

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

Data de aceite: 26/01/2024

Jéssica Juliana Braz Bicalho
Stellantis South America Betim – MG

Samila Silva Guimarães Santos
Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais Belo Horizonte – Minas
Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Leonardo França da Silva
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Victor Crespo de Oliveira
Universidade Estadual Paulista
Botucatu – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>

Evandro Carrusca de Oliveira
Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais Belo Horizonte – Minas
Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

**Carlos Wagner Gonçalves Andrade
Coelho**
Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

RESUMO: Antigamente, os cemitérios eram implantados em áreas fora do núcleo habitacional do município. Atualmente, esta prática não acontece com regularidade, seja porque a ocupação urbana chegou ao entorno do cemitério, seja porque a ocupação urbana cedeu espaço para implantação do cemitério naquele aglomerado. Toda esta situação de não conformidade ambiental foi observada na área em estudo, sobressaindo sepulturas do tipo inumação e tumulação, sem impermeabilização do solo, inexistência de estudos geológicos e hidrogeológicos locais, e existência de poços de captação de água subterrâneas tipo cisternas em várias residências no entorno do cemitério. Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a possível contaminação físico-química e microbiológica do solo e da água através da coleta de amostras localizadas dentro e fora do cemitério municipal de Ritópolis - MG, levantando os danos potenciais aos meios físicos e consequentes riscos à saúde humana em função da forma de sepultamento. Para atingir o objetivo, foi realizada revisão bibliográfica e atividades de campo, incluindo reconhecimento in loco com registro fotográfico, coletas de água subterrânea e do solo. Os principais

parâmetros microbiológicos e físico químico foram analisados no laboratório Engequisa, os métodos de ensaio utilizados para determinar os resultados das amostras foram Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23nd. Edition, 2017(SM) e Environmental Protection Agency (EPA). O estudo apresenta análise das legislações para possíveis contaminações da água e do solo coletado. Sendo assim, as irregularidades encontradas, embora dentro dos limites das resoluções e portarias, indicam uma possível influência do cemitério na alteração da composição da água subterrânea e do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos Ambientais, Necrochorume, Contaminação.

SOIL AND GROUNDWATER ANALYSIS AROUND A CEMETERY IN A SMALL TOWN IN THE INTERIOR OF MINAS GERAIS

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

KEYWORDS: Environmental impacts, Necroleachate, Contamination.

1 | INTRODUÇÃO

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

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

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

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

Já os fenômenos destrutivos (Autólise, Putrefação e Maceração) - são aqueles expostos a condições ambientais favoráveis decomposição aeróbica (tipo de solo, temperatura e umidade). Os corpos, quando sepultados, entram em decomposição, liberando o necrochorume. Essa é uma substância composta, em sua maior parte, por água, sais minerais e substâncias orgânicas que percolam o solo podendo atingir a água subterrânea. Ou ainda, quando em cemitérios verticais, contaminam atmosfera através dos gases e, através do ciclo da água, contaminam, da mesma maneira, o solo e as águas subterrâneas. Essas substâncias têm componentes prejudiciais ao ambiente e, conseqüentemente, oferecem riscos à saúde das comunidades ao redor, pois elas alteram a qualidade do solo e das águas, trazendo riscos à saúde pública (PINHEIRO, 2018).

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

No Brasil e no mundo, são crescentes os estudos mais aprofundados sobre contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, causada pela decomposição dos corpos em cemitérios (BATISTA, 2015). Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar possível contaminação físico-química e microbiológica do solo e da água em função da forma de sepultamento.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Introdução

O processo metodológico utilizado na presente pesquisa teve abordagem qualitativa,

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

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

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

2.2 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está situada no município de Ritápolis, no bairro do Rosário, estado de Minas Gerais. O município, com área de 405 km², pertence ao Comitê da Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande.

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

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

A figura 1, registrada com o uso da ferramenta Google Maps, apresenta uma visão panorâmica do respectivo cemitério (realçado pelo polígono em vermelho), instalado em perímetro urbano, próximo de residências. No levantamento realizado *in loco* no entorno do cemitério, comprovou que a maioria das habitações possui cisternas para uso residencial.

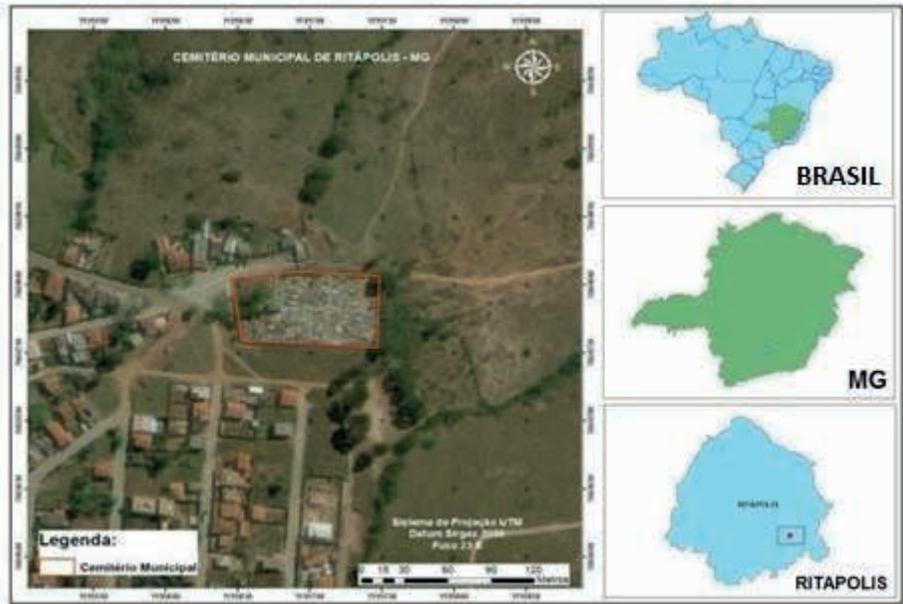


Figura 1: Localização da área de estudo

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

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

2.3 Plano de Amostragem

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

Após definir quais parâmetros físico-químicos e microbiológicos seriam analisados, com as devidas instruções técnicas orientadas pelo laboratório contratado, iniciou-se o planejamento para o desenvolvimento do plano de amostragem. Por meio de visitas técnicas nas residências e outros logradouros próximos à área de pesquisa, foram identificados poços de captação de água na região em estudo e definida a localização de dois furos

de sondagem, um no interior e outro fora dos limites do cemitério. Este segundo ponto foi definido como o ponto branco, por estar localizado fora da área com potencial de poluição. Levantou-se, também, as condições de acessibilidade e segurança para a realização dos trabalhos na área.

Os resultados destas ações definiram as localizações dos pontos de amostragem de solo e água e, também, orientaram a relação dos equipamentos para a operação de amostragem (Figura 2). Foram determinados, ainda, os parâmetros físico-químicos para análise do solo, e físico-químicos e microbiológicos para análise da água.



Figura 2: Pontos de coleta

Fonte: Autores (2021).

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

2.4 Amostragem de Água Subterrânea

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

a realização da amostragem.

A amostra da água subterrânea foi coletada num poço do tipo cisterna no dia 14 de fevereiro de 2021 às 19h. A profundidade atual atinge 8 metros, estando o nível da água (NA) na profundidade de 5 metros. Utilizou-se um balde novo (sem uso prévio), amarrado a uma corda. Antes da primeira amostragem, fez-se uma ambientação do equipamento com o material a ser amostrado, totalizando três procedimentos de lavagem. Em seguida, procedeu-se a coleta da água na cisterna. O material foi acondicionado em quatro frascos distintos, devidamente preparados pelo laboratório, identificados, colocados em caixa térmica e levado pela autora ao laboratório Engeqisa. Os ensaios laboratoriais contratados compreendem a determinação do pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, teor de nitrato, DBO, presença de coliformes totais e coliformes termotolerantes.

2.5 Amostragem do solo

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

As intervenções desenvolvidas no local foram discutidas previamente com o funcionário da Prefeitura responsável pelo cemitério. Depois de autorizadas, ele acompanhou e guiou as ações e deslocamentos em toda a área do trabalho. Para a escolha de cada local das amostragens, foram avaliadas inicialmente as declividades do terreno. As amostras foram coletadas com auxílio de trado manual (boca de lobo), pá reta e enxadão em três níveis diferentes de cada ponto da amostragem.

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

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

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

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

2.6 Legislações ambientais consultadas

Para ajudar na interpretação das análises e na elaboração da discussão dos resultados foram consultadas legislações brasileiras em âmbito federal e estadual sobre o padrão de potabilidade da água para consumo humano e sobre padrão de qualidade de solo, água subterrânea e superficial conforme a Quadro 1.

Tipo de amostra	Legislação	Intuito da Legislação
Água subterrânea e superficial	Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
Água subterrânea	Resolução CONAMA no 396/2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
Solo	Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
	Resolução CONAMA 368/2006	Altera dispositivos da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.
	Resolução CONAMA nº 420/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
	Deliberação Normativa Conjunta COPAM nº 166/2011	Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos
	Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010	Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas.

Quadro 1: Legislações consultadas para realização da discussão dos resultados

Fonte: Adaptado pelos autores de Marques (2017).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados dos ensaios laboratoriais das amostras do solo

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

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

Estes resultados dos ensaios realizados no laboratório da Engequisa estão apresentados na Tabela 1. O laudo original, denominado Relatório de Ensaio Engequisa nº 2175/21.

Parâmetros	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DQO (mg/KgO_2)	Fósforo (mg/Kg)	MO (mg/Kg)	pH
Solo Interior docemitério	27,15	79208	6,37	113574	7,74
Solo Exterior docemitério	1980,60	72977	3,10	107900	6,10

Tabela 1: Resultados dos ensaios laboratoriais do solo amostrado

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

De acordo com a Tabela 1, a condutividade elétrica definida nos resultados das análises de laboratório totaliza 27,15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no solo do interior do cemitério e 1980,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no solo amostrado fora do cemitério (ponto branco) e, respectivamente, pH nos valores de 7,74 e 6,10.

Segundo Zanato (2016),

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

Castro (2004) cita que

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

Baum (2018) escreveu que, na sua pesquisa, os maiores valores de condutividade elétrica foram encontrados em locais próximos a sepultamentos recentes. Segundo a autora, Dent (1995), também constatou o aumento da condutividade elétrica e sais minerais nas águas subterrâneas próximas a túmulos recentes. Já a NH_3 , também indicativa de poluição recente, apresentou em alguns locais valores acima dos permitidos, e face a rápida migração nas águas subterrâneas, esse parâmetro não necessariamente precisa ser identificado em áreas de sepultamentos recentes (BAUM, 2018).

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

Estas afirmações de ambos os autores justificam o pH com maior valor encontrado na amostra coletada no interior do cemitério, relacionando a fase de esqueletização dos corpos sepultados com elevação de íons cálcio liberados nesta fase, além dos índices mais elevados da matéria orgânica (Tabela 1).

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

Netto (2008) afirma que Latossolos são solos fortemente ácidos. Assim, diante destas afirmações com relação à acidez deste tipo de solo e analisando os resultados obtidos nos ensaios de laboratório da amostra do interior do cemitério (Tabela 1), tem-se um pH com valor 7,74 tendendo de neutro para alcalino e condutividade elétrica baixa, com valor de 27,15 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estes parâmetros também evidenciam a contaminação do solo na amostra do interior do cemitério por decomposição dos corpos ali sepultados.

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

Para Andrade et al. (2010), nos solos ácidos, bactérias e vírus têm seus desenvolvimentos bastante reduzidos. Já no solo com pH igual a 7.4, Vidali (2001) sugere que o valor do pH próximo da neutralidade caracteriza maior predomínio de bactérias e de fungos no local contaminado e que os fungos são microrganismos mais eficientes que as bactérias na sobrevivência a condições ambientais adversas, como em teores extremos de pH (menor que 5 e maior que 10). Assim, o resultado do pH do solo no interior do cemitério próximo da neutralidade contribui na agilidade da decomposição dos corpos.

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

A Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde não apresentam valores regulatórios para o Fósforo Total relativo ao consumo humano. O fósforo é um elemento abundante no ambiente, contudo, não é encontrado em estado livre na natureza. Ocorre principalmente sob a forma de fosfatos (PO_4^{3-} ; HPO_4^{2-} ; H_2PO_4^-) ligados a um cátion em compostos inorgânicos insolúveis (OLIVEIRA, 2012; apud BAUM, 2018).

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

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

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

3.2 Resultados dos ensaios laboratoriais da amostra de água subterrânea

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

No caso da água subterrânea, a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde facilita aos pesquisadores a análise de vários destes valores definidores da potabilidade desse

recurso natural, permitindo uma insipiente comparação entre eles, sem abordar as relações naturais ou antrópicas da presença destes contaminantes. Dentre elas, as características geológicas e hidrogeológicas dos meios em estudo, condições climáticas e sua influência na variação da profundidade do lençol freático, tipo de disposição nas sepulturas, contaminantes secundários relacionados com adornos, metais, produtos químicos medicinais, verniz nas urnas, etc., percolando o solo e atingindo a água subterrânea.

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

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

Ainda segundo Sousa, Monteiro e Castro (2015),

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

A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios laboratoriais da amostra de água subterrânea coletada em uma cisterna no interior de uma residência, próxima do cemitério em estudo. As análises foram realizadas nos laboratórios da empresa Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda, instalada no município de Betim-MG.

Ensaio	Resultado	Unidade	Portaria MS 2914/11	CONAMA357/05
Alcalinidade Total	13,1	mg/L CaCO ₃	NE	NE
Coliformes Fecais (Termotolerante- Qualitativo)	Ausência	P/A 100 ml	Ausência	NE
Coliformes Totais(Qualitativo)	Ausência	P/A 100 ml	Ausência	NE
Condutividade	107,1	μS/cm	NE	NE
DBO	<2,0	mg/LO ₂	NE	Até 5
Dureza Total	26,9	mg/L CaCO ₃	500	NE
Nitrato	30,6	mg/L	10	10
pH	6	-	6,0- 9,5	6-9

Tabela 2: Resultados dos ensaios laboratoriais da água amostrada

Fonte/Adaptação: Relatório de Ensaio Engequisa N° 2175/21, (2021) NE.

Condutividade elétrica

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

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

Segundo Rosa e Ucker (2019),

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

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

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

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

Na amostra do poço cisterna foi encontrado um valor de condutividade elétrica de 107,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, conforme Tabela 2. Nesta análise, valores acima 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam altos teores de sais dissolvidos ionizados, podendo as mesmas estarem contaminadas (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

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

De acordo com o CONAMA 357/05 o valor máximo de DBO permitido é de 5 mg/L O₂. Assim, a amostra de água subterrânea da cisterna analisada na Engequisa, que registrou o valor menor que 2,0 mg/L O₂, encontra-se abaixo do limite máximo de referência permitido.

Nitrato

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

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

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

Segundo Kemerich et al, (2014B),

[...] o NO_3^- (Nitrato) é uma das formas inorgânicas do nitrogênio no solo e, juntamente com o NH_4 , constitui produto final da mineralização do nitrogênio orgânico, contido em qualquer resíduo orgânico após adição ao solo. Ao longo do tempo, pode atingir o lençol freático e os corpos de água por ele alimentados, tornando-se este um grande problema de contaminação ambiental, uma vez que os maiores valores ocorreram nas amostras superficiais. Assim, os compostos podem ser facilmente lixiviados e carregados aos recursos hídricos superficiais.

Em função dessa contaminação, a água poderá ter as suas características alteradas, podendo causar danos à saúde humana se consumida, pois o NO_3^- possui ação na síntese de nitrosaminas e nitrosamidas no estômago humano (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997; apud KEMERICH et al, 2014B).

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

pH

O resultado da análise de laboratório determinando o pH da amostra da água subterrânea coletada no poço cisterna, localizado a jusante do cemitério em Ritápolis, tendo como referência a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, encontra-se dentro da faixa aceitável para definição do índice de potabilidade para fins de consumo humano (Tabela 2). O resultado totalizou o pH no valor de 6,0. Os limites de pH para potabilidade da água subterrânea estabelecidos na Portaria 2914/2011 encontra-se no intervalo entre 6,0– 9,5. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite entre 6,0 – 9,0.

Porém, de acordo com Carvalho et al. (2015), valores de pH com tendências ácidas,

como registrado neste caso, pode ser indicio de contaminação de águas subterrâneas. Segundo Rosa e Ucker (2019), *“o nível do lençol freático influencia na condutividade elétrica e pH devido as variações da condutividade elétrica e acidificação do pH, sendo assim um indicativo da contaminação da água subterrânea por necrochorume”*.

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

Estes autores, citando o trabalho de autoria de Dent et al. (2004), colocam que

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

Alcalinidade e Dureza Total

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

Um dos parâmetros analisados foi a alcalinidade total média da água subterrâneas, que registrou valores de 231 mg/L de CaCO_3 . Segundo o autor, a região externa do cemitério apresenta valores de alcalinidade maiores que no seu interior, caracterizando um ambiente menos alcalino nas áreas de sepultamento.

Comparando os resultados de alcalinidade obtidos por Castro (2008) com o resultado levantado na amostra de água de Ritópolis, no valor de 13,1 mg/L de CaCO_3 , conclui-se que a amostra de Ritópolis caracteriza um ambiente com alcalinidade muito inferior.

Da mesma forma, acompanhando a baixa alcalinidade, o resultado da análise de dureza total em Ritópolis registrou valor de 26,9 mg/L de CaCO_3 . Castro (2008) registrou, no geral, uma dureza total de 221,6 mg/L de CaCO_3 .

Esta baixa alcalinidade e baixa dureza total detectadas na água coletada no poço cisterna em Ritópolis, caracterizando uma ínfima presença de Carbonato de Cálcio (CaCO_3), está coerente com o valor do pH, registrado como 6, confirmando um ambiente tendendo para ácido. Se, ao contrário, o teor de CaCO_3 fosse mais significativo, o pH tenderia para um ambiente com maior basicidade, superior a 7.

Indicadores Microbiológicos

Os resultados dos ensaios laboratoriais para detecção de indicadores microbiológicos, analisados na água subterrânea amostrada no poço cisterna, não identificaram a presença de Coliformes Fecais (Termotolerante - Qualitativo) e Coliformes Totais (Qualitativo). O resultado foi registrado como “Ausente”, conforme consta na Tabela 2 e no Relatório de Ensaio Engequisa nº 2174/21, de 15/02/2021.

4 | CONCLUSÃO

A análise desenvolvida neste trabalho indica que há evidências de contaminação do solo pela decomposição dos corpos ali sepultados. Além disso, as irregularidades encontradas na área estudada indicam que, mesmo com pouca intensidade, a qualidade da água subterrânea pautada nos parâmetros pH, condutividade elétrica, teor de nitrato indicam potencial de alteração química relacionada às atividades cemiterial.

Mesmo com a publicação da Resolução CONAMA 368/2006 criando instrumentos regulamentadores para a atividade cemiterial, ainda existem problemas significativos relacionados com os impactos dos cemitérios nas cidades. Dentre as várias justificativas, destaca-se a pouca importância atribuída pelas autoridades à legislação ambiental e à fiscalização que atualmente regem os cemitérios e suas atividades, seja motivada pelo desconhecimento científico, seja pela dificuldade financeira, seja pelo respeito aos preceitos culturais e religiosos dos cemitérios em toda a humanidade.

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

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

REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

BARROS, Y. J.; MELO, V. D. F.; ZANELLO, S.; ROMANÓ, E. N. D. L.; LUCIANO, P. R. Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do cemitério municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.1763-1773,2008

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 368, de 028/03/2006. **Dispõe sobre licenciamento ambiental de cemitérios**.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 402, de 17/11/2008. **Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003**.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 335, de 03/04/2003. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios**.

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

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

CAMPOS, Ana Paula Silva. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado)

CARVALHO, Fabio Israel M.; LEMOS, Vanda P.; DANTAS FILHO, Heronides Adonias; DANTAS, Kelly das Graças F. Assessment of Groundwater Quality from the Belém Based on Physicochemical Parameters and Levels of Trace Elements Using Multivariate Analysis. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 2221-2241, 2015. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150132>.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - **Diagnostico Floresta Nacional de Ritópolis**. 2000. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/pm_flon_ritapolis_diagnostico.pdf. Acesso em: 20 fev. 2021.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MARTINS, M. T; PELLIZARE, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista de Saúde Pública**, v. 25, n. 1, p. 47–52, 1991

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

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

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

MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**.

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

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

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

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

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

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

PIGNATARO NETTO, I. T. **Qualidade física e química de um latossolo vermelho- amarelo sob pastagens com diferentes períodos de uso**. Brasília: FAV/UNB, 2008. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1737/1/Dissert_laraTerezinhaPignataroNet to.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1737/1/Dissert_laraTerezinhaPignataroNet%20to.pdf)> Acesso em: 15 mar.2021

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SOUZA, Mauro César de Brito; MONTEIRO, Cleto Augusto Baratta; CASTRO, Marco Aurélio Holanda de. O uso da avaliação do perigo de contaminação do aquífero como um requisito para o licenciamento ambiental de cemitérios. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences And Humanities Research Medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 2, p. 137- 153, jun/dez 2015.

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

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

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

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

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

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

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

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