

VI-045 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO DA ÁREA DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE CASA GRANDE/MG

Flávio Henrique Vieira de Resende⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Faculdade Santa Rita (FaSaR).

Cláudia Mércia Valadares⁽²⁾

Mestre em Engenharia Ambiental pela UFOP

Lucas Pereira Leão⁽³⁾

Mestre em Geologia e Recursos Naturais pela UFOP

Raphael de Vicq Ferreira da Costa⁽⁴⁾

Doutor em Geologia e Recursos Naturais pela UFOP

Endereço⁽¹⁾: Sítio Campo de Fora, S/N – Zona Rural – Casa Grande - MG - CEP: 36422-000 - Brasil - Tel: (31) 99827-8253 - e-mail: hflavio90@gmail.com

Endereço⁽²⁾: e-mail: valadaresclaudia@gmail.com

Endereço⁽³⁾: e-mail: geolucasleao@gmail.com

Endereço⁽⁴⁾: e-mail: raphaelvicq@gmail.com

RESUMO

O mecanismo de decomposição de corpos humanos se desenvolve pela ação de diversas espécies de microrganismos e enzimas, resultando na transformação gradual dos tecidos em gases, líquidos e sais. Os cemitérios tradicionais e parques representam o destino de 80% dos cadáveres no Brasil e destes, 75% não respeitam as determinações técnicas e normas para implantação e operação ambientalmente corretos. Assim, foi realizado um diagnóstico ambiental do meio físico da área do cemitério municipal de Casa Grande/MG, com o intuito de verificar se há fatores que conferem riscos de causar contaminação ao solo e as águas subsuperficiais. A metodologia adotada para obter as conclusões foi baseada por meio da delimitação das áreas de influência, caracterização a nível regional dos componentes do meio físico e suas vulnerabilidades, identificação das condições ambientais de caráter antrópicas, estruturais e administrativas do empreendimento e execução de análise de amostras de solo a fim de avaliar a granulometria, permeabilidade e porosidade. Os elementos climáticos e pedológicos são favoráveis à putrefação, processo transformativo mais eficiente na neutralização do efluente gerado (necrochorume). Entretanto o solo contém um valor máximo de 25% do teor mínimo de argila, possuindo ainda baixa taxa de decomposição de matéria orgânica. As investigações das áreas de influência e o conjunto de características da hidrogeologia e geomorfologia expressaram baixo potencial de contaminação as águas subsuperficiais. Para o cemitério estar em conformidade à legislação e apresentar uma capacidade de suporte aceitável o nível do aquífero necessita estar a no mínimo dez metros do limite inferior dos jazigos.

PALAVRAS-CHAVE: Casa Grande/MG, Cemitérios Tradicionais, Diagnóstico Ambiental, Legislação, Meio Físico.

INTRODUÇÃO

A decomposição de corpos humanos após a morte pode ser considerada um processo natural que faz parte da dinâmica da vida e dos elementos do meio ambiente, e inicia-se desta forma o fenômeno de putrefação. De acordo com Pacheco (2000) este mecanismo se desenvolve pela ação de diversas espécies de microrganismos e enzimas, resultando na transformação gradual dos tecidos em gases, líquidos e sais.

Com o avanço dos conhecimentos sobre atividades potencialmente poluidoras, avaliação de impactos ambientais e sustentabilidade os cemitérios têm causado preocupações em nível mundial no que se refere a contaminação do solo, recursos hídricos e disseminação de doenças nos centros urbanos, assim, alguns trabalhos reportam os resultados do monitoramento de algumas unidades desta categoria de empreendimento no Brasil como por exemplo, dos autores Pacheco em 1991 nas cidades de São Paulo e Santos/SP, Matos em 2001 em São Paulo/SP e Oliveira et al. (2010) em dois cemitérios de Fortaleza/CE.

O pesquisador brasileiro, geólogo e mestre em Engenharia Sanitária Leziro Marques Silva, da Universidade de São Judas Tadeu em São Paulo, investigou a situação de 600 cemitérios do país (75% municipais e 25% particulares) e constatou que de 15% a 20% deles apresentam contaminação do subsolo pelo necrochorume, líquido formado pela decomposição de cadáveres. Cerca de 60% dos casos foram observados em cemitérios municipais.

Ainda em outro levantamento concluído em 2011 feito pelo geólogo, 1107 cemitérios públicos foram vistoriados em todo o Brasil e cerca de 75% apresentaram graves problemas de ordem ambiental e sanitária. Portanto, fica demonstrado que estes espaços urbanos causam algum tipo de impacto adverso aos recursos ambientais, seja de forma biológica, física, química ou radioativa.

Segundo a resolução CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003, uma das formas de destinação de cadáveres adotadas no Brasil é a disposição em unidades cemiteriais que podem ser divididas em três classes: tradicionais, parques ou jardins e verticais. Outra forma de destinação são os crematórios que consistem em reduzir o corpo a cinzas através da alta temperatura. Cada tipo de destinação têm suas peculiaridades e características próprias apresentando aspectos ambientais positivos e negativos, levando em consideração a geração de resíduos (gasosos, líquidos e sólidos), espaços e probabilidade de influências nas condições estéticas, sanitárias e ambientais de seu entorno.

Os cemitérios horizontais que compreendem a classe dos tradicionais e dos parques ou jardins é o destino de 80% dos cadáveres brasileiros e destes, 75% não respeitam as determinações técnicas e legislações específicas para implantação e operação ambientalmente corretos. Por consequência acabam provocando impactos ambientais adversos como, por exemplo, as alterações significativas em parâmetros de qualidade do solo, das águas subterrâneas e superficiais (CHAYAMITI, 2010 apud POL et al., 2011).

Assim a falta de medidas de controle e proteção ambiental em sepultamentos de corpos humanos, principalmente naqueles cemitérios horizontais em operação há décadas, fez ao longo do tempo com que o espaço de muitos destes fossem contaminados por inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas, e por microrganismos patogênicos. Tal contaminação ocorre, pois a maioria dessas unidades está implantada em áreas com localização geográfica que apresentam condições e fatores ambientais impróprios ao que determina a legislação e normas técnicas vigentes.

A cidade de Casa Grande está localizada no estado de Minas Gerais a aproximadamente 128 km da capital Belo Horizonte (IBGE, 2010). A base da economia local se baseia no setor de atividades agropecuárias. O cemitério municipal está localizado em uma das zonas de maior altitude da cidade e em uma região topográfica plana a levemente inclinada, possuindo área de fácil expansão.

Assim, foi realizado um estudo de caso no cemitério da cidade com a finalidade de verificar se existem elementos ambientais desfavoráveis, que em cenário futuro possa causar algum tipo de contaminação aos compartimentos ambientais.

OBJETIVO GERAL

Realizar um diagnóstico ambiental do meio físico da área do cemitério municipal de Casa Grande/MG, com o intuito de verificar se há fatores que conferem riscos de causar contaminação ao solo e as águas subsuperficiais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efetuar a delimitação do perímetro das áreas de influência do cemitério da cidade de Casa Grande/MG.
- Realizar o levantamento a nível regional e a interpretação das características geológicas, pedológicas, hidrogeológicas, hidrográficas e topográficas do espaço geográfico onde se localiza o respectivo cemitério.
- Identificar as condições ambientais de caráter antrópicas, estruturais e administrativas da área diretamente afetada do cemitério.
- Executar coletas de amostras do compartimento ambiental solo na área diretamente afetada para averiguar os seguintes parâmetros físicos: granulometria, permeabilidade e porosidade.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Casa Grande está inserida no centro sul do estado de Minas Gerais na mesorregião metropolitana de Belo Horizonte, situada a 131 km da capital. O município está localizado no bioma da mata atlântica e integra a microrregião de Conselheiro Lafaiete e a altitude em relação ao nível do mar é de 963 metros no ponto central da cidade. Tem uma área de unidade territorial de aproximadamente 157,72 Km² e apresenta as coordenadas geográficas 20° 47' 34" S (Latitude) e 43° 55' 49" W (Longitude) (IBGE, 2016). A Figura 1 abaixo ilustra a localização geográfica do município de Casa Grande:

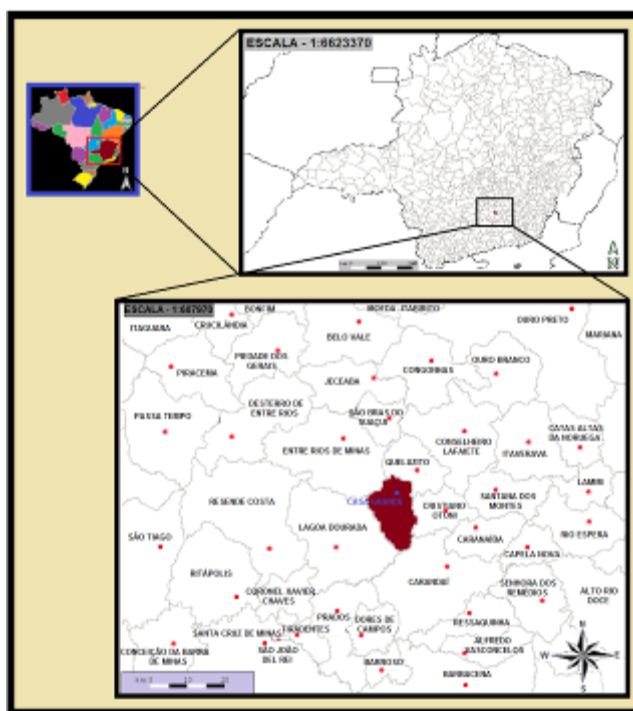


Figura 1: Localização geográfica do município de Casa Grande/MG.

De acordo com os dados do censo de 2010, a população total de Casa Grande é de 2244 habitantes, sendo 1122 residentes na área urbana e 1120 habitantes na área rural. A população estimada para o ano de 2016 é de 2309 habitantes (IBGE, 2016). Os municípios limítrofes são: Carandaí, Cristiano Ottoni, Entre Rios de Minas, Queluzito e Lagoa Dourada. A principal rodovia federal de acesso ao município é a BR - 040 e a principal rodovia estadual é a MG - 383.

Em operação desde 1920, o cemitério de Casa Grande, objeto de estudo, está localizado na região sudeste da cidade com pouca intensificação de urbanização, tendo como coordenadas de sua porção central os valores de 20°47'43.95"S (latitude) e 43°55'28.02"O (longitude). Está distante aproximadamente 706 metros do centro da cidade, situando-se em uma das zonas de maior altitude como pode verificar na maioria dos municípios de pequena população do Brasil. Sua área é de aproximadamente 1020,00 m² e apresenta um espaço para expansão de 1905,00 m² no seu setor leste.

Tendo seu perímetro totalmente murado, a via de acesso ao interior do cemitério está situada na Rua Francisco Vieira. Em relação a infraestrutura inexistente qualquer sala de administração, capela, depósitos, instalações sanitárias, elementos físicos para monitoramento, sendo desta forma composto somente pelas unidades de sepultamento e um pequeno estacionamento nas áreas adjacentes ao portão de entrada principal.

É um cemitério horizontal sendo da classe tradicional onde os corpos são sepultados por tumulação e inumação. Os sepultamentos por tumulação, ou seja, em gavetas, são construídos de granito na forma de caixas retangulares ou em alvenaria contendo revestimento externo de cerâmica ou pedras ornamentais, que recebem os caixões e são devidamente lacrados. Os jazigos podem atingir uma profundidade de até 1,50 m ao nível do solo e podem ou não apresentar construção tumular, possuindo esta de uma a três gavetas aéreas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se em relação aos procedimentos técnicos a serem utilizados como um estudo de caso de natureza aplicada, ou seja, focada em um problema em específico no que envolve o tema proposto. A metodologia utilizada em relação a forma de abordagem foi a de caráter quali-quantitativa, com um enfoque exploratório em relação aos objetivos do estudo.

Primeiramente a pesquisa envolveu o levantamento, seleção e leitura da bibliografia relacionada ao tema, com objetivo de fundamentar teoricamente o trabalho. As fontes de informações utilizadas foram obtidas de Estudos de Impactos Ambientais de cemitérios (EIA), Estudos de Viabilidade Ambiental de cemitérios (EVA), monografias de graduação, dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos técnicos, mapas disponibilizados por órgãos ambientais e pelo acesso on-line a plataformas ambientais.

O estudo de caso englobou quatro etapas, através das quais podem ser divididas em duas fases, sendo a primeira fase dos levantamentos de dados qualitativos bibliográficos e a segunda dos levantamentos quali-quantitativos de campo. A metodologia utilizada para o desenvolvimento destas, para apresentar as conclusões finais, foram descritas e detalhadas a seguir, sendo que a localização geográfica e a descrição da área de estudo foram apresentadas no tópico anterior:

LEVANTAMENTO QUALITATIVO BIBLIOGRÁFICO

Na primeira fase da pesquisa foi realizada a delimitação do perímetro das áreas de influência do cemitério e a coleta de informações da área de estudo, que incluiu a caracterização regional do meio físico e a representação de vulnerabilidades na área em que se localiza o cemitério municipal.

DELIMITAÇÃO DO PERÍMETRO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

Foi a etapa de caracterização e análises gerais da área de estudo. Nesta fase foi realizado o mapeamento e descrição das áreas de influência do cemitério de acordo com as referências técnicas de licenciamento ambiental para esta classe de empreendimento.

Através das ferramentas disponíveis pelo Google Earth Pro foi possível demonstrar por meio de fotografias aéreas o perímetro da área diretamente afetada (ADA) e da área de influência direta (AID), sendo que nesta em específico foi feita também a delimitação e mapeamento do uso do solo, incluindo a caracterização e disposição de cada compartimento em relação ao cemitério. Assim, foram levados em consideração para esta caracterização a existência de áreas urbanizadas, áreas rurais (de uso agropecuário) e de mata nativa, terrenos abandonados, área de expansão do cemitério, nascentes e cursos d'água.

Para a delimitação da área de influência indireta (AII) foram selecionados mapas obtidos através do site da FEAM e IGAM que continham as imagens da bacia hidrográfica que se insere o cemitério a nível federal, estadual e regional. A delimitação da microbacia hidrográfica a nível municipal em que o cemitério está inserido foi efetuada com o auxílio dos mapas disponibilizados pela plataforma do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE/MG). Assim foi utilizada a camada referente ao relevo e sobreposto sobre esta a camada do sistema de drenagem. Logo foi possível delimitar com bastante precisão o limite da microbacia hidrográfica do rio Tabaco, que têm seu trajeto geográfico adjacente a área urbana da cidade, em específico na zona sul e leste. Este ainda recebe as águas de dois tributários intermitentes localizados próximos ao cemitério em estudo.

COLETA DE DADOS QUALITATIVOS DO MEIO FÍSICO

Compondo parcela dos resultados da pesquisa esta etapa foi dividida em duas partes, são elas:

- **Caracterização regional do meio físico:** Envolveu a descrição de dados secundários da área de estudo relativos a geologia, geodinâmica, hidrogeologia, pedologia, altimetria, hidrografia e clima. As representações se deram através de ilustrações obtidas nos sites da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para o mapa de geologia, do Sistema de Informações de

Águas Subterrâneas (SIAGAS) para a geodinâmica e hidrogeologia, da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) para o mapa pedológico, do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE/MG) para o sistema de drenagem, no site “topographic-map.com” para a altimetria e através do atlas digital das águas de Minas para o mapa da hidrografia.

- **Representação de vulnerabilidades da área de estudo:** Esta foi realizada através dos mapas disponíveis pela plataforma do Zoneamento Ecológico Econômico do estado de Minas Gerais (ZEE/MG). Foram utilizadas três camadas, são elas: Probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo e taxa de decomposição da matéria orgânica do solo obtidas ambas no bloco de vulnerabilidade natural abiótica do componente solo e a camada probabilidade de contaminação de aquíferos no bloco de vulnerabilidade natural abiótica do componente recurso hídrico.

As duas partes citadas envolveram a descrição dos elementos ilustrados nos respectivos mapas em relação ao espaço geográfico da área de estudo. Posteriormente foi realizada uma análise, levando em consideração a revisão da literatura, de qual a relação do aspecto descrito com o ambiente de um cemitério, ou seja, se aquela característica do local é ou não um “ponto positivo” para diminuição da probabilidade de ocorrer contaminação ambiental por esta categoria de empreendimento.

Por não estar em propósito com os objetivos, este trabalho não contemplará nenhum aspecto diretamente relacionado com a fauna e flora e de riscos geotécnicos (deslizamentos e escorregamentos de massa) na área de estudo, tendo assim caráter somente de avaliações de riscos de contaminações do ambiente físico e algumas conclusões em específico da relação do meio antrópico (população) com os resultados da pesquisa.

LEVANTAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DE CAMPO

Na segunda fase da pesquisa foi realizada a aplicação de dois questionários e a coleta e análise de amostras do solo da área diretamente afetada do cemitério.

APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO E OBSERVAÇÕES DO ESPAÇO EM ESTUDO

A terceira etapa do estudo de caso envolveu a obtenção de informações através da prévia seleção de perguntas referentes às condições sanitárias, antrópicas e estruturais atuais do cemitério de Casa Grande através da elaboração de dois questionários (Apêndices 1 e 2) e observações de campo. O primeiro questionário conteve perguntas de caráter informativas (entrevista) e de caráter observativas, como o nível de impermeabilização no interior do cemitério.

Assim, para obter as respostas das perguntas informativas foi realizada uma entrevista com João Sérgio da Cruz, responsável por todas as atividades do cemitério há 22 anos. Esta entrevista se deu através de um diálogo informal, visto que a prefeitura da cidade de Casa Grande não conteve nenhum tipo de fonte documentada ou em formato digital do histórico de dados referentes às atividades administrativas do cemitério.

Para obter as respostas as demais perguntas foram efetuadas observações de campo, não utilizando nenhum modelo padrão ou normas a serem seguidas, até porque durante a realização da revisão da literatura não foi encontrado qualquer tipo de referência técnica de avaliação de estruturas de cemitérios horizontais.

Portanto, em relação à área total do cemitério, esta foi efetuada através das ferramentas disponibilizadas pelo Google Earth Pro. Já em relação ao grau de impermeabilização do solo da ADA, foi feito um comparativo em campo da área impermeabilizada com a área total não impermeabilizada. O nível de áreas urbanas localizadas no entorno do cemitério foi aferida através do mapa realizado neste trabalho referente ao diagnóstico do uso do solo da AID. Assim, para valores de áreas urbanizadas abaixo de 25% da área total desta foi considerada uma situação de baixa urbanização, para áreas entre 25 e 50% média urbanização e acima de 50% muita urbanização. Para obter o número de sepulturas (jazigos e gavetas), estas foram contadas individualmente na etapa de campo. No segundo questionário a análise da condição física das construções tumulares teve a função de avaliar se as mesmas apresentavam algum ou um conjunto dos seguintes danos aparentes: rachaduras, quedas do revestimento externo, posição semiaberta da tampa, presença de vegetação arbórea ou arbustiva junto à base das construções, odor aparente e existência de vazamento do produto de coligação

(necrochorume). Para a execução desta identificação o cemitério foi dividido em quatro setores. Para cada setor foram avaliadas aleatoriamente 10 sepulturas e posteriormente classificando-a de acordo com o número de danos identificados. Foi considerada uma condição física ótima (O) quando não encontrada nenhum dano aparente. A partir de um dano encontrado foi considerada regular (R) e mais de um péssimo (P). Os resultados de tais avaliações se encontram no Apêndice 2.

Para o cálculo aproximado de necrochorume gerado no cemitério até a data de 01-10-2016, foi utilizada a equação 1:

$$\text{Necrochorume (L)} = [(\text{NG} + \text{NJ}) \times \text{NMSUT}] \times 30 \quad \text{equação (1)}$$

Onde: **NG:** Número de Gavetas - **NJ:** Número de Jazigos - **NMSUT:** Número Médio de Sepultamentos por Unidade Tumular - **L:** Litro.

Observação: O cálculo foi realizado levando em consideração que um cadáver pesando 70 Kg produz, até sua completa decomposição, cerca de 30 litros de necrochorume (ACKERMANN, 2001).

COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

Nesta última etapa foram executadas na ADA do cemitério em estudo coleta de amostras de solo para verificação dos seguintes parâmetros físicos: granulometria, permeabilidade e porosidade.

ENSAIO DE CAMPO

A realização da coleta das amostras de solo obedeceu a norma técnica NBR 9604/1986 (ABNT, 1986). Assim, preliminarmente as áreas a serem amostradas foram devidamente limpas, retirando qualquer tipo de material em superfície.

Desta forma, com a finalidade de obter os resultados dos parâmetros granulometria e permeabilidade, foram coletadas 5 (cinco) amostras de solo deformadas (desagregadas) em diferentes pontos do cemitério (Figura 2) com aproximadamente 1300 gramas cada uma, em profundidade de 0 a 40 cm.



Figura 2: Localização dos pontos onde foram coletadas as amostras de solo

Para obter os valores para o cálculo da porosidade, foram coletadas 5 (cinco) amostras de solo indeformadas (estrutura natural) nos mesmos pontos, em uma profundidade de 40 cm, utilizando um anel volumétrico próprio ao procedimento.

Posteriormente estas amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos transparentes de alta resistência, etiquetadas, inserindo a data e o número do ponto de coleta e encaminhadas para o laboratório de

Geotecnia (mecânica dos solos) da Faculdade Santa Rita (FaSaR) para então ser realizadas as análises dos parâmetros físicos.

ENSAIOS LABORATORIAIS

Para a avaliação da capacidade de infiltração foram determinados dois parâmetros físicos do solo, sendo estes a granulometria e permeabilidade. Para a avaliação do grau médio de aeração do solo foi utilizado o resultado da análise da porosidade. Os ensaios foram realizados no laboratório de solos da Faculdade Santa Rita. Para obtenção dos resultados das amostras foram seguidas duas etapas, são elas: a preparação das amostras e os procedimentos para a caracterização física deste.

A preparação das amostras foi feita de acordo com a norma técnica NBR – 6457 (ABNT, 1986). Esta norma prescreve todos os procedimentos para a preparação de amostras de solo para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

• Granulometria

A realização do ensaio de granulometria seguiu o padrão da norma NBR - 7181 (ABNT, 1984) que prescreve o método para análise granulométrica de solos, realizada por peneiramento ou por uma combinação de peneiramento e sedimentação.

Não foi necessário realizar o ensaio de sedimentação, pois o solo analisado conteve mais de 50% de fração acima de 0,075 mm de diâmetro (considerado grosso).

• Permeabilidade

A determinação da permeabilidade foi realizada através da fórmula de correlação de Hazen, que fornece os valores de permeabilidade em função do diâmetro e forma dos grãos, válida somente para solos arenosos e uniformes ($C_u < 5$), o que aconteceu somente nos pontos 01 e 05. É expressa através da equação 2:

$$k = C \cdot (D_{10})^2 \quad \text{equação (2)}$$

Onde: **k** = coeficiente de permeabilidade (cm/s) - **D10** = Diâmetro efetivo das partículas (cm) - **C** = Coeficiente de Hazen que equivale a 100.

• Porosidade

A determinação da porosidade total (porção do volume do solo não ocupada por sólidos) foi efetuada utilizando a equação 3:

$$VTP = [1 - (D_s/D_p)] \times 100 \quad \text{equação (3)}$$

Onde: **VTP** = Volume Total de Poros (%) - **Ds** = Densidade do solo (g/cm³) - **Dp** = Densidade de partículas (g/cm³).

Para calcular o Ds (densidade do solo), utilizou-se a equação 4 abaixo:

$$D_s = M_s/V \quad \text{equação (4)}$$

Onde: **Ms** é a massa do solo seco (g) e **V** o volume total do solo (cm³).

Assim, através das amostras indeformadas contidas no anel volumétrico de volume conhecido (V), foram pesadas as massas (Ms) sendo estas secas em estufa. Já para calcular o Dp (densidade de partículas), utilizou-se o método do balão volumétrico.

Para o grau de aeração (em estação seca do ano) utilizou-se o cálculo de subtração do VTP médio (%) pela umidade média (%), sendo a umidade o resultado da subtração da massa de solo natural pela massa do solo seco de cada amostra.

JUSTIFICATIVAS E LIMITAÇÕES DA PESQUISA EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS SELECIONADOS PARA ANÁLISE EM LABORATÓRIO

Todos os valores encontrados nas análises dos parâmetros físicos se referem a camada superficial do solo (0 – 40 cm) e portanto não possui uma confiabilidade totalmente aceitável no diagnóstico da camada total do subsolo até o aquífero.

Não foi realizada nenhuma análise de natureza química e microbiológica tanto no solo quanto nas águas subterrâneas da área de estudo, pois os resultados destas iriam representar somente conclusões voltadas a investigações de contaminação ambiental do espaço ou de concentrações de substâncias ou elementos em limites superiores permitidos pela legislação, o que não estaria alinhado com o objetivo principal do trabalho que é de avaliar a “segurança ambiental” do cemitério em relação as suas características e peculiaridades do meio físico.

Outro motivo que complementa a justificativa citada acima é que para haver resultados de parâmetros químicos e/ou microbiológicos voltados a empreendimentos cemiteriais, a pesquisa por natureza será de comprovar contaminação. Considerando esta afirmação, em áreas de cemitérios, o compartimento físico que apresenta indicadores ambientais eficientes e apropriados para se investigar tal fato é da água subterrânea local, e para se efetuar a coleta de amostras desta é preciso se ter toda uma estrutura adequada e equipamentos sofisticados, o que não estava no alcance deste trabalho.

Em relação ao solo, seria previsível obter resultados de parâmetros químicos alterados em relação ao ambiente natural, sendo inerente a ADA de cemitérios, o que provaria contaminação. Contudo seria muito difícil prever até que ponto esta contaminação poderia provocar algum tipo de impacto ambiental, impossibilitando conclusões precisas, havendo que retornar as análises de águas subterrâneas para se provar perturbações ao recurso ambiental e riscos à saúde pública.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente estudo de caso envolveu a seleção, localização e delimitação geográfica da área de pesquisa e como detalhado na metodologia o mapeamento das áreas de influência do cemitério, caracterização a nível regional e análise do espaço físico em estudo, execução de visita em campo incluindo a avaliação estrutural e sanitária das composições do cemitério e verificação de parâmetros físicos do solo em específico. Os próximos tópicos a seguir apresentam os resultados e as análises elaboradas em função da interpretação dos dados colhidos.

DELIMITAÇÃO E ANÁLISE DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO CEMITÉRIO

Ao se avaliar ou diagnosticar algum empreendimento capaz de gerar algum tipo de risco de caráter ambiental deve-se primeiramente localizar, delimitar e caracterizar suas áreas de influência que são a área diretamente afetada (ADA), área de influência direta (AID) e a área de influência indireta (AII). A partir do conhecimento destes espaços pode-se realizar avaliações mais precisas e eficazes em vários aspectos, o que neste trabalho em particular é o diagnóstico ambiental e tendo por base estudos somente relacionados ao meio físico de uma unidade cemiterial, empreendimento que está se tornando pelo grande aumento de sepultamentos em espaços cada vez menores uma ameaça a qualidade natural do solo e das águas subsuperficiais.

ANÁLISE DA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)

Segundo as referências técnicas de licenciamento ambiental de cemitérios a ADA é a própria área do limite do cemitério, incluindo qualquer tipo de dispositivo ou instalações e benfeitorias que fazem parte da área do mesmo. A localização da ADA do cemitério de Casa Grande é composta basicamente pelas construções tumulares e um pequeno estacionamento aberto em seu setor oeste e noroeste:

DIAGNÓSTICO DAS CARACTERÍSTICAS DA AID DO CEMITÉRIO MUNICIPAL

A AID de cemitérios é considerada pelas referências técnicas como toda a área compreendendo uma distância de 200 metros do perímetro da ADA. Como o estudo de caso se fundamenta nas avaliações somente do meio

físico do cemitério é de fundamental importância realizar uma análise deste com maior nível de detalhe, incluindo assim a delimitação dos compartimentos que compõem a AID, levando como critério principal a utilização do solo nesta área, bem como a intensidade deste uso incluindo a indicação da existência de nascentes (perenes e intermitentes), cursos d'água, indústrias, comércio, residências, áreas rurais (pastagens, agricultura, pecuária), áreas florestais, área de expansão do cemitério caso houver, entre outros atributos que se existirem podem e devem ser citados e descritos para a correta interpretação das características da AID do cemitério.

A Figura 3 ilustra as características da AID do cemitério em estudo, sendo que cada parcela da área indicada por uma cor representa um tipo de utilização e desta forma possui características ambientais específicas e devem ser cuidadosamente analisadas sempre levando em consideração a localização e posição em relação ao limite do cemitério. Também foram delimitadas as regiões em que atividades são realizadas ou quais serão implantadas futuramente naquela área específica e dependendo do histórico do local até quais atividades já foram desenvolvidas e o nível de intensificação destas na época.



Figura 3: Localização e disposição do uso do solo da AID.

Como se pode visualizar grande porcentagem da AID (em verde claro) está composta por área rural na forma de pastagens, contendo esta, um curso d'água intermitente (linha em azul claro) e um pequeno reservatório (representado pela cor branca) para dessedentação de animais. Esta mesma área sendo de declive e em nível mais baixo em relação ao espaço do cemitério é a região geográfica para onde escorre parcela das águas pluviais vindas do mesmo e desta forma esta é escoada superficialmente até o rio Tabaco, tributário do rio Paraopeba, principal rio da sub-bacia hidrográfica que se insere o município de Casa Grande.

Pode-se observar adjacente a este espaço uma pequena propriedade rural (área em vermelho no mapa) que desenvolve atividades de pecuária de leite. Ela está apenas a aproximadamente 45 metros de distância do cemitério, distância muito curta e, portanto deve-se ter atenção com o manejo da produção do leite. Seria interessante iniciar a adoção de alguns cuidados como análise da água e controle higiênico e sanitário correto das estruturas e dos animais em geral desta área.

Outra parcela que representa grande porcentagem da área da AID indicada pela cor marrom claro é um espaço que atualmente está em fase final de planejamento para urbanização com implantação de rede de água para consumo, rede de iluminação pública, calçamento e já pronta para construção de residências. Esta área é crítica em relação a sua posição do cemitério, pois ela está a um nível mais baixo e pode futuramente sofrer escoamento superficial das águas pluviais vindas do mesmo e de sua área de expansão.

O cemitério em estudo está localizado obviamente no setor central da AID identificado pela cor marrom escuro. Entre a área a ser urbanizada e o cemitério (região de cor preta no mapa), está o local para futuramente

expansão para realização de sepultamentos. É uma área de aproximadamente 1905,00 m² com características ambientais idênticas as do cemitério.

Já a área representada pela cor verde escuro no mapa é um terreno sem uso e atualmente há predominância da presença da Brachiaria como cobertura de solo. Este se situa adjacente a região urbanizada da AID e está a um nível um pouco acima da área do cemitério e com uma grande porção do terreno sendo levemente ondulado e uma pequena parte mais à região noroeste desta considerado mais inclinado.

Já a região designada pela cor amarelo claro representada no mapa é composta pela parcela que há urbanização, ou seja, é a parte da AID do cemitério que há características urbanas, como impermeabilização do solo, presença de residências, comércio em geral etc. Nesta parcela da AID a topografia é de declive em relação ao cemitério, porém o que se percebe através de observações de campo é que as águas pluviais não escoam totalmente em direção a esta área, como será visto mais a frente na caracterização topográfica e do sistema de drenagem da mesma.

Por último, há ainda uma porção com presença de vegetação nativa no extremo oeste da AID e logo ao sul desta está situado o pequeno reservatório de água e o respectivo córrego que fornece água ao mesmo.

ANÁLISE DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

Partindo para a caracterização da área de influência indireta do cemitério municipal de Casa Grande, esta representa a bacia hidrográfica que se insere o mesmo. Assim, esta unidade geográfica utilizada para demonstrar este espaço compreende uma região muito maior em área do que as duas primeiras citadas anteriormente. A bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos através de uma geomorfologia particular que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório (MMA; SRH, 2006).

É muito importante delimitar esta unidade em vários níveis e escalas, pois desta forma fica claro que qualquer fonte de contaminação dos recursos hídricos em específico em uma dada região irá contribuir para a degradação da qualidade ambiental das águas de todos os demais afluentes que irão receber este volume de água contaminada que vem a montante. Este problema se agrava ainda mais quando há uma dependência entre municípios para a utilização dos recursos hídricos de um mesmo rio, e desta forma, as cidades que se situam a jusante são prejudicadas pela má qualidade do mesmo.

Há de se ressaltar que praticamente todos os municípios, distritos e povoados possuem uma área destinada a sepultamentos e na maioria das vezes o local não têm um suporte ambiental adequado e pode levar várias substâncias para os cursos d'água incluindo microrganismos patogênicos.

O cemitério de Casa Grande está inserido a nível federal na bacia hidrográfica do Rio São Francisco e em específico na região fisiográfica a montante deste, na divisa com a bacia do Rio Grande. Em nível estadual o mesmo se encontra também à montante na sub-bacia hidrográfica do rio Paraopeba (UPGRH SF3) abrangendo uma área de 13.643 km², 2,5% da área do estado, que nasce em Cristiano Ottoni, cidade que faz limite com Casa Grande.

Portanto é fundamental avaliar em um município todas as atividades que possam causar algum tipo de contaminação às águas o que neste trabalho é o cemitério da cidade. Assim para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos de toda a bacia hidrográfica os municípios à montante têm grande contribuição em termos de melhorias contínuas em sua gestão ambiental e em particular ao controle de fontes poluidoras das águas.

CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DO AMBIENTE FÍSICO

A seguir serão descritas em nível regional a composição e distribuição dos principais atributos ambientais do espaço geográfico onde está localizado o cemitério de Casa Grande, com a finalidade de representar a dinâmica e características particulares deste com relação ao meio onde está inserido. Assim foi demonstrado

em que cenário o cemitério municipal está “assentado” e conseqüentemente a que aspectos devem ser tomados com mais relevância e criteriosidade.

- **Caracterização geológica**

As informações sobre a geologia regional para cemitérios trazem uma base de dados muito importante sobre o comportamento de alguns parâmetros físicos e químicos como a permeabilidade e concentrações naturais de minerais e elementos químicos no solo.

Além disso, a análise geológica inclui a avaliação de contaminações e caracterização de constituintes químicos das águas superficiais e subterrâneas, pois o ambiente natural sempre vai apresentar características da “rocha mãe” e desta forma irá haver variações de concentrações e composições dos minerais e elementos químicos em diferentes regiões geográficas, principalmente no solo e nas águas.

Em relação a era da geologia da região do município de Casa Grande esta caracteriza-se como a paleoproterozoico inserida no período Riáciano ao grupo Barbacena. Este grupo inclui a formação Lafaiete composta pelos minerais biotita xisto, gondito, quartzito, carbonato de Mg e formação ferrífera restrita (CPRM, 2016).

Seguindo os objetivos do trabalho serão focados mais especificamente parâmetros físicos, porém recomenda-se em estudos futuros representar a relação dos minerais mais comuns na região com possíveis interpretações de análises químicas detectando anomalias ou variações de concentrações de elementos químicos principalmente na AID do cemitério.

Já o mapa de geodiversidade, tem a função de sintetizar os grandes geossistemas formadores do território nacional. Owen et al. (2005) em seu livro “Gloucestershire Cotswolds: Geodiversity Audit e local Geodiversity Action Plan”, consideram que geodiversidade é a variação natural (diversidade) da geologia (rochas, minerais, fósseis, estruturas), geomorfologia (formas e processos) e solos (CPRM; MME; SGM, 2010).

Essa variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos faz com que essas rochas, minerais, fósseis e solos sejam o substrato para a vida na Terra. Isso inclui suas relações, propriedades, interpretações e sistemas que se inter-relacionam com a paisagem, as pessoas e culturas (CPRM; MME; SGM, 2010). Assim o conhecimento da geodiversidade nos leva a identificar de maneira mais segura, as aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como os impactos advindos de seu uso inadequado.

Casa Grande está inserida sobre os “complexos granitóides deformados”. Os solos onde são evoluídos e profundos deste complexo têm baixo risco de contaminação das águas subterrâneas (CPRM; MME; SGM, 2010).

As litologias constituintes deste domínio são de baixa permeabilidade primária (baixa interconectividade entre as fraturas), originam solos com grande variação da permeabilidade e possuidores de boa capacidade de retenção de poluentes, o que pode ser bastante favorável em áreas de cemitérios. A unidade geológico-ambiental apresenta ambiência geológica favorável à existência de faturamento profundo aberto, o que condiciona bom potencial armazenador de água subterrânea, porém muito irregular (CPRM; MME; SGM, 2010).

- **Caracterização pedológica**

Assim como a geologia as informações referentes ao tipo de solo da área geográfica onde se localizam cemitérios são essenciais para avaliar parâmetros físicos em particular. Através destes parâmetros pode-se analisar indiretamente fatores como probabilidade de contaminação das águas subterrâneas e o comportamento de alguns contaminantes e elementos químicos em específico.

O solo predominante no município, classifica-se de acordo com o levantamento exploratório em escala 1:1000000 realizada pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) em 1979 na folha “4” do estado de Minas Gerais, como latossolo vermelho – amarelo, distrófico típico, “A moderado” (médio teor de matéria orgânica), textura argilosa, fase cerrado de relevo plano e suave ondulado.

São solos com boa a moderada permeabilidade, o que em algumas condições pode facilitar a percolação de contaminantes. Têm uma moderada retenção de água que depende diretamente do teor de matéria orgânica. Quimicamente são solos ácidos que podem influenciar tanto as atividades microbiológicas, consideradas importantes em cemitérios para a decomposição por putrefação, quanto na taxa e velocidade de reações químicas presentes nos processos transformativos de cadáveres (IBGE, 2007).

São solos profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis de textura argilosa ou muito argilosa na maioria das vezes. Os solos mais oxídicos, de textura argilosa ou muito argilosa possuem baixa densidade aparente (0.84 a 1.03 g/cm³) e porosidade muito alta ou alta, com valores variando de 62% a 70%, indicando condições físicas favoráveis à oxigenação e assim uma maior eficiência na degradação de matéria orgânica, sendo um ponto bastante positivo em cemitérios (CETEC, 2008 apud DURÃES, 2010).

• **Caracterização hidrogeológica**

Outro fator que muitas vezes é desprezado para se realizar uma avaliação completa do espaço onde se inserem cemitérios é a hidrogeologia da região que complementa as informações pedológicas e geológicas.

Em relação ao domínio hidrogeológico do espaço geográfico onde está inserido o cemitério de Casa Grande, este se classifica como cristalino ou embasamento fraturado indiferenciado (SIAGAS, 2016).

Assim, através do conhecimento da dinâmica hidrogeológica local é possível inferir quais características e estruturas possuem o aquífero e conseqüentemente obter conclusões se o conjunto destas tornam o mesmo vulnerável ou não a contaminações e uma vez contaminado qual a significância, gravidade e capacidade deste de atenuar tal perturbação a partir de suas características naturais.

Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) (2011) como quase não existe uma porosidade primária nas rochas deste domínio hidrogeológico, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por aquíferos livres aleatórios, descontínuos e de pequena extensão, dada a grande diversidade litológica que culmina em aspectos hidráulicos distintos.

Este domínio hidrogeológico por sua vez apresenta média a baixa drenabilidade. A permeabilidade nesta classe está abaixo de 10-5 cm/s e com um coeficiente médio de porosidade de 3%. Estas rochas constituem áreas planas e dissecadas de extensões variáveis e com espessuras saturadas de captação entre 100-150 metros (CODEVASF; FEIRANTE, 1990 apud MMA; SRH, 2006).

Desta forma, aquíferos livres uma vez contaminados, têm uma capacidade maior de atenuar tal contaminação do que aquíferos confinados. Porém os aquíferos livres dependendo de outros fatores possuem uma vulnerabilidade maior de sofrer contaminações. Em específico à área do cemitério o aquífero possui uma drenabilidade média a baixa, o que pode diminuir a extensão do aquífero atingido em caso de contaminação.

• **Caracterização topográfica, hidrográfica e do sistema de drenagem**

A análise da topografia do espaço geográfico onde se inserem os cemitérios dependendo de algumas combinações de fatores, pode se tornar essencial para avaliar alguns possíveis riscos de contaminação de ordem química ou biológica, principalmente aos cursos d'água superficiais, comprometendo negativamente sua qualidade aos diversos usos.

Desta forma através do diagnóstico preciso da AID desta classe de empreendimento, a avaliação topográfica pode se tornar fundamental para fins de caracterização do regime de escoamento superficial das águas pluviais apontando quais áreas são atingidas por este, definição de pontos onde pode haver focos de sedimentação de resíduos tanto sólidos quanto líquidos vindos da área interna do cemitério, realização de mapeamentos de áreas que contribuem para um escoamento superficial do interior para o exterior do cemitério ou vice versa, servindo também como base para elaboração do projeto de drenagem de águas pluviais.

O cemitério de Casa Grande está localizado em um dos setores mais altos da cidade. Levando este aspecto em consideração o risco deste sofrer inundações está descartado e o escoamento superficial de águas pluviais está direcionado parcialmente às áreas não urbanizadas ao sul do mapa. Desta forma a parcela da AID considerada

de uso rural está recebendo parcela do volume de água e demais substâncias vindas da ADA do cemitério, podendo causar riscos sanitários ao espaço onde a propriedade rural se insere e podendo comprometer a saúde ambiental local.

Portanto fica nítida que a segurança de muitos fatores ambientais em cemitérios se dão a partir das informações referentes as características da topografia em que se localiza tal empreendimento, levando em consideração também sua relação com a disposição topográfica do restante da cidade contribuindo para várias interpretações originadas a partir do conhecimento prévio do grau e direções da declividade e relacionando-as ainda com a hidrografia local.

Em relação ao contexto da declividade do cemitério, esta se mostra uma área levemente inclinada, porém não significativa para ocorrer velocidades muito altas de escoamentos, possuindo assim teoricamente riscos menores de carreamento de resíduos ou lixiviação de substâncias do interior do cemitério para a AID. Do ponto de vista físico haverá maior contato da água com o solo na ADA e assim uma maior eficiência de infiltração, porém ressaltando, sempre levando em consideração as características naturais e peculiares ao solo do local como a porosidade e permeabilidade.

Em relação aos cursos d'água presentes no entorno do cemitério, estes estão situados na área de drenagem ao sul da cidade como representa a Figura 4. Estes compreendem dois córregos intermitentes, ou seja, cessam água parte do ano. O rio Tabaco (em verde) recebe diretamente as águas pluviais e sedimentos vindos destes córregos.



Figura 4 – Área de drenagem do espaço geográfico do cemitério municipal de Casa Grande/MG.

A utilização destes recursos hídricos mostrados é desconhecida, não fazendo parte dos objetivos do trabalho, porém recomenda-se realizar uma caracterização dos usos dos cursos d'água diretamente afetados, principalmente pela propriedade rural que se localiza na AID do cemitério. Se a utilização destes recursos for para consumo humano, recomenda-se uma análise química e bacteriológica com a finalidade de identificar substâncias ou microrganismos patogênicos que podem de alguma forma causar sérios riscos à saúde.

A caracterização hidrográfica somando à topográfica e do sistema de drenagem compreendem uma série de informações relacionadas à identificação de áreas com maior risco de serem influenciadas pelo empreendimento, prevenção de riscos a inundações, complementa base de dados para projetos de drenagem de águas pluviais, melhor eficiência da delimitação das áreas urbanas afetadas e diagnóstico mais preciso dos pontos do espaço geográfico a serem monitorados através de coletas de materiais e posterior análises.

Enfim, através destes conhecimentos e juntamente com as informações e dados geológicos, pedológicos e hidrogeológicos do espaço onde se insere o cemitério podem ser criados através de estudos mais detalhados, indicadores de probabilidade de contaminação dos recursos hídricos e o grau de risco da utilização destes para uso humano.

- **Caracterização climática**

Nesse estudo a caracterização climática indica em quais condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade o processo de transformação de cadáveres ocorre na área do cemitério.

A classificação climática utilizada foi a de Köppen-Geiger que divide os climas em 5 grandes grupos ("A", "B", "C", "D", "E") e diversos tipos e subtipos. Cada clima é representado por um conjunto variável de letras (com 2 ou 3 caracteres). Cada um destes tem a função de descrever uma característica de um elemento do clima.

O clima predominante na região em que Casa Grande está inserida (Cwb) é o tropical de altitude com Inverno seco e verão temperado (CIBAPAR, 2010 apud DURÃES, 2010).

Desta forma, de acordo com informações obtidas a partir do plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco (2015), no período de 1961 a 2014 nesta região a temperatura média máxima ficou entre 26,5 e 27,5 °C e a mínima entre 14,0 e 15,4 °C. A umidade relativa do ar ficou entre 72,4 e 78,5% e a precipitação média anual variou de 1300 a 1500 mm por ano, sendo que o extremo sul da bacia (localização da área de estudo) apresenta maior número de dias chuvosos que chega a 130 dias por ano.

Este conjunto de informações indica que a decomposição de cadáveres em cemitérios desta região ocorre com bastante intensidade e, portanto as condições climáticas para que ocorram reações químicas e ao desenvolvimento de microrganismos decompositores putrefativos são muito favoráveis.

REPRESENTAÇÃO DE VULNERABILIDADES DA ÁREA DE ESTUDO

Os próximos itens que serão apresentados têm a finalidade de compor aspectos relacionados às vulnerabilidades naturais do ambiente em que se insere o cemitério, retratando desta forma informações que complementam as características citadas nos itens anteriores.

- **Probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo**

A metodologia utilizada pelo ZEE/MG para elaborar o mapa secundário representado na Figura 5 consiste em sobrepor e reinterpretar outras camadas que são de origem de dados primários. Essa reinterpretação é feita de acordo com quadros guia especialmente elaborados para tal finalidade.

Este quadro guia contém para esta camada em específico, informações relacionadas ao tipo de solo, textura, teor de matéria orgânica, proximidade de rios e regime hídrico. Assim o cruzamento destes dados resulta no nível da probabilidade de contaminação pelo uso do solo, como ilustra a Figura 5 a seguir:

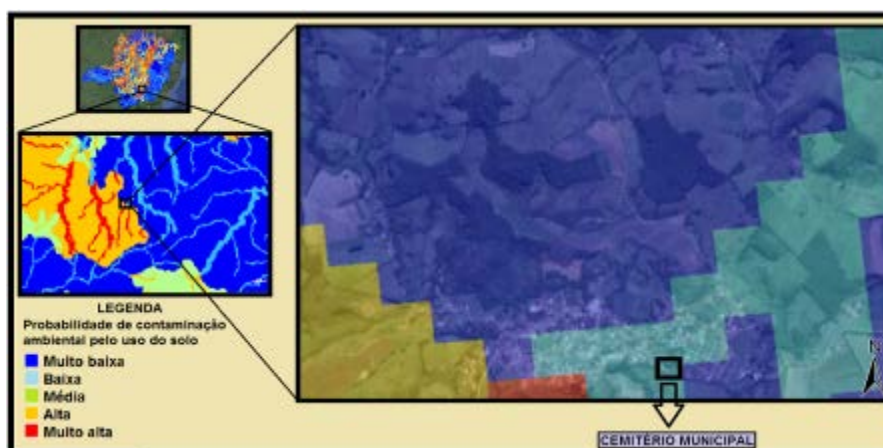


Figura 5: Probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo do espaço geográfico do cemitério municipal de Casa Grande.

Observando o mapa, o cemitério de Casa Grande está situado em uma zona de baixa probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo, ou seja, levando em consideração que os cemitérios provocam muitas alterações nas características físicas, químicas e biológicas naturais do solo, esta camada mostra que o ambiente tem grande capacidade de contornar perturbações impostas por esta classe de empreendimento.

Desta forma, em relação ao aspecto mostrado no mapa, considera-se este um fator bastante favorável ao ambiente de suporte onde se encontra inserido o cemitério de Casa Grande, demonstrando o quanto o conjunto das características locais “suportam” a presença de algumas substâncias em concentrações maiores que as naturais da área.

- **Potencial de contaminação de aquíferos**

Do mesmo modo, a metodologia utilizada pelo ZEE para obter o mapa do potencial de contaminação de aquíferos é a mesma citada no item anterior. Desta forma, o potencial de contaminação de aquíferos foi obtido com base na combinação qualitativa dos seguintes fatores: características litológicas, falhas geológicas, profundidade modal do aquífero, condutividade elétrica da água subterrânea, além da presença de metais pesados em concentrações elevadas. Todos estes fatores citados foram inseridos em um quadro guia que posteriormente foi interpretado através de cálculos e outros modelos digitais ou matemáticos.

Uma das conclusões realizadas pelo ZEE/MG para se gerar tal mapa é que rochas com características distintas apresentam maior ou menor susceptibilidade à contaminação, de acordo com sua porosidade.

A Figura 6 apresenta o mapa que ilustra o potencial de contaminação de aquíferos na cidade de Casa Grande:

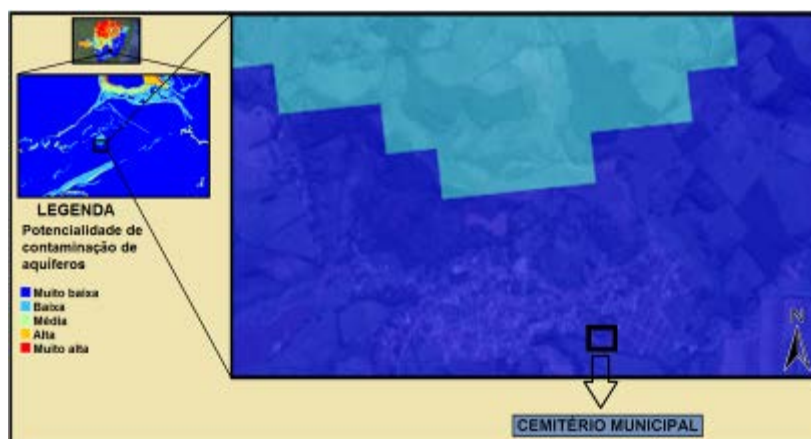


Figura 6: Probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo do espaço geográfico do cemitério municipal de Casa Grande.

- **Taxa de decomposição da matéria orgânica do solo**

A metodologia para se obter o mapa de taxa de decomposição de matéria orgânica do solo utilizada pelo ZEE/MG é idêntica as camadas vistas nos subitens anteriores. O que muda são os elementos que são usados para a realização do cruzamento dos dados para a posterior reinterpretação.

Assim os fatores para esta camada levados em consideração e inseridos no quadro guia foram o teor de matéria orgânica, textura e regime hídrico do solo. A Figura 7 a seguir ilustra a taxa de decomposição de matéria orgânica do solo da cidade e do cemitério de Casa Grande:

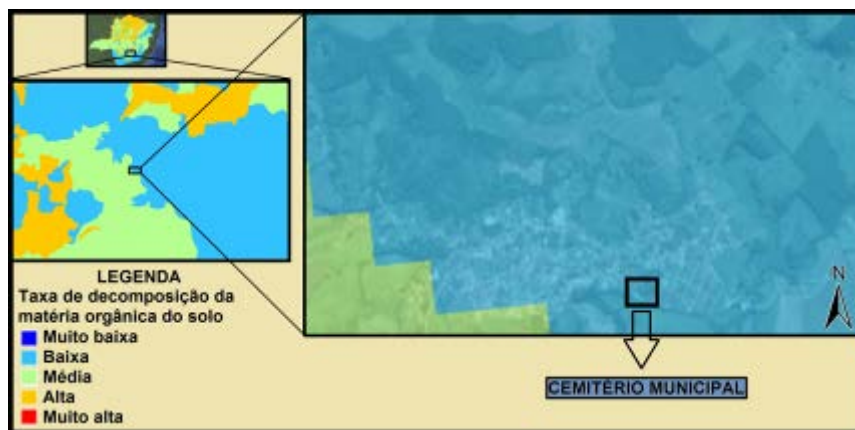


Figura 7: Taxa de decomposição de matéria orgânica do solo do espaço geográfico do cemitério municipal de Casa Grande.

Levando em consideração as informações do mapa, a taxa de decomposição de matéria orgânica do solo, não só na área do cemitério, mas também em praticamente toda a cidade de Casa Grande é considerada baixa. Apesar de ser um parâmetro de grande dificuldade de se medir, o conhecimento deste permite realizar algumas análises importantes sobre a “eficiência” da decomposição de cadáveres no cemitério em estudo.

Portanto, através desta informação infere-se que a tendência dos cadáveres é demorar um período maior a se decompor totalmente, aumentando o tempo de exumação, o que consequentemente pode comprometer em longo prazo a vida útil do cemitério dependendo de outros fatores como índice de mortalidade do município, necessitando assim de mais área para sepultamentos em períodos menores de tempo o que pode gerar mais custos e riscos ambientais.

Outra análise relevante é que com uma menor taxa de decomposição o necrochorume gerado pode ser liberado mais lentamente para o ambiente. Ainda juntamente com a combinação de outros fatores pedológicos, podem ocorrer alterações nos processos de transformação do cadáver, provocando mudanças nas reações químicas mais comuns do ciclo normal de decomposição de corpos humanos o que consequentemente pode ocasionar o aumento de concentrações de algumas substâncias que em condições ideais representam somente uma pequena parcela da composição dos resíduos líquidos de caráter poluidores gerados.

O intercâmbio da vulnerabilidade do tipo aquífero e as características da carga contaminante fazem com que a probabilidade de contaminação das águas subterrâneas seja maior, ou seja, que a água ultrapasse os parâmetros estabelecidos de qualidade para o uso e consumo humano, industrial e/ou agrícola. Podemos dizer que a vulnerabilidade de um aquífero está relacionada com a sua susceptibilidade à ação de uma carga contaminante, sendo que esta penetra no aquífero através da lixiviação por meio da recarga (GOULART; GOMES; RIBEIRO, 2006 apud FEAM, 2011).

Assim, como se observa no mapa, o potencial de contaminação de aquíferos na área do cemitério em estudo é baixo. Porém, deve ser ressaltado que este potencial pode variar em função das características do contaminante e do período de exposição deste no solo, bem como seu período de recarga.

Portanto, em particular as unidades cimiteriais, o necrochorume sempre deve merecer monitoramentos “especiais”, pois este líquido de composição diversificada e recarga constante pode ter um comportamento variado em tipos diferentes de solos e o nível do aquífero pode sofrer grandes variações em pequenas extensões.

CONDIÇÕES ANTRÓPICAS, ESTRUTURAIS E ADMINISTRATIVAS

Em relação ao questionário elaborado para o diagnóstico físico e antrópico (Apêndice 1), foram avaliados 13 itens para a investigação cimiterial da ADA.

Há utilização de água no cemitério somente para a realização das construções tumulares, como exemplo o preparo de massa para assentar os tijolos e demais itens de alvenaria necessários. Foi observado em algumas áreas externas ao perímetro do cemitério acúmulo de resíduos lançados teoricamente pelas pessoas em dias de sepultamento. Não foi visto nenhuma lixeira próxima à área interna e externa, sendo que o único tipo de resíduo recolhido é o entulho decorrente de materiais de construção e restos de folhas e flores deixados pelos visitantes.

Praticamente toda a área de corredores do cemitério, incluindo à dos jazigos não é impermeabilizada, excetuando-se o corredor central. Não existe nenhum sistema de drenagem de águas pluviais no local, sendo esta escoada de acordo com a inclinação natural da geomorfologia local. Foram contadas 290 sepulturas, sendo 224 jazigos (74 sem construção tumular) e 66 gavetas aéreas e já foram produzidos aproximadamente 17 400 litros de necrochorume desde o ano de 1920.

Há um nível baixo de urbanização (aproximadamente 23% da AID) e em relação à verificação das condições das construções tumulares (Apêndice 2), 70% delas possuem estrutura física adequada e 57,5% delas são revestidas de granito, material impermeável de excelente resistência as variações climáticas da região.

PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO DO CEMITÉRIO ANALISADOS

A análise de solo é uma ferramenta básica para a correta interpretação de vários parâmetros físicos, químicos e mineralógicos. Estes parâmetros podem servir como uma base de informações valiosas, contribuindo para a descrição de vários fenômenos e processos do espaço estudado indicando limitações, riscos geotécnicos, deficiências, qualidades e riscos de sofrer contaminação ou ser um meio “auxiliar” para potencializar a poluição.

Este último item citado foi a justificativa para a realização das análises físicas das cinco amostras de solo da área diretamente afetada do cemitério de Casa Grande, tendo a finalidade de obter as curvas de distribuição granulométrica e a textura, a permeabilidade e a porosidade total do solo, bem como o grau de aeração.

• Avaliação da granulometria

A Granulometria em pedologia é o estudo da distribuição das dimensões dos grãos de um solo, ou seja, é a determinação das dimensões das partículas do agregado (pedregulhos, areia, silte, argila) e de suas respectivas percentagens de ocorrência (NBR 6502, 1995). A granulometria dos solos representa uma de suas características mais estáveis.

Existem várias escalas granulométricas adotadas por vários países de forma variada. No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 6502, 1995) apresenta terminologias importantes relacionadas aos aspectos de rochas e solos. Assim esta apresenta as definições das frações do solo em função do diâmetro de suas partículas como ilustra a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Escala granulométrica adotada pela ABNT para terminologia de solos.

PEDREGULHO			AREIA			SILTE	ARGILA
G	M	F	G	M	F		
60 mm	20 mm	6 mm	2 mm	0,6 mm	0,2 mm	0,06 mm	0,002 mm

Legenda - G: Grossa / M: Média / F: Fina

A seguir as Figura 8 apresenta as curvas de distribuição granulométrica das cinco amostras de solo do cemitério de Casa Grande, indicando a porcentagem passante (considerando 1 Kg de solo) em função do diâmetro das partículas:

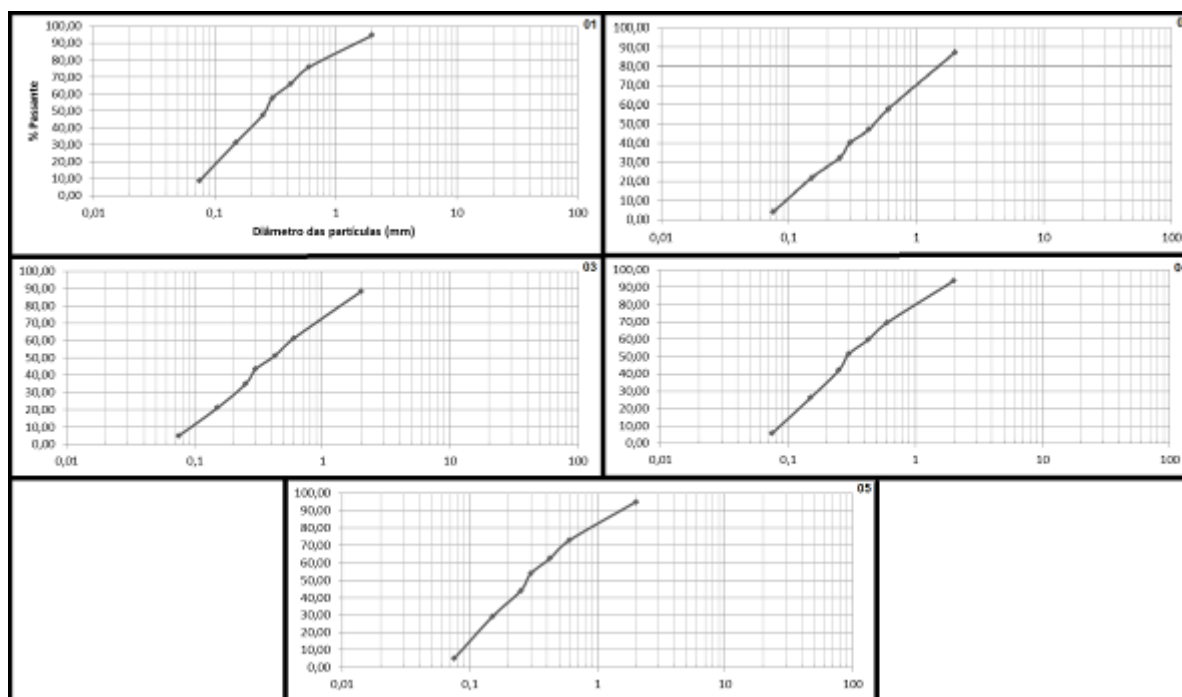


Figura 8: Curvas de distribuição granulométrica dos cinco pontos amostrais

De acordo com a média das amostras dos cinco pontos, aproximadamente 95% das partículas não passaram na peneira 200 (0,075 mm) sendo considerado, portanto um solo de textura grossa. Diante das curvas granulométricas apresentadas, foi possível calcular o coeficiente de uniformidade (Cu), o qual indica sobre a variedade das dimensões das partículas de solo e o coeficiente de curvatura (Cc) que determina a graduação do solo. Estes estão exibidos na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Valores dos parâmetros granulométricos verificados.

Parâmetros de interpretação da curva granulométrica	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04	Ponto 05
D10 (Diâmetro efetivo)	0,078	0,094	0,093	0,088	0,086
D30 (Diâmetro efetivo)	0,14	0,23	0,21	0,18	0,16
D60 (Diâmetro efetivo)	0,33	0,65	0,57	0,44	0,39
Cu = D60 / D10	4,23	6,91	6,12	5,00	4,53
Cc = (D30) ² / D60 x D10	0,76	0,86	0,83	0,83	0,76

Através da média das cinco amostras, obteve-se um Cu de 5,35 indicando um solo medianamente uniforme entre as frações ($5 < Cu \leq 15$) (NBR 6502, 1995). Em relação ao coeficiente de curvatura, através da média dos resultados das cinco amostras, obteve-se um Cc de 0,80, caracterizando assim como um solo mal graduado ($\neq 1 \leq Cc \leq 3$).

A textura de um solo pode ser considerada como o conjunto de características de forma, dimensão e arranjo dos elementos mineralógicos constituintes de um solo (NBR 6502, 1995). Desta forma a Tabela 3 abaixo apresenta as porcentagens das frações do solo do cemitério considerando a média dos cinco pontos amostrais:

Tabela 3: Porcentagens obtidas por fração do solo no cemitério.

Fração do solo	Diâmetro dos grãos da fração do solo	Porcentagem de ocorrência
Pedregulho Fino	$6 \leq \varnothing < 2 \text{ mm}$	8,24%
Areia Grossa	$2 \leq \varnothing < 0,6 \text{ mm}$	24,33%
Areia Média	$0,6 \leq \varnothing < 0,2 \text{ mm}$	~ 27,00%
Areia Fina	$0,2 \leq \varnothing < 0,06 \text{ mm}$	~ 36,00%
Silte e Argila	$\varnothing \leq 0,06 \text{ mm}$	~ 5,00%

A partir dos dados contidos na tabela acima é possível inferir que o solo do cemitério é predominantemente arenoso (aproximadamente 87%), sendo que as ocorrências das frações grossa, média e fina estão parcialmente distribuídas. Desta forma, considera-se que apesar de ser um solo medianamente uniforme, não foi classificado como bem graduado, possibilitando inferir então um fator favorável à ocorrência de uma porosidade alta e até da permeabilidade dependendo de outros elementos e características específicas do solo.

• Avaliação da permeabilidade

A permeabilidade ou condutividade hidráulica de solos é expressa com base na lei experimental de Darcy, de acordo com a qual é igual à velocidade média aparente de escoamento da água através da área total (sólidos e vazios) da seção transversal do solo ao fluxo, sob um gradiente hidráulico unitário (NBR 6502, 1995). De acordo com a metodologia adotada foi possível realizar somente a permeabilidade das amostras 01 e 05 conforme mostra a Tabela 4 abaixo, pois a fórmula utilizada é válida somente para valores em que o C_u é menor que 5:

Tabela 4: Coeficiente de permeabilidade do solo do cemitério por ponto amostral.

	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Amostra 05
Permeabilidade (cm/s)	$6,08 \times 10^{-3}$	-----	-----	-----	$7,39 \times 10^{-3}$

Considerando o volume total e a distribuição dos poros de um solo, a permeabilidade pode ser interpretada como o nível da interconectividade destes. A Figura 9 representa a permeabilidade das frações dos solos com ênfase ao limite de valores deste parâmetro para áreas cimiteriais em uma primeira condição e a média obtida nas áreas dos pontos amostrais 01 e 05 ($6,73 \times 10^{-3}$):

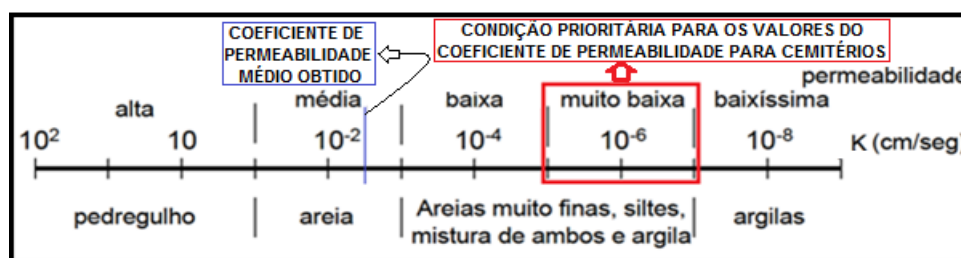


Figura 9: Escala de intervalos da variação média do coeficiente de permeabilidade.

Através do resultado da média da permeabilidade nas áreas adjacentes aos pontos amostrais 01 e 05 (setor frontal do cemitério) e relacionando-o ao limite prioritário dado pela legislação, observados na escala dos coeficientes de permeabilidade das frações do solo, pode-se inferir que o mesmo apresenta uma permeabilidade mediana, que apesar de ser considerada ideal para operação segura de unidades cimiteriais horizontais, exige que o lençol freático esteja a uma profundidade bastante considerável em relação ao nível da base dos jazigos.

• Avaliação da porosidade

Os poros dos solos, que apesar de também serem chamados de volume de vazios podem estar preenchidos com água (quando o solo está saturado), com ar (quando o solo está totalmente seco) ou com ambos, que é a forma

mais comum encontrada no meio ambiente. A porosidade tem influência principalmente na permeabilidade e aeração de solos. A Tabela 5 abaixo apresenta a porosidade obtida nas amostras de solo:

Tabela 5: Porosidade total do solo do cemitério por ponto amostral.

	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Amostra 05
Porosidade (%)	69,35	72,11	69,66	74,42	66,51

O solo apresentou uma porosidade média (espaços vazios preenchidos por ar e água) de 70,41%. Obteve ainda 17,17% de umidade média (massa d'água evaporada) e como 1 grama desta equivale a 1 ml e este equivale a 1 cm³, de 100% de uma unidade de volume do solo, 53,24% são espaços vazios preenchidos por ar.

Segundo Filho (2003, p. 215) solos com espaços vazios acima de 20% é considerado de alta aeração. Este então tem esta característica que promove e facilita os processos para a decomposição aeróbica (putrefativa) dos cadáveres. Esta alta porosidade ainda pode facilitar a filtração do necrochorume, visto que a mesma apresentou um bom nível de interconectividade (média permeabilidade).

CONCLUSÕES

Em virtude de todos os aspectos abordados e levando em consideração elementos climáticos adequados à putrefação, o cemitério de Casa Grande apresentou tanto fatores favoráveis quanto desfavoráveis em relação ao potencial de causar contaminação e a diminuição da qualidade ambiental em cenários futuros de expansão do ambiente físico de suporte em que se insere.

Iniciando pelos fatores favoráveis, o conjunto das características pedológicas e hidrogeológicas regional expressaram um baixo potencial de contaminação as águas subterrâneas e uma vez contaminadas, pela drenabilidade baixa e por serem aquíferos livres, aleatórios e descontínuos, têm-se minimização da área afetada.

As análises em campo demonstraram um nível mediano de distribuição entre o tamanho das partículas do solo (aproximadamente 87% areia) possuindo esta parcela boa graduação, ou seja, pouca variação na porcentagem das frações grossa, média e fina, facilitando, portanto o arranjo e diminuindo os espaços vazios. Contudo, de forma geral é um solo mal graduado e como já era de se esperar a porosidade foi elevada, sendo 53,23% espaços vazios preenchidos por ar promovendo alta aeração e favorecendo o processo transformativo da putrefação.

O conjunto de componentes e características da geodinâmica regional torna o solo possuidor de boa capacidade de retenção de poluentes, apesar de poder apresentar através das análises, um valor máximo de 25% do teor mínimo ideal de argila para solos desta classe de empreendimento. Em geral, a região apresenta solos com moderada permeabilidade o que confere corretamente com as análises físicas realizadas na ADA. Desta forma, tal permeabilidade obtida é classificada de acordo com a literatura como ideal para solos de cemitérios, pela capacidade de proporcionar uma filtração adequada do necrochorume.

Apesar de haver uma aeração propícia, pelas condições naturais da área de estudo como a acidez do solo, por exemplo, a área do cemitério apresenta uma baixa taxa de decomposição de matéria orgânica. Dai infere-se, que há alguma possibilidade de estar ocorrendo fenômenos transformativos conservativos de cadáveres que prolongam a permanência dos corpos semidecompostos e dificultam a neutralização do necrochorume gerado, aumentando o grau de toxicidade deste.

70% das construções tumulares estão em ótimo estado de conservação diminuindo o risco de infiltração de água e invasão de animais ou insetos. Entretanto o cemitério ainda apresenta 23% de suas sepulturas representadas por gavetas, o que não condiz com a forma de sepultar ambientalmente correta para esta classe de unidade cemiterial, pois pode favorecer processos transformativos desfavoráveis como a saponificação e mumificação. Pela análise conjunta através da aplicação dos questionários e observações da área interna do

cemitério, ficou evidente que a composição estrutural deste possui condições sanitárias satisfatórias, diminuindo riscos de contaminação das águas superficiais e proliferação de vetores.

As investigações das áreas de influência e o conjunto de características da hidrografia, topografia e do sistema de drenagem do espaço de estudo prova que não há riscos críticos de influências para as águas superficiais. Assim, tais características ainda auxiliam na identificação de diversas informações relacionadas à caracterização de zonas com maior risco de serem “interferidas” pelo empreendimento.

Portanto, de forma geral, o espaço físico em que o cemitério de Casa Grande se encontra possui uma capacidade de suporte ambiental aceitável, mostrando possuir poucos fatores críticos e mais favoráveis. Para poder ser efetuada uma conclusão final de adequabilidade e constatar a conformidade com a legislação vigente seria necessário ter o conhecimento da profundidade do lençol freático da área, sendo que este deve estar a no mínimo dez metros ao limite inferior da base dos jazigos. Em relação ao meio antrópico, este representa somente uma pequena parcela da AID, diminuindo possibilidades de disseminação de doenças por vetores.

Este estudo de caso ainda teve o caráter de apresentar de forma bastante completa o escopo de uma avaliação de empreendimentos cemiteriais, neste caso um já em operação há algumas décadas. Porém este pode ser aplicado também no diagnóstico do meio físico para estudos de impacto ambiental para implantação de novas unidades cemiteriais, diminuindo de forma eficaz a degradação da qualidade ambiental e aumentando a segurança da saúde da população.

RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A seguir serão apresentadas em tópicos algumas recomendações para pesquisas futuras na área de estudo, englobando aspectos metodológicos, restritivos e propostas de melhorias para o aumento da segurança da qualidade ambiental na AID do cemitério de Casa Grande:

- Executar investigação geotécnica de toda a camada vertical do subsolo por meio de sondagens de simples reconhecimento do solo (Normas ABNT).
- Efetuar a medição do nível do lençol freático no interior da ADA, para se ter o conjunto completo das condições do ambiente físico e suas relações.
- Em caso de nível freático raso, realizar análises químicas e microbiológicas das águas subterrâneas para através da geologia regional inferir anomalias.
- Realizar análises químicas e microbiológicas da água e sedimentos do córrego situado na AID, diagnosticando influências da área cemiterial.
- Verificar as fontes e usos de água na propriedade rural localizada na AID do cemitério, bem como seu estado de qualidade, inclusive para uso humano.
- Efetuar análise mineralógica do solo da ADA, para avaliar detalhadamente a nível local a capacidade da argila constituinte deste de atenuar e reter os poluentes gerados pela decomposição de cadáveres.
- Implantar lixeiras na ADA do cemitério com recolhimento dos resíduos.
- Elaborar o projeto e implantar um sistema de drenagem de águas pluviais viável tecnicamente e economicamente em caso de expansão e também a caracterização dos usos dos cursos d'água diretamente afetados.
- Conscientizar os familiares dos falecidos a promover a construção tumular nos jazigos, se possível com dispositivos de troca gasosas, impedindo a infiltração direta da água e o aparecimento de vetores que possam servir como transmissores de doenças.
- Comunicar ao órgão responsável pela gestão do cemitério evitar os sepultamentos em gavetas e a necessidade da impermeabilização total dos corredores, visto que as águas pluviais através de uma permeabilidade moderada pode contribuir para a percolação do necrochorume no subsolo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACKERMANN, L. A. Ameaça dos mortos. Revista Isto é (on-line), São Paulo, 2001. Disponível em <<http://www.terra.com.br/istoe/Reportagens/cemiterio.htm>>. Acesso em 22 Abr. 2016.
2. ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS. Disponível em: <http://www.atlasdasaguas.ufv.br/unidades_de_planejamento_e_gestao_dos_recursos_hidricos_home.html>. Acesso em: 14 Ago. 2016.
3. CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS; MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; SGM - SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. Geodiversidade do Estado de Minas Gerais. Org: MACHADO, Marcely Ferreira; SILVA, Sandra Fernandes. Belo Horizonte, 131p, 2010.
4. CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/wp-content/themes/geologia/mapas/mapa_geo_2014.zip>. Acesso em: 17 Ago. 2016.
5. DURÃES, Matheus Fonseca. Caracterização e avaliação do estresse hidrológico da bacia do rio Paraopeba, por meio de simulação chuva-vazão de cenários atuais e prospectivos de ocupação e uso do solo utilizando um modelo hidrológico distribuído. 2010. 147p. Dissertação (Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/REPA-8DMMHQ/853m.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12. Out. 2016.
6. FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Plano para incremento do percentual de tratamento de esgotos sanitários na bacia hidrográfica do Rio Paraopeba. 515p. Belo Horizonte, 2011.
7. FILHO, T.B. Ottoni. Uma classificação físico-hídrica dos solos. (Seção 01 – Física do solo). Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 27, n. 2, p. 211 - 222, ISSN 1806 - 9657, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n2/16222.pdf>>. Acesso em: 14 Set. 2016.
8. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Mapa de solos do Estado de Minas Gerais – Folha 04. 2016. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mapadosolo/mapa_solos_4.jpg> Acesso em: 15 Ago. 2016.
9. GOOGLE EARTH PRO. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 17 Ago. 2016.
10. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=311490>>. Acesso em 31 Mai. 2016.
11. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Pedologia – Manuais Técnicos em Geociências. 2 ed, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.
12. MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido. p. 40, Brasília, MMA, 2007. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/%C3%81GUAS%20SUBTERR%C3%82NEAS.pdf>>. Acesso em: 19 Mai. 2016.
13. MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; SRH - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Caderno da região hidrográfica do São Francisco. 2006. 148p. Brasília.
14. NBR 9604. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: Abertura. de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas – Elaboração: Rio de Janeiro, 1986.
15. NBR 6457. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: Amostras de solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização – Elaboração: Rio de Janeiro, 1986.
16. NBR 6502. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: Rochas e Solos – Elaboração: Rio de Janeiro, 1995.
17. NBR 7181. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: Solo – Análise granulométrica – Elaboração: Rio de Janeiro, 1984.
18. PACHECO, A. Cemitério e Meio Ambiente. 2000. Tese de Livre Docência. p. 120. São Paulo: Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/44/tde-23062015-131326/publico//Pacheco_LivreDocencia.pdf>. Acesso em: 23 Fev. 2016.
19. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2016 - 2025). Comitê da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Volume 02: Caracterização da bacia hidrográfica. 2ª parte: diagnóstico da dimensão técnica e institucional. Salvador, 2015.

20. PLATAFORMA ZEE/MG (ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS). Disponível em: <<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>>. Acesso em: 14 Ago. 2016.
21. POL, Charlene; AGOSTINI, Manuela Rösing; FRÂNCIO, Sabrina; PEREIRA, Maiara; ZANELLA, William. A Sustentabilidade Empresarial do Cemitério Memorial da Paz de Passo Fundo/RS, IN: VIII Convibra Administração – Congresso Virtual Brasileiro de Administração. Disponível em: <http://www.convibra.org/upload/paper/adm/adm_3355.pdf>. Acesso em: 09 Mar. 2016.
22. SIAGAS - SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>>. Acesso em: 15 Ago. 2016.
23. SILVA, Robson Willians da Costa; FILHO, Walter Malagutti. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, nº 9, p. 26-35, Abril de 2008. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/09-08_artigo_5_artigos132.pdf>. Acesso em: 20 Mai. 2016.
24. TOPOGRAPHIC-MAP.COM. Mapa da altimetria da superfície do planeta em relação ao nível do mar. Disponível em: <<http://pt-br.topographic-map.com/places/Minas-Gerais-1337808/>>. Acesso em: 16 Ago. 2016.
25. UFMG - UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI. Física do solo teórica – Capítulos 02 a 08. 52p. 2012. Disponível em: <<http://www.ufvjm.edu.br/disciplinas/flo031/files/2014/07/material-de-apoio.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2016.

APÊNDICE 1

QUESTIONÁRIO PARA DIAGNÓSTICO AMBIENTAL CEMITERIAL

Área total do cemitério: 1020 m²

Data aproximada do início do período de operação: 1920

→ Descrição dos fatores antrópicos

1. Utilização de água:

Abastecimento humano Utilizações diversas Inexiste utilizações

2. Coleta de resíduos sólidos:

Existe coleta seletiva Existe coleta de entulho Inexiste coleta

3. Nível de urbanização na área de influência direta (AID):

Muito urbanizado Medianamente urbanizado Pouco urbanizado

→ Descrição dos fatores estruturais

4. Número de gavetas (aéreas): 66

5. Número total de jazigos: 224

6. Número de jazigos que não contém construção tumular: 74

7. Grau de impermeabilização da área diretamente afetada (ADA):

Impermeabilizado Parcialmente Impermeabilizado Não impermeabilizado

8. Drenagem de águas pluviais:

Existe sistema de drenagem Inexiste sistema de drenagem

9. Frequência de manutenção e limpeza da composição interna do cemitério:

Muita frequência Pouca frequência Inexiste frequência

→ Descrição dos fatores administrativos

10. Período mínimo de exumação em Jazigos: 5 anos

11. Período mínimo de exumação em gavetas: 5 anos

12. Número médio de sepultamentos por unidade tumular (Densidade de sepultamento - "cadáveres/sepultura"): 2

13. Valor aproximado de necrochorume gerado: 17400 litros

**APÊNDICE 2
REPRESENTAÇÃO DAS SEPULTURAS AVALIADAS NO CEMITÉRIO**

ESPAÇO AVALIADO	CONSTRUÇÃO TUMULAR	TIPOLOGIA DA SEPULTURA	CONSTITUIÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO	CONDIÇÃO FÍSICA DA CONSTRUÇÃO TUMULAR
SETOR 01	01	JG	CR	O
	02	GA	GT	O
	03	GA	CR	R
	04	JG	CR	R
	05	JG	CR	O
	06	GA	GT	R
	07	JG	RC	O
	08	JG	CR	R
	09	JG	CR	R
	10	JG	CR	O
SETOR 02	11	JG	GT	O
	12	JG	GT	O
	13	JG	GT	O
	14	JG	RC	R
	15	GA	CR	O
	16	GA	GT	O
	17	GA	GT	O
	18	GA	GT	O
	19	JG	GT	O
	20	JG	GT	O
SETOR 03	21	GA	GT	O
	22	GA	RC	R
	23	GA	GT	O
	24	JG	GT	R
	25	JG	RC	R
	26	GA	GT	O
	27	GA	GT	R
	28	GA	CR	O
	29	GA	GT	O
	30	JG	CR	O
SETOR 04	31	GA	GT	O
	32	GA	RC	R
	33	GA	GT	O
	34	JG	GT	O
	35	GA	GT	O
	36	JG	CR	O
	37	GA	GT	O
	38	JG	GT	O
	39	GA	RC	O
	40	JG	GT	R



SIGLAS: **GA:** Gaveta Aérea – **JG:** Jazigo – **GT:** Granito – **PO:** Pedra Ornamental - **CR:** Cerâmica –
RC: Reboco - **ST:** Sem Tampa - **O:** Ótima – **R:** Regular – **P:** Péssima