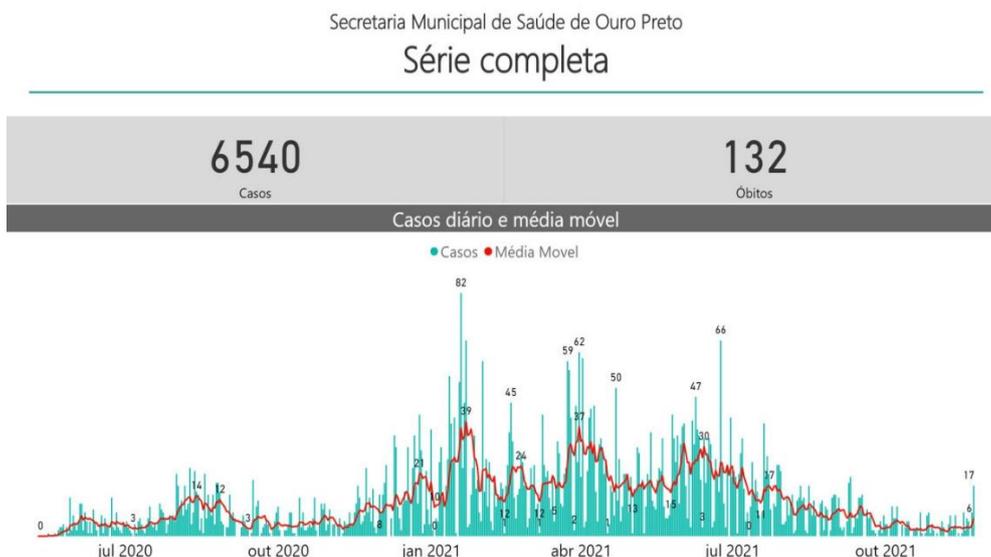


Fonte: Acervo pessoal, 2021.

O funcionário reportou que no início da pandemia, com o aumento dos óbitos no município, sentiu que sua carga de trabalho aumentou bastante, mas mesmo assim continuou sendo o único colaborador do empreendimento. Em entrevista, disse que a sensação é de que o cemitério está em situação de abandono pelo poder público e que não há investimento em melhorias estruturais e ambientais. Quando perguntado aos únicos vizinhos como se sentiam morando ao lado do cemitério frente ao aumento de óbitos no local os entrevistados responderam que se sentem receosos, mas quando questionados se tem preocupação com possíveis problemas de saúde que este empreendimento pode causar quando não há manejo adequado disseram não se preocupar. Eles acham um local tranquilo para se morar, o que denota a realidade inerente a muitas populações que habitam os arredores deste tipo de empreendimento, pois o risco advém em sua maioria de coisas que não podemos ver, como a mobilidade de contaminantes que ocorre de forma subterrânea, por exemplo.

#### **4.3 SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DA PANDEMIA DE COVID-19 EM OURO PRETO/MG**

A cidade de Ouro Preto registrou seu primeiro caso de COVID-19 em 16 de maio de 2020, conforme informa o Boletim Informativo SMS/OP 16/05/2020, a partir deste caso a doença se espalhou pelo município, e desde então, de acordo com o levantamento da Secretaria de Saúde (Figura 21), até o dia 24 de novembro de 2021, foram confirmados 6540 casos e 132 óbitos em virtude da doença (BE-PM/OP, 2021).

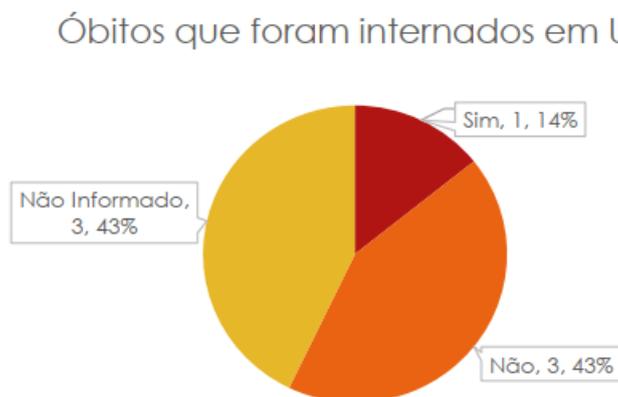
**Figura 21** - Série completa de casos registrados no município de Ouro Preto-MG.

Fonte: Secretária de Saúde de Ouro Preto-MG, 2021.

O município conta com apenas um hospital público, segundo o informativo de onda vermelha do município do dia 08/01/2021, o hospital contava com vinte leitos de unidade de terapia intensiva adulto no sistema único de saúde (SUS), sendo que desse total, dez eram exclusivos para o atendimento de pacientes com COVID-19 (BE-PM/OP, 2021), e rapidamente foram preenchidos em virtude da disseminação da doença, o que pode ter fomentado a elevação do número de óbitos.

Conforme informa o boletim epidemiológico detalhado que consta no *site* oficial da prefeitura, até a 29ª semana de monitoramento da COVID-19, que data de agosto de 2020, apenas 14% dos óbitos tiveram acesso à UTI, enquanto que 43% dos óbitos se quer tiveram acesso a um leito e os outros 43% não apresentam nenhuma informação sobre o ocorrido (Figura 22) (BE-PM/OP, 2020), Isso se dá devido a capacidade estrutural do sistema de saúde da cidade que sofreu grande pressão nos picos da pandemia.

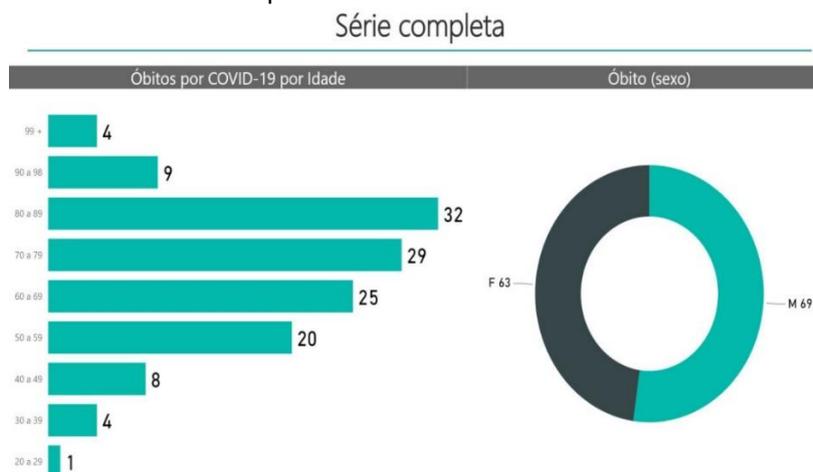
**Figura 22** - Óbitos por COVID-19 até a 29ª semana epidemiológica em Ouro Preto que tiveram acesso à UTI.



Fonte: Informe Epidemiológico Detalhado COVID-19 de Ouro Preto, MG, 2020.

Segundo o assessor de comunicação da Secretaria de Saúde do município, Fábio Rocha, não foram mais elaborados informes na mesma estrutura do realizado até a 29ª semana, sendo este alterado para o documento “Painel de Transparência da Vacinação” disponível para *download* na página oficial da prefeitura municipal de Ouro Preto. Segundo o documento atual, desde o início da pandemia, dos 132 óbitos registrados, 63 pessoas eram do sexo feminino e 69 do sexo masculino, de faixa etária predominante entre 50 a 89 anos, como mostra a Figura 23 (BE-PM/OP, 2021).

**Figura 23** - Óbitos por idade e sexo no município de Ouro Preto-MG desde o início da pandemia de COVID-19.



Fonte: Secretária de Saúde de Ouro Preto-MG, 2021.

#### 4.3.1 Destinação dos corpos para o cemitério municipal Parque da Saudade e estimativa de produção de necrochorume

Deste quantitativo de óbitos, uma parte dos corpos foi encaminhada para sepultamento no cemitério municipal Parque da Saudade, segundo entrevista de áudio realizada no dia 07/12/2021 com o funcionário responsável pelos sepultamentos.

Não houve acesso a dados oficiais com relação ao quantitativo exato de corpos encaminhados ao cemitério, entretanto, em levantamento de campo *in loco*, contou-se juntamente com o funcionário responsável pelas inumações 48 corpos do sexo masculino e 29 do sexo feminino que correspondem as datas de estudo que compreendem entre maio de 2020 a novembro de 2021.

Conforme amplamente discutido na revisão bibliográfica desta pesquisa, a grande problemática em torno dos cemitérios está na produção de necrochorume com o processo de decomposição dos corpos. Levando-se em consideração o que é discutido no tópico 2.5.6 desta pesquisa, sabe-se que a produção de necrochorume média é de 0,60 L/Kg e como não se sabe as características físicas de cada ente falecido, adotando a média brasileira, de acordo com levantamento do IBGE, de 70 Kg para homens e 58 Kg para mulheres. Estima-se, portanto, um aporte total de 3025,2 litros de necrochorume no solo deste cemitério, em virtude dos sepultamentos de COVID-19 (Tabela 4).

**Tabela 4** – Estimativa de produção de necrochorume no cemitério Parque da Saudade pelos sepultamentos em decorrência da COVID-19.

Sexo	Nº estimado de indivíduos	Peso Médio (Kg) (IBGE)	Produção estimada de necrochorume (L/Kg)	Estimativa do aporte total de necrochorume no solo em litros
MASCULINO	48	70	0, 60	2016,0
FEMININO	29	58		1009,2
<b>NECHORORUME PRODUZIDO (ESTIMADO)</b>				<b>3025,2</b>

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

#### **4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL (AIA)**

A partir da visita *in loco*, bem como da caracterização do empreendimento, pôde-se identificar os possíveis impactos ambientais que estão associados ao cemitério, destacando-se, como enfoque principal deste trabalho, a problemática enfrentada pela elevação do número de sepultamentos no cemitério municipal Parque da Saudade advindo dos óbitos ocasionados pela pandemia de COVID-19 na cidade de Ouro Preto-MG e, conseqüentemente, o aumento da produção e da contaminação por necrochorume. Ao longo dessa análise, levou-se em consideração também todas as outras fragilidades encontradas no empreendimento. A listagem de impactos identificados baseado na metodologia adaptada de Leli *et al.* 2012 está disposta na Tabela 5.

**Tabela 5** – Impactos identificados *in loco*.

Dimensão	Aspecto	Impacto
FÍSICA	Enterro por inumação direta no solo	Contaminação do solo provocada pela decomposição dos corpos (metais pesados; necrochorume e outros compostos)
	Ausência de impermeabilização do solo	Contaminação do solo e água subterrânea por metais pesados; necrochorume e outros compostos
	Ausência de sistema de coleta de gases	Mudanças nas características do ar por emissão de gases provenientes da decomposição dos cadáveres.
	Ausência de sistema de monitoramento de freático	Inviabilização de qualquer tomada de decisão frente à uma possível contaminação do aquífero por necrochorume
	Presença de resíduos sólidos sem condicionamento adequado	Odores, presença de vermes e outros organismos decompositores
	Ausência de manutenções no cemitério	Inviabilização da utilização das estruturas de apoio (banheiro, escritório)
	Obstrução das galerias de drenagem pluvial	Fomento de processos erosivos
BIÓTICA	Ausência de manejo da vegetação	Vegetação muito alta para os padrões de jardim cemiterial; possível presença de animais peçonhentos escondidos
SOCIAL	Ausência de EPI's	Acidentes e doenças
	Transporte coletivo	Acesso dificultado
	Imóveis vizinhos	Podem estar alocados em área suspeita de contaminação
	Saúde da população do entorno	Possível dano por doenças causadas por animais e veiculação hídrica
	Destinação final dos corpos	Alento psicológico e emocional à famílias no momento do luto.

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

A avaliação dos impactos identificados foi realizada a partir realidade observada no empreendimento e da mensuração subjetiva de importância, baseada na metodologia adaptada de Albuquerque (2017) para avaliar os meios

físico, biótico e social do empreendimento. A matriz elaborada pode ser observada na Tabela 6.

**Tabela 6** – Matriz de Impacto adaptada de Albuquerque (2017) para a AIA do empreendimento.

Magnitude dos Impactos 1 à 3 - Pouco Importante 4 à 6 - Médio Importante 7 à 10 - Muito Importante		Magnitude	Duração		Natureza		Temporalidade			Reversibilidade		Forma	
			Importância do Impacto	Temporário	Permanente	Positivo	Negativo	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo	Reversível	Irreversível	Direta
IMPACTO													
Meio Físico	Contaminação do Solo	10		X		X	X			X		X	
	Infraestrutura Operacional	8		X		X	X			X		X	
	Qualidade das Águas Superficiais	7	X			X	X			X			X
	Qualidade das Águas Subterrâneas	10		X		X	X			X		X	
	Qualidade do Ar	7	X			X	X			X		X	
	Geração de Gases	10		X		X	X				X	X	
	Resíduos Sólidos	9	X			X	X			X		X	
	Geração de Necrochorume	10		X		X	X				X	X	
Meio Biótico	Flora	6		X		X	X				X	X	
	Fauna	6		X		X	X				X	X	
	Microrganismos (vírus, fungos e bactérias)	10		X		X	X				X	X	
Meio Antrópico e Econômico	Paisagem Urbana	3		X		X	X				X	X	
	Paisagem Natural	10		X		X	X				X	X	
	Imóveis ao redor	10		X		X			X		X	X	
	Segurança	10		X		X	X			X		X	
	Disposição Final de Corpos	10		X	X		X				X	X	
	Saúde	10		X		X	X			X		X	
<b>TOTAL</b>			<b>3</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>1</b>

Fonte: Elaboração própria a partir da metodologia de Albuquerque, 2021.

Dos impactos listados, identificou-se apenas 1 impacto positivo no âmbito social no que se refere à destinação final dos corpos dando um alento as famílias

que necessitam. Entretanto, seguindo os indicadores propostos na metodologia e no trabalho de campo realizado, a grande maioria dos impactos era negativo, com atuação a curto prazo, isso se dá, respectivamente, devido a gestão ineficiente do empreendimento por parte do poder público e pelo processo de decomposição dos corpos que se inicia logo após a inumação.

Os aspectos físicos como solos, águas subterrâneas, geração de gases e necrochorume foram considerados de magnitude muito importante, uma vez que se observou em campo a total ausência de mecanismos de controle ambiental desses passivos gerados pela atividade fim do empreendimento e que acabaram por ser os impactos ambientais mais relevantes.

Outro fator físico de grande destaque está nas instalações de apoio do cemitério que se encontram em situação precária, como foi evidenciado pelos registros fotográficos, a utilização do escritório e banheiro é inviabilizada devido as condições em que se encontram. Os resíduos sólidos que se encontram dispostos de forma inadequada a céu aberto podem ser considerados como intensificadores do processo de contaminação e proliferação de doenças. A qualidade do ar foi classificada como muito importante, mas de duração temporária, devido a possível dispersão rápida dos gases no ar, uma vez que não foi detectado odores característicos no local.

No que tange ao meio biótico, por ser um cemitério já consolidado há muitos anos, o impacto foi considerado como de média importância, uma vez que a área se encontra bastante alterada com presença de espécies de plantas exóticas e não há pretensão de uso futuro para outras finalidades no local, sendo assim, não há qualquer perspectiva e indicativo de recuperação da área para outros fins. Não foi identificada a presença de avifauna no local, bem como quaisquer outros animais, com exceção de vermes no solo.

Os aspectos sociais do empreendimento foram classificados como magnitude muito importante tendo em vista as consequências que os cemitérios podem trazer desde a sua instalação à operação. Mesmo que com apenas duas edificações identificadas nas redondezas do cemitério, essa população

encontra-se exposta aos problemas sanitários que foram identificados na avaliação de impacto ambiental, podendo ter sua saúde e qualidade de vida comprometidas. A ausência de EPI's para o funcionário executar os trabalhos no cemitério enquadra-se como muito importante no quesito segurança. Em contrapartida, o único impacto positivo foi neste aspecto por ser um empreendimento com função social, dando alento as famílias que necessitam de inumar seus entes.

Como o cemitério encontra-se um pouco distante da zona urbana, não observou interferência na paisagem neste quesito, por isso a classificação como pouco importante.

Acredita-se que em função do advento do aumento de óbitos e, conseqüentemente, da elevação da taxa de inumação no cemitério, há uma contribuição significativa para a dispersão de contaminantes nos solos e aquíferos, processo acentuado quando as próprias características e propriedades do local, como, por exemplo, a permeabilidade do solo, podem contribuir para favorecer o processo de contaminação dessas áreas. Segundo Nguyen (2018), quando mais profundo o cadáver estiver enterrado, maior será a disseminação do lixiviado; e que cerca de 50% dos contaminantes presentes em um cadáver, são depositados nos aquíferos e no solo no primeiro ano de decomposição, e a outra metade nos anos seguintes (NGUYEN, 2018).

Por fim, acredita-se que algumas exigências preconizadas pelas legislações atuais Resolução CONAMA 335/2003 e 368/2006 são respeitadas ao acaso, em função do critério locacional adotado em 1981 na implantação do empreendimento.

#### **4.5 MEDIDAS MITIGADORAS**

A Tabela 7 sintetiza as principais irregularidades encontradas na visita *in loco* no cemitério Parque da Saudade, bem como as medidas cabíveis à realidade do empreendimento.

**Tabela 7** – Principais irregularidades e medidas de mitigação cabíveis.

<b>Principais Irregularidades Identificadas</b>	<b>Medidas de Mitigação/Correção</b>
Ausência de sistema de captação de necrochorume	Utilização de alternativas tecnológicas como barreiras reativas permeáveis, pastilhas biológicas dentro das urnas funerárias para minimizar a concentração do contaminante; Compactação de base tal que forme uma camada impermeabilizante na cova, retardando a percolação.
Ausência de sistema de captação de gases	Compactação tal que permita a troca de gasosa sem a necessidade de obras.
Vegetação alta	Corte da vegetação.
Presença de resíduos sólidos sem confinamento	Confinamento dos resíduos em lixeiras identificadas.
Obstrução de algumas galerias pluviais	Remoção da vegetação que obstrui as galerias.
Estruturas de apoio inutilizáveis	Reformas estruturais.

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

Diante da temática em torno da contaminação gerada pelas necrópoles, algumas ações tornam-se necessárias para a minimização dos impactos causados. A primeira delas é respeitar o que preconiza a Resolução CONAMA 335/2003 e 368/2006, amplamente discutidas no item 2.4 desta pesquisa, no que tange as questões construtivas e ambientais (ALCANTÁRA, 2010).

Posteriormente, frente as fragilidades encontradas no empreendimento ações como remoção da vegetação rasteira que obstrui algumas das galerias de coleta pluvial, confinamento adequado de resíduos sólidos em lixeiras previamente identificadas, corte da vegetação para a altura de jardim e manutenção nas instalações de apoio, certamente já garantiriam um melhor funcionamento do local. Ações de investimento financeiro na reforma das

estruturas de apoio e compra de EPI's para a segurança do funcionário também são fundamentais para a plena funcionalidade do empreendimento.

Como enfoque desta pesquisa, ganha-se destaque as medidas de mitigação de impactos ambientais frente à contaminação por necrochorume. Dessa forma, a implementação de um sistema de drenagem subsuperficial, permite a captação do necrochorume nas sepulturas para que o mesmo seja encaminhado para um filtro biológico até que a ação microbiana consiga degradar os compostos químicos, reduzindo-os a compostos menores até que possa ser disposto no ambiente novamente (CARVALHO, 2019).

Outras duas medidas disponíveis atualmente no mercado, que podem ser uma solução para enterros por inumação direta no solo, são as pastilhas (Figura 24) e as mantas absorventes (Figura 25). Compostas por bactérias selecionadas capazes de degradar o efluente, essas pastilhas são inseridas na urna funerária e ativam-se conforme o corpo entra em estado de putrefação, diminuindo a carga de necrochorume *in natura* que infiltra no solo.

Já as mantas absorventes são feitas de plástico e celulose sendo colocadas na parte interna da urna funerária ao redor do corpo, quando entram em contato com o efluente cadavérico transforma-se em uma espécie de gel inerte, com duração de 3 a 5 anos, que absorve o efluente e impede que o mesmo seja derramado no solo. Nas extremidades da manta há um fio para, no caso da exumação do corpo, a manta seja lacrada, tornando-se um saco de ossos (LADEIRA, 2016; CARVALHO, 2019).

**Figura 24** - pastilha microbiológica Enzibac® capaz de decompor efluentes cadavéricos.



Fonte: Ebenezer International, 2021.

**Figura 25** - Manta de plástico absorvente e esquema de funcionamento.



Fonte: Carvalho, 2019.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho, após o levantamento de campo e a ampla discussão realizada, como os empreendimentos cemiteriais públicos encontram-se em situação de fragilidade estrutural e operacional, intensificando ainda mais os impactos ambientais já causados pela atividade que se desempenha. Esses problemas antes negligenciados aos olhos da sociedade, ganharam notoriedade pública advinda da grande pressão sofrida causada pelo surto de óbitos, bem como da sobrecarga de trabalho sobre seus colaboradores que são responsáveis pelos sepultamentos neste período de pandemia de COVID-19 vivenciado nos municípios brasileiros.

No que tange ao cemitério municipal Parque da Saudade, ficou evidenciada através da avaliação de impacto ambiental a inadequação do empreendimento no que concerne aos aspectos avaliados e a necessidade de intervenções imediatas para garantir o funcionamento adequado conforme preconiza a legislação vigente e também para atender de forma humanizada e adequada a população no momento delicado do luto.

Procurou-se também com este trabalho evidenciar as fragilidades para que possa servir futuramente de embasamento para a tomada de decisão pelas autoridades competentes, a fim de mitigar e minimizar os impactos ambientais

provenientes da crise sanitária que, muitas das vezes, tem sido enxergada apenas como questão de saúde e economia, quando, na verdade, a pandemia de COVID-19 nos afetou e afetará a longo prazo em várias frentes, sendo uma delas a questão da qualidade do meio ambiente.

Salienta-se que não há legislação específica no município acerca da temática de cemitérios e, em consonância com a escassez de dados sobre a atual situação do empreendimento tendo que ser modelado a partir de dados secundários, verifica-se que existem dificuldades e até mesmo comprometimento dos resultados obtidos com levantamentos como este, tornando-os subjetivos e dificultando a fiscalização por parte das autoridades. Portanto, propõe-se, por fim, que para uma melhor caracterização da área de estudo sejam realizadas investigações através de sondagens, alocação de poço de monitoramento e métodos de *screening* para que seja possível, de forma efetiva, quantificar a concentração de necrochorume e outros contaminantes no local e dar início ao processo de remediação da área potencialmente contaminada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEOP – ASSOCIAÇÃO COMERCIAL E EMPRESARIAL DE OURO PRETO. Perfil Socioeconômico de Ouro Preto em 2019. Disponível em <<https://www.aceop.com.br/noticia/876/perfil-socioeconomico-2019-de-ouro-preto-revela-pequena-melhora-na-economia-da-cidade>>. Acesso em 08/12/2021.

ALBUQUERQUE, Helder Neves de; CERQUEIRA, Joaci dos Santos; ALBUQUERQUE, Isis Correia Sales de. **Impactos ambientais no cemitério público de Queimadas-PB, Brasil.** 2017.

ALCÂNTARA, Larissa Azambuja *et al.* **Contaminação de recursos naturais por necrópoles.** *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 11, n. 1, p. 17-28, 2010.

Azevedo, D., Sanjurjo, L., & Nadai, L. (2020). *Corpos, tempo e instituições: Um olhar sobre os cemitérios na pandemia de Covid-19 - REFLEXÕES NA PANDEMIA.* *DILEMAS: Revista De Estudos De Conflito e Controle Social – Rio de Janeiro.*

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

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 335/2003 Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.** Disponível em <<http://conama.mma.gov.br/>>. Acesso 08 de dezembro de 2021.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 368/2006 Altera dispositivos da Resolução Nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.** Disponível em <<http://conama.mma.gov.br/>>. Acesso 08 de dezembro de 2021.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 402/2008 Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003.** Disponível em <<http://conama.mma.gov.br/>>. Acesso 08 de dezembro de 2021.

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

CARNEIRO, L. A. **Impactos Causados Por Necrochorume De Cemitérios**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. JUIZ DE FORA, p. 6. 2016.

CARNEIRO, V. S. **Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública**. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, p.18, 2008.

CARVALHO, Leonardo Augusto de Paula Freitas Barbosa. **Necrochorume: Aspectos da Mobilidade e da Mitigação dos Impactos**. 2019. Universidade Federal de Juíz de Fora, Juiz de Fora, Minas Geais.

CBH-DOCE: COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE. **Plano Integrado de Recursos Hídricos**. Disponível em <<https://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>>. Acesso em 08/12/2021.

COSTA, Emanuel Melo Franco Neves. **35 anos da primeira carta geotécnica de Ouro Preto [manuscrito]: uma análise de seu legado** / Emanuel Melo Franco Neves, 2018. Monografia (graduação). Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de geologia.

DA COSTA, Vanessa Pulcheria Pinheiro *et al.* **MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: VANTAGENS E DESVANTAGENS**. 2019.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Disponível em <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>> Acesso em> 08 de dezembro de 2021.

Febre Tifoide: causas, tratamento, diagnóstico e prevenção. Disponível em <<http://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/febre-tifoide>>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

FERREIRA, Quênia de Cássia Goulart; BACELLAR, Luis de Almeida Prado. **AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS NA ÁREA DO MUNICÍPIO DE OURO PRETO, MG**. Geonomos, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO PRETO. **Informe Epidemiológico – Capacidade de leitos de UTI.** Disponível em <[https://sgm.ouropreto.mg.gov.br/arquivos/prestacao\\_contas/9a1f4e4a61edabea50948a1a6945f1ca.pdf](https://sgm.ouropreto.mg.gov.br/arquivos/prestacao_contas/9a1f4e4a61edabea50948a1a6945f1ca.pdf)>. Acesso em 08 de dezembro de 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados geográficos de cidades: Ouro Preto-MG.** Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-preto/panorama>>. Acesso em 08 de dezembro de 2021.

**IDE-SISEMA: Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.** Disponível em <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em 24 de novembro de 2021

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

KEMERICH, P. D. *et al.* **A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil.** Rev. Monografias Ambientais, v. 13, n. 4, p. 3777-3785, 2014.

LELI, Isabel Teresinha; ZAPAROLI, Fabiana Cristina Meira; SANTOS Vanessa Cristina dos; OLIVEIRA, Meyre; Reis, Fábio Augusto Gomes Viera. Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais. 2012. Disponível em:<<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/16348/9373>>. Acesso em: 27 de novembro de 2021.

LEOPOLD, L. B. *et al.* A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geol. Surv. Circ., 645, Washington D. C., 1971.

MARTINS, K.V. **Avaliação de Impacto Ambiental e Saúde Estudo de Caso: Cemitério Parque.** 2007, 171 p. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis , 2007.

MATOS, B.A. **Avaliação da Ocorrência e do Transporte de Microrganismos no Aquífero Freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de**

**São Paulo.** 2001.172 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

**MEMORIAL NECRÓPOLE ECUMÊNICA.** Disponível em: <https://memorialsantos.com.br/>. Acesso em: 20 de out. de 2021.

MORAIS, Geversson Pinheiro Dias Fernandes. **Impactos Ambientais de cemitérios: estudo de caso em um município do semiárido do Brasil.** 2019, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pau de Ferros, Rio Grande do Norte.

NASCIMENTO, Francisleile Lima. **Cemitério x novo coronavírus: impactos da COVID-19 na saúde pública e coletiva dos mortos e dos vivos. Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 2, n. 4, p. 01-09, 2020.

NGUYEN, Trang; NGUYEN, Luan. **Groundwater pollution by longstanding cemetery and solutions for urban cemetery planning in Ho Chi Minh City – from reality to solutions.** 2018. Disponível em: <[https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/52/mateconfesci208\\_02008.pdf](https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/52/mateconfesci208_02008.pdf)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.

**O que é Coronavírus?** Disponível em <<https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/o-que-e-o-coronavirus>>. Acesso em 26 de novembro de 2021.

**O que é fosfina?** Disponível em <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-54159996>>. Acesso em 23 de novembro de 2021.

OSMAN, S. A.; RIBEIRO, O. C. F. Arte, história, turismo e lazer nos cemitérios da cidade de São Paulo. **Revista do Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Estudos do Lazer**, v. 10, n. 1, p. 10-19, 2007.

PACHECO A. **Cemitério e Meio Ambiente [tema de livre docência]**. São Paulo Instituto de Geociências da USP; 2000.

PACHECO, A. **Meio ambiente & cemitérios.** V. 15. São Paulo: Senac, 2017.

Pereira, Franco Dani Campos. **Estudo dos efeitos biológicos da poliamina putrescina em diferentes organismos-teste / Franco Dani Campos Pereira.** - Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro, 2017.

**Prefeitura de SP vai abrir 6 mil novas sepulturas para vítimas de COVID-19.**

Disponível em <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/prefeitura-de-sp-vai-abrir-6-mil-novas-sepulturas-para-vitimas-de-covid/>>. Acesso em 26 de novembro 2021.

REIS, J. J. A morte é uma festa: **ritos fúnebres e revolta popular no Brasil do século XIX**. Companhia das Letras: São Paulo, 1991.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental – Conceitos e Métodos**. Oficina de textos, 20135.

SILVA, Leziro Marques. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres**. In: Congresso Latino Americano de Hidrologia Subterrânea, 4. Montevideo, 1998.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. **Fontes Potenciais de Contaminação**. Revista Ciência Hoje, v. 44, n. 263, p. 24-29. 2012.

SILVA, Renato Jose. **Cemitério e suas interações com o meio ambiente**. 2011, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Dolomito**. Geociências USP, 2021. Disponível em: <<https://didatico.igc.usp.br/rochas/sedimentares/dolomito/>>. Acesso em 08 de dezembro de 2021.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Filito**. Geociências USP, 2021. Disponível em: <<https://didatico.igc.usp.br/rochas/metamorficas/filito/>>. Acesso em 08 de dezembro de 2021.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Quartzito**. Geociências USP, 2021. Disponível em: <<https://didatico.igc.usp.br/rochas/metamorficas/quartzito/>>. Acesso em 08 de dezembro de 2021.

VELAVAN, Thirumalaisamy P.; MEYER, Christian G. **The COVID-19 epidemic. Tropical medicine & international health**, v. 25, n. 3, p. 278, 2020.