

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA EM FREDERICO
WESTPHALEN
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Leandra Morandi

**ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO NO CEMITÉRIO DE
NOVA HARTZ - RS**

Frederico Westphalen, RS
2022

Leandra Morandi

**ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO NO CEMITÉRIO DE NOVA HARTZ -
RS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) em Frederico Westphalen - RS como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Orientador: Prof. Dr. Willian Fernando de Borba

Frederico Westphalen, RS

2022

Leandra Morandi

**ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO NO CEMITÉRIO DE NOVA HARTZ
RS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) em Frederico Westphalen - RS como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Aprovado em 31 janeiro de 2022:

Willian Fernando de Borba, Dr. (UFSM)

(Presidente/Orientador)

Carlos Eduardo Balestrin Flores, Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Juliana Scapin, Dr^a. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS

2022

AGRADECIMENTOS

Durante a realização deste estudo, obtive uma importante ajuda e colaboração de diversas pessoas e algumas instituições. Muito obrigado:

- à Deus, pelo dom da vida, sabedoria e saúde para a realização deste trabalho;
- à Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen, pela oportunidade de estudo gratuito e de qualidade;
- à minha mãe Janete Herming Morandi e ao meu pai Amir Roque Morandi, pelo apoio em todo o período de graduação, por sempre me incentivarem a seguir o caminho correto e nunca desistir dos meus sonhos;
- ao meu noivo Vinicius Armandio Antunes Dos Santos, por sempre estar ao meu lado me apoiando e me ajudando a nunca desistir do grande sonho a formatura, e por me ajudar nas coletas de solo;
- a Rosecleia Claudete Schuler Franke, por me ajudar na escolha do curso, e incentivar a seguir na vida acadêmica.
- ao meu amigo, professor e orientador de Trabalho de Conclusão de Curso, Dr. Willian Fernando de Borba, pela paciência, apoio, ajuda e conselhos em diversos períodos de dificuldade na graduação;
- ao técnico de laboratório, Lucindo Somavila, pela ajuda na realização das análises e pelos conselhos e ideias no desenvolvimento e aprimoramento do estudo;
- ao professor Dr. Arci Dirceu Wastowski, pela autorização ao uso de equipamentos analíticos vinculados aos seus projetos;
- ao laboratório de solos e aos técnicos, pela ajuda na realização das análises;
- à todos os professores que fizeram parte da minha graduação pela amizade, paciência e empenho em transmitir todos os conhecimentos necessários para que a realização deste estudo fosse possível e para que a minha formação acadêmica fosse viável;
- à Prefeitura Municipal de Nova Hartz - RS, pela autorização em realizar o estudo na área proposta;
- as minhas amigas e colegas de curso, Dienifer Stahlhofer, Laura Gabriele e Maria Luiza pela amizade, apoio, incentivo, ajuda e momentos de descontração em diversos períodos da graduação, sem a ajuda de vocês eu não conseguiria;
- à banca de avaliação, composta pelo Engenheiro Carlos Eduardo Balestrin Flores e pela professora Dr^a Juliana Scapin, pela disponibilidade de tempo e de conhecimento para colaboração nesse estudo e;

- à todos que de alguma forma acreditaram e contribuíram para a realização desse estudo.

RESUMO

ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO NO CEMITÉRIO DE NOVA HARTZ - RS

AUTORA: Leandra Morandi
ORIENTADOR: Willian Fernando de Borba

O sepultamento dos mortos na maioria dos casos é feito de forma inadequada, ocasionando a contaminação do solo através da lixiviação de alguns metais pesados e infiltração de necrochorume (líquido liberado pelo corpo em decomposição) e conseqüentemente, provocando inúmeros problemas ambientais e de saúde pública. Para comprovar a ocorrência de alguns destes problemas, estudou-se uma área cemiterial no tamanho aproximado de 2.608,53 m² no município de Nova Hartz, região metropolitana do Estado do Rio Grande do Sul. Os estudos realizados foram referentes aos parâmetros físico-químicos do solo local, com o objetivo de avaliar os riscos ambientais envolvidos ao solo na área ocupada pelo cemitério. A análise dos resultados se deu com a identificação de parâmetros físicos em um ponto de amostragem (Granulometria e condutividade hidráulica saturada) e químicos (Concentrações de Cádmio, Cobalto, Cobre e Cromo) em amostras oriundas de nove pontos de amostragem, nas profundidades 0 (Superficial), 120 e 150 cm, utilizando a técnica de ICP - OES. Os resultados obtidos indicaram que o solo apresentou valores médios de 78,34 % de areia, 8,25 % de silte e, apenas 13,41% de argila, sendo classificado como franco arenoso, e uma condutividade hidráulica saturada de $5,7 \times 10^{-4}$ cm.s⁻¹ ao longo do perfil (de 0 a 150 cm). As análises indicaram 10 valores acima do permitido para o cádmio (pontos 1, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), cobalto foram 8 valores (pontos 2, 3, 4, 5, 7 e 8), para o cobre foram 10 valores (pontos 4, 5, 6, 7 e 8) e para o cromo somente 2 valores (ponto 7). Estatisticamente, o elemento Cádmio não deferiu na profundidade, indicando a possibilidade desse elemento não ter relação com a atividade. Já os demais elementos (Cobre, Cobalto e Cromo) apresentaram incremento de concentração na profundidade. Com base nisso, conclui-se que ocorreram alterações principalmente nas concentrações de cádmio, cobalto e cobre, entre as profundidades de 0 a 150 cm. Recomenda-se a construção de poços de monitoramento de qualidade da água subterrânea para analisar as concentrações de elementos químicos de interesse e corroborar com as informações de qualidade de solo obtidas.

Palavras-chave: Cemitérios. Contaminação. Lixiviação. Metais pesados. Necrochorume.

ABSTRACT

ANALYSIS OF SOIL CONTAMINATION IN NOVA HARTZ'S CEMETERY - RS

AUTHOR: Leandra Morandi
ADVISOR: Willian Fernando de Borba

The burial of the dead in most cases is done inadequately, causing soil contamination through the leaching of some heavy metals and infiltration of necrochorume (liquid released by the decomposing body) and consequently, causing numerous environmental and public health problems. To prove the occurrence of some of these problems, we studied a cemetery area with an approximate size of 2,608.53 m² in the municipality of Nova Hartz, metropolitan region of the State of Rio Grande do Sul. The studies carried out were related to the physical-chemical parameters of the local soil, in order to evaluate the environmental risks involved to the soil in the area occupied by the cemetery. The analysis of the results was done by identifying physical parameters in one sampling point (Granulometry and saturated hydraulic conductivity) and chemical parameters (Cadmium, Cobalt, Copper and Chromium concentrations) in samples from nine sampling points, at depths 0 (Superficial), 120 and 150 cm, using the ICP - OES technique. The results obtained indicated that the soil had average values of 78.34% sand, 8.25% silt and only 13.41% clay, being classified as sandy loam, and a saturated hydraulic conductivity of 5.7×10^{-4} cm.s⁻¹ along the border (from 0 to 150 cm). The analyses indicated 10 values above the allowed values for cadmium (points 1, 4, 5, 6, 7, 8 and 9), cobalt was 8 values (points 2, 3, 4, 5, 7 and 8), copper was 10 values (points 4, 5, 6, 7 and 8) and chromium only 2 values (point 7). Statistically, Cadmium did not differ in depth, indicating the possibility that this element is not related to the activity. The other elements (Copper, Cobalt, and Chromium) showed an increase in concentration at depth. Based on this, we conclude that changes occurred mainly in the concentrations of cadmium, cobalt and copper, between the depths of 0 and 150 cm. It is recommended that groundwater quality monitoring wells be constructed to analyze the concentrations of chemical elements of interest and corroborate with the soil quality information obtained.

Keywords: Cemeteries, contamination, leaching, heavy metals, soils.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cemitério vertical localizado em Santos - SP.....	18
Figura 2 - Cemitério horizontal localizado em Barueri - SP.	19
Figura 3 - Cemitério parque localizado em Maringá - PR.	20
Figura 4 - Cemitério para animais localizado em Campinas - SP.....	22
Figura 5 - Modelo de processos múltiplos no processo pedogenético.	24
Figura 6 - Classes de textura dos solos.....	26
Figura 7 - Localização do Município de Nova Hartz/RS.	33
Figura 8 - Vista da área de estudo (entrada).....	34
Figura 9 - Delimitação da área de estudo (cemitério).	34
Figura 10 - Localização dos pontos de amostragem.....	36
Figura 11 - Coleta de solo dentro da área de estudo.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas e Cota topográficas.....	37
Tabela 2 - Elementos químicos, metodologia utilizada e limite de detecção.....	37
Tabela 3 - Concentrações dos elementos nos pontos e profundidades analisados na área cemiterial.	41
Tabela 4 - Estatísticas descritivas para os quatro elementos avaliados em três profundidades de solo coletado em cemitério.	45
Tabela 5 - Média \pm erro padrão e intervalo de confiança de 95% para a média populacional de quatro elementos avaliados em três profundidades de solo coletado em cemitério.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da condutividade hidráulica do solo.....	29
Quadro 2 - Nível de Contaminação de acordo com o respectivo Fator de Contaminação.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo geral	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. HISTÓRICO DOS CEMITÉRIOS	14
2.2. TIPOS DE CEMITÉRIOS.....	17
2.2.1. Cemitérios verticais	17
2.2.2. Cemitérios horizontais	18
2.2.3. Cemitério parque ou jardim	20
2.2.4. Cemitério para animais	21
2.3. FLUXO DE ÁGUA NO SOLO	22
2.4. CONCEITOS BÁSICOS DE SOLOS	23
2.4.1. PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS	25
2.4.2. Infiltração da água no solo	27
2.5. TRANSPORTE DE POLUENTES	29
2.6. CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR METAIS	31
3. METODOLOGIA	33
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
3.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO	35
3.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE	37
3.4. FATOR DE CONTAMINAÇÃO	38
3.5. METODOLOGIA – PARTE ESTATÍSTICA.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO.....	39
4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS ANALIASADAS	45
5. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUÇÃO

O corpo humano, ao se decompor, libera o necrochorume, que é um efluente rico em sais minerais e diversas substâncias orgânicas degradáveis, sendo extremamente tóxicas, podendo vir a causar contaminação do solo e do lençol freático (CAMPOS, 2007). Essa contaminação ocorre, principalmente, devido à implantação de cemitérios em locais que apresentam condições desfavoráveis (MACHADO, 2006), e sem nenhum estudo prévio. O presente estudo tem como um dos objetivos avaliar a infiltração do necrochorume no solo. Logo, consegue-se justificar o que foi citado a cima, ou seja, se o cemitério em Nova Hartz realmente apresenta solo com condições desfavoráveis e que possam causar algum impacto negativo ao meio ambiente.

As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas. Essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos e formam uma reserva de água embaixo do solo, abastecida pela chuva, e que funciona como uma espécie de caixa d'água que alimenta os rios (WEBER, 2018).

A partir do entendimento sobre o conceito e a importância das águas subterrâneas, este trabalho analisou a infiltração do necrochorume no solo até o momento de alcance das águas subterrâneas locais. No caso em que o líquido tóxico (chorume) percolar o solo e entrar em contato com a água subterrânea, irá comprometer sua qualidade e contaminá-la, conseqüentemente provocando prejuízos à água dos rios. Além disso, essa água subterrânea pode estar sendo usada para consumo humano, aumentando ainda mais a importância da qualidade da água e valorização deste estudo.

O conhecimento da mobilidade do necrochorume no solo é fundamental para identificar qual meio físico o contaminante vai percolar: solo ou aquoso. Para isso, é necessário analisar não apenas o líquido, mas também o tipo de solo onde está instalado o cemitério (FICAGNA, 2018). Portanto, o principal foco do estudo é analisar o potencial poluidor do solo em uma área cemiterial. Conforme Pacheco et. al (1993) a interação dos cadáveres com o meio geológico, os processos de putrefação e decomposição dos corpos, os processos transformativos que chegam a um estado de mineralização das partes orgânicas, a atuação dos microrganismos, a ocorrência de poluição e contaminação do solo e das águas subterrâneas pelos efluentes cadavéricos (necrochorume), são os fatores potencialmente poluidores no cemitério.

1.1.OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Analisar os parâmetros físico-químicos do solo em uma área ocupada por cemitério horizontal no município de Nova Hartz – RS, com o propósito de verificar a contaminação do solo e o risco exposto à água subterrânea.

O município em questão foi escolhido para realizar o estudo pelo fato de ser a minha cidade natal, e também devido não possuir tratamento de água para o abastecimento público. Atualmente os moradores utilizam água para consumo humano através de poços artesianos, sem prévio tratamento e estando expostos a contaminação.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar a granulometria e a condutividade hidráulica saturada do solo;
- Avaliar os riscos de infiltração de necrochorume no solo; e
- Determinar a Concentração, o Fator de Contaminação (FC) e o Nível de Contaminação (NC) de alguns metais pesados no solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse item irá tratar, de forma sucinta, alguns aspectos relacionados ao histórico e tipos de cemitérios, bem como preceitos de solo e água subterrânea, além de suas principais fontes de contaminação provenientes da atividade em estudo.

2.1. HISTÓRICO DOS CEMITÉRIOS

Os cemitérios são áreas destinadas aos sepultamentos (CONAMA, 2003). A origem da palavra *cemitério* vem do latim *coemeterium*, que, por sua vez, deriva de *cinisterium* (*cinos*: doce e *renor*: mansão), como do grego *kouméterion*, de kaimão, que significa “eu durmo” (FAVARETTO, 2016).

Desde a pré-história, de acordo com registros arqueológicos, existe o hábito de enterrar os mortos, ou cobri-los com pedras. Há evidências de que comunidades neandertais enterravam seus mortos. Entretanto, os cemitérios – terrenos destinados apenas ao sepultamento dos mortos – teriam sido implantados pelos primeiros cristãos (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2010).

O costume de enterrar os cristãos mortos nas igrejas ou em suas imediações iniciou durante a Idade Média. Essa prática significou uma aproximação entre os cadáveres, muitos vitimados por doenças contagiosas, e os vivos, o que aumentou significativamente a disseminação dos agentes patogênicos em epidemias como as de tifo, peste bubônica e outras (MIRANDA, 2017). Na época, o tipo de sepultamento predominante era a inumação, processo simplificado com simples recobrimento dos corpos com terra em profundidades que variavam de 1 a 2 metros (ZANDONÁ, 2018).

Quando no final do século XVIII a convivência e a familiaridade com os mortos deixaram de existir, estes foram levados para fora das cidades, sendo obrigados a deixar as igrejas e seus entornos para os cemitérios, assim, os túmulos passaram a preencher esse espaço anteriormente ocupado pela igreja (MONTEIRO, 2017). Era no interior desses templos, sobre um chão de adubado humus cadavérico e sob a guarda de um teto divino, pintado de carregadas nuvens e de arcanjos suspensos, que a coletividade compartilhava momentos de intensa sociabilidade, não somente irmanada por crenças e devoções comuns, como também pelos rituais que celebravam: batizados, casamentos, aniversários de vida e de morte, confissões, comunhões, ciclos festivos e religiosos, procissões e velórios (MOTTA, 2010).

Embora algumas civilizações, como a Romana, já determinassem que os mortos deviam ser enterrados fora dos limites da cidade, apenas a partir do século XVIII que a palavra cemitério começou a ter o sentido atual, quando por razões de saúde pública foi proibido o sepultamento nos locais habituais (em terras da família ou em igrejas), conforme destaca Carvalho (2009).

Na França, já em 1737, uma comissão de médicos, formada pelo Parlamento de Paris, recomendou mais cuidado nas sepulturas e decência na manutenção dos locais onde os mortos eram enterrados. Na mesma época, em 1743, o abade francês Charles-Gabriel Porée, publicou um texto condenando os enterros em igrejas e propondo a criação de cemitérios fora das cidades. Autoridades de países e cidades da Europa, a partir daí, passaram a proibir sepultamentos nas igrejas e a promover a instalação de cemitérios, para que os enterros ocorressem ao ar livre e longe do perímetro urbano. Em Portugal, em 1801, o príncipe regente D. João VI proibiu os sepultamentos em igrejas (inclusive em suas colônias, como o Brasil) (ZANDONÁ, 2018).

As decisões sobre a implantação de cemitérios fora das cidades eram baseadas no mau cheiro dos cadáveres e em ‘emanações’ tidas como perigosas para a saúde, mas a preocupação com os problemas ecológicos causados pelos corpos sepultados é bem mais recente. Só em 1998, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou um relatório afirmando que os cemitérios poderiam causar impactos ao ambiente, com a liberação de substâncias orgânicas e inorgânicas e de micro-organismos patogênicos para o solo e os lençóis freáticos (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009).

No século XIX, à medida que as sociedades se modernizavam, orientadas pelo princípio da racionalização produtiva, a crença na morte, anteriormente identificada como signo de mutação, de passagem a uma outra vida, tendeu, em muitos casos, a ser substituída pelo sentimento de “imortalidade subjetiva” e, com ela, o túmulo e o cemitério passaram a ser vistos por muitos como um lugar no qual o homem realmente deveria cumprir a prova de sua condição mortal, sem, contudo, abdicar totalmente de sua imortalidade (MOTTA, 2010).

Por volta da segunda metade do século XIX, as visitas aos cemitérios passaram a ser cada vez mais frequentes e, com elas, o culto dos mortos tornava-se uma prática familiar, ao mesmo tempo que afetiva e reputada como de boa conduta moral, sendo popularizadas por meio de crônicas e outros gêneros literários, como ilustra a matéria intitulada “Os cemitérios”, publicada na revista portuguesa O Panorama, em Dezembro de 1837, como a seguir transcrito:

“Se nós tivéssemos de escolher um amigo, antes de dar entrada à amizade, iríamos ver se no cemitério os restos de seu pai jaziam esquecidos; e se assim acontecesse, nunca seria junto do nosso coração que bateria o seu. A sepultura é a única memória perene que deixamos na terra, porque um nome ilustre são raros os que o deixam (Os cemitérios, 1837, p. 269).

Em 800 a.C., o método mais comum de sepultamento na Grécia era o da cremação. A cremação perdeu força por volta de 400 d.C. no império Constantino, época da ascensão do cristianismo, sendo o processo crematório decretado como um ato pagão. A alternativa adotada foi o sepultamento em terra, que tinha um grande significado para os cristãos (MOTTA, 2010). As igrejas eram construídas sobre os túmulos de mártires, pessoas que sofreram tormentos ou que morreram por suas crenças ou opiniões, neste caso a fé cristã. A posição social definia o local onde seriam enterrados os mortos, ou seja, os ricos e poderosos eram sepultados em solo consagrado dentro da igreja. Aqueles que não podiam dispor de um sepultamento à altura, eram enterrados em covas comuns, fora da igreja (RODRIGUES, 1997).

Segundo Miyazaki (2013), os cemitérios, em sua maioria, possuem uma aparência triste e monótona e, para muitas pessoas representa apenas o “fim”, um local onde os corpos sem vida serão enterrados. Apesar desta aparência melancólica, os cemitérios, principalmente os mais antigos, são verdadeiras galerias de arte a céu aberto e guardam obras de valor inestimável. Existem milhares de obras arquitetônicas e esculturais de valor histórico e qualidade estética inegáveis. Os primeiros cemitérios surgiram há pelo menos 10.000 anos a.C., quando o sepultamento de cadáveres começou a se agrupar a esses mortos (PACHECO, 1986).

A lápide individual colocada sobre o túmulo, é uma invenção recente de aproximadamente 300 anos. Nos cemitérios mais antigos, é comum encontrarmos trabalhos de artistas célebres abrigando os restos de anônimos abastados. Em alguns casos, os mausoléus são as maiores obras de arte, alvos de visita e turismo (QUEIROZ, 2017).

Segundo Miyazaki (2013), a partir de agosto de 1858 a cidade de São Paulo ganha o primeiro Cemitério Municipal, localizado nos arredores da cidade, ou seja, uma região que era considerada periférica e distante do centro urbano.

Atualmente, em muitos lugares do mundo, os cemitérios são utilizados como parques, ou áreas de lazer, sendo locais arborizados e com aspectos visuais aceitáveis e diversidade ecológica. No cenário internacional, diversas áreas apresentam essas características (SWENSEN ET AL., 2016; EVENSEN, NORDH E SKAAR, 2017; TRYJANOWSKI et al.,

2017; SWENSEN 2018; TRYJANOWSKI 2018; SWENSEN, 2018; YILMAZ, KUSAK; AKKEMIK, 2018, QUINTON; DUINKER, 2019; VILLASEÑOR; ESCOBAR, 2019).

2.2. TIPOS DE CEMITÉRIOS

2.2.1. Cemitérios verticais

Os cemitérios verticais são edifícios de um ou mais pavimentos, dotados de compartimentos destinados a sepultamento (CONAMA, 2003). As verticalizações dos cemitérios surgem sempre quando as áreas para implantação ou suas extensões começam a ser escassas. Nestas circunstâncias, para uma área a princípio pequena, garante-se uma capacidade de sepultamento maior (FERRARI et al., 2015).

Um dos cemitérios verticais mais antigos da América Latina encontra-se no Brasil, no estado do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre e chama-se cemitério São Miguel e Almas, o qual foi instituído em 1773 junto à Igreja Matriz do povoado de Nossa Senhora Madre de Deus. Após a proibição de sepultamentos junto a igrejas em 1851, foi realocado e no dia 14 de maio de 1909 realizou-se o primeiro sepultamento (ISMA, 2020).

Para o bom funcionamento de um cemitério vertical, é necessário a instalação de saída de gases e retenção de necrochorume, pois, sem o controle dos mesmos, e devido a pressão, podem ocorrer rachaduras as quais liberam vazamentos de líquido e odores, tornando o local mau cheiroso e dificultando visitas (ÁVILA, 2014).

O mais indicado tratamento para os gases para este tipo de empreendimento é através de um tubo que se liga a um grupo de lóculos, sempre pela parte traseira superior do mesmo, possuindo uma saída na parte superior. Esta saída apresenta um filtro de carvão ativado em sua ponta (AVILA, 2014). O necrochorume não deve ser drenado, e o fundo do lóculo deve ser impermeável, para assim o manter retido enquanto o mesmo se degrada (CAMPOS, 2007). Se bem planejados, os cemitérios verticais são considerados alternativas inteligentes, pois não contaminam o ar, o solo e o lençol freático com o necrochorume, além de ocuparem menor área.

Na Figura 1 a seguir, há a representação de um cemitério vertical, conhecido como Memorial Necrópole Ecumênica, Localizado em Santos – SP. Ainda, este é o cemitério mais alto do mundo.

Figura 1 - Cemitério vertical localizado em Santos - SP.



Fonte: Toluna (2015).

2.2.2. Cemitérios horizontais

Conforme a Resolução do CONAMA nº 335/2003, os cemitérios horizontais são localizados em áreas descobertas, compreendendo os tradicionais do tipo parque e jardins. Assim, esse tipo de cemitério é o mais comum e encontrado no município de Nova Hartz na área de estudo.

De acordo com Ávila (2014), os cemitérios horizontais são caracterizados pelos sepultamentos por enterramento ou mesmo inserção dos corpos em túmulos que liberam o necrochorume diretamente no solo.

Para que ocorra a continuação da utilização deste tipo de cemitério, faz-se necessário a adoção de técnicas de impermeabilização dos jazigos e/ou sepulturas, e tratamento do necrochorume. Na Figura 2 a seguir, encontra-se o Cemitério de Barueri, o qual está localizado na Vila São Francisco (Bairro Fazenda Militar) - SP.

Figura 2 - Cemitério horizontal localizado em Barueri - SP.



Fonte: Jornal Metrópole (2018).

Segundo Palma e Silveira (2011), as desvantagens deste tipo de cemitério são a possibilidade de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, ocupação de grandes áreas, alto custo devido à preocupação com ostentação, necessidade de solo adequado para essa finalidade, ambiente acinzentado que afeta a estética urbana e pode gerar impactos psicológicos em pessoas sensíveis a poluição visual, além da possível proliferação de vetores como mosquito, baratas, ratos e até mesmo escorpiões.

Conforme a Resolução do CONAMA n° 335/2003, os cemitérios horizontais devem apresentar vários documentos e estudos realizados para que sejam aprovadas as atividades. É necessário um estudo do nível máximo que o lençol freático pode atingir e, o nível inferior das sepulturas deve estar a no mínimo um metro e meio da parte mais alta do lençol freático. Além disso, é importante realizar estudos referentes a permeabilidade do solo, sendo que os valores devem estar entre 10^{-5} e 10^{-7} cm.s^{-1} e, as sepulturas a uma distância de dez metros do lençol freático.

2.2.3. Cemitério parque ou jardim

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 335/2003, o cemitério parque ou jardim é aquele predominantemente recoberto por jardins, isento de construções tumulares, e no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, ao nível do chão, de pequenas dimensões. Este tipo de cemitério é diferente dos tradicionais, que apresentam construções de diversas formas, tipos e tamanhos, tornando o local de ruim visualização, apresentando poluição visual. Já os parques apresentam características que transmitem sensações de maior leveza às pessoas que visitam estes locais. Além disso, os cemitérios-parques necessitam de extensos locais para funcionamento (GUERREIRO, 2008).

O cemitério parque de Maringá foi inaugurado em julho de 1985 na cidade de Maringá – PR. A organização e o estilo do local ajudam os visitantes no clima introspectivo. Os jazigos são subterrâneos e as flores pelo campo são como se fosse um amplo jardim aberto. O cemitério parque conta com uma área de 6 alqueires, sendo 2 alqueires de mata nativa e o restante coberto por gramado e árvores que oferecem maior harmonia com a natureza (CEMITÉRIO PARQUE DE MARINGÁ, 2017). Este cemitério está representado na Figura 3.

Figura 3 - Cemitério parque localizado em Maringá - PR.



Fonte: Cemitério Parque Maringá (2017).

2.2.4. Cemitério para animais

Cemitérios de animais domésticos são estabelecimentos comerciais que prestam serviços de sepultamento ou cremação de animais domiciliados. Surgiram recentemente, por uma necessidade criada a partir do aumento do número de animais domésticos, especificamente, nas classes A e B, e tendem à expansão para outros segmentos, principalmente da classe média C e D (FILHO; PACHECO, 2010).

Segundo o Ávila (2014), no início os cemitérios de animais eram restritos apenas a cidades grandes e capitais, mas com o grande interesse da população, acabaram se expandindo por todo o país. A falta de espaço nos centros urbanos, fez com que o ser humano buscasse soluções na hora da morte do animal de estimação. Há algum tempo, quando ocorria a morte de um cachorro da família, o mesmo era enterrado no quintal da própria casa. Com o crescimento populacional, os quintais foram diminuindo de tamanho, dificultando a adoção de tal medida. Com isso, os animais passaram a ser enterrados em terrenos baldios ou levados para aterros sanitários (SEBRAE, 2013).

Os cemitérios de animais no país são relativamente recentes, os primeiros começaram a surgir no final da década de 80. No início era considerado inadequado destinar tal espaço para os animais. Com o tempo, consolidou-se tal atitude tornando-se opção de investimento aos empreendedores interessados. A indústria de prestação de serviços foi especializando-se e passando a oferecer itens que pudessem tornar o enterro do animal de estimação em luxuosas cerimônias de adeus (SEBRAE, 2013).

O conhecimento da relevância do tema “impactos ambientais causados por necrópoles humanas”, e a certeza de que os cemitérios humanos são fontes potenciais de contaminação do solo e das águas subterrâneas, justifica o estabelecimento da verdadeira dimensão dos números relativos aos animais domésticos e a possibilidade de causarem risco à saúde pública e ao ambiente através de impactos decorrentes de seu sepultamento inadequado (FILHO; PACHECO, 2010).

O cemitério para animais de Campinas - SP (Figura 4) é pioneiro no local, está em atuação de 1996, buscando aprimorar seus serviços para proporcionar um local cada vez melhor para os animais de estimação terem o descanso que merecem (CEMITÉRIO E CREMATÓRIO DE ANIMAIS, 2019).

Figura 4 - Cemitério para animais localizado em Campinas - SP.



Fonte: Cemitério e crematório de animais (2019).

2.3. FLUXO DE ÁGUA NO SOLO

A fundamentação teórica para resolução dos problemas de fluxo de água foi desenvolvida por Forchheimer e difundida por Casagrande (1937) apud Marangon (2017). A água ocupa a maior parte ou a totalidade dos vazios do solo e, quando submetida a diferença de potenciais, a água se desloca no seu interior.

O estudo do fluxo de água nos solos é de vital importância para o engenheiro, pois, a água ao se mover no interior de um maciço de solo exerce em suas partículas sólidas forças que influenciam o estado de tensão do maciço. Os valores de pressão neutra, e com isso os valores de tensão efetiva em cada ponto do maciço, são alterados em decorrência de alterações de regime de fluxo (MARANGON, 2017).

De uma forma geral, os conceitos de fluxo de água nos solos são aplicados nos seguintes problemas (MARANGON, 2017):

- Estimativa da vazão de água (perda de água do reservatório da barragem), através da zona de fluxo;
- Instalação de poços de bombeamento e rebaixamento do lençol freático;
- Problemas de colapso e expansão em solos não saturados;
- Dimensionamento de sistemas de drenagem;
- Dimensionamento de “liners” em sistemas de contenção de rejeitos;
- Previsão de recalques diferidos no tempo (adensamento de solos moles – baixa permeabilidade);
- Análise da influência do fluxo de água sobre a estabilidade geral da massa de solo (estabilidade de taludes);
- Análise da possibilidade da água de infiltração produzir erosão, arraste de material sólido no interior do maciço, “piping”, etc.

Os fenômenos de fluxo de água em solos se apoiam em três pilares: conservação da energia (Bernoulli), permeabilidade dos solos (Lei de Darcy) e conservação da massa. O grau de permeabilidade de um solo é expresso numericamente pelo “coeficiente de permeabilidade”. A determinação do coeficiente de permeabilidade é feita tendo em vista a lei experimental de Darcy, de acordo com a qual a velocidade de percolação é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico (SINGUI, 2017).

2.4. CONCEITOS BÁSICOS DE SOLOS

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), o solo é constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, e formado por materiais minerais e orgânicos. O solo pode ser originado por diversos tipos de rochas, que, ao decorrer do tempo, através do intemperismo ou interferências antrópicas, transformam-se em material poroso com características específicas, ocorrendo através de diversos processos químicos, físicos e biológicos de desintegração (REICHARDT; TIMM, 2004).

A formação do solo ocorre a partir de cinco fatores principais: o material de origem, o relevo, os organismos vivos, o clima e o tempo e, a combinação destes fatores sobre o material de origem, pode resultar em diferentes tipos de solos (REICHARDT;TIMM, 2004).

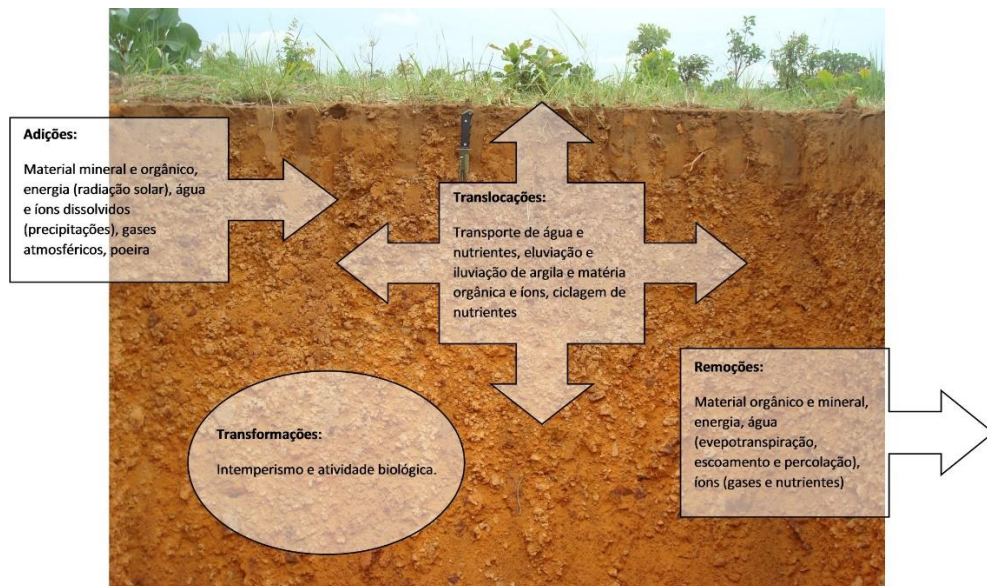
Os horizontes são subseções do perfil do solo, aproximadamente paralelas à superfície, que apresentam características morfológicas e atributos físicos, químicos e mineralógicos distintos para individualizá-las segundo critérios morfogenéticos. O solo pode possuir quatro

horizontes principais, sendo o horizonte O, A, B e C (LORENZO, 2010).

As feições morfológicas e as características do solo refletem a atuação dos processos pedogenéticos na sua formação. Segundo a EMBRAPA (2018), os processos pedogenéticos são estudados em duas vias, conforme relatado a seguir e demonstrado na Figura 5.

- I) O modelo de processos múltiplos, baseado em quatro processos básicos de formação do solo: adições, perdas, transformações e translocações;
- II) O modelo de processos específicos, que considera as características dos diferentes tipos de solos, como resultado da atuação de mecanismos específicos na integração dos fatores de formação dos solos, como por exemplo a laterização, silicificação, ferralitização, gleização, podzolização, salinização, entre outros.

Figura 5 - Modelo de processos múltiplos no processo pedogenético.



Fonte: EMBRAPA (2018).

Segundo Reichardt e Timm (2004), a composição sólida do solo, é formada por matéria orgânica e minerais. A composição mineral é decorrente da rocha da qual o solo se originou, sendo considerada primária quando possui uma estrutura e composição dos minerais iguais aos que constituem a rocha, como, por exemplo, quartzo e feldspato. Ainda, a fração mineral é denominada secundária quando sua composição e estruturas são diferentes, ou seja, foram formadas pelo processo de formação do solo, como, por exemplo, argilas montmoriloníticas, cauliníticas e carbonato de cálcio.

A fração líquida do solo, é formada por uma solução aquosa constituída de substâncias

orgânicas e sais minerais. Na concentração da solução do solo, apenas valores médios e aproximados podem ser obtidos, devido à interação complexa entre fração sólida e líquida, o que acaba dificultando sua quantificação (BRITO, 2017).

De acordo com Brito (2017), a fase gasosa dos solos é formada por ar, onde, na maioria desses, a quantidade de Oxigênio (O_2) se apresenta em menor quantidade comparado com o ar da superfície, enquanto o Dióxido de Carbono (CO_2) é mais elevado, fato este podendo ser explicado pelas atividades biológicas presentes no solo. A umidade relativa, em condições normais, é geralmente saturada ou com valores próximos à saturação (REICHARD; TIMM, 2004).

O processo de troca de gases e movimento dos gases no solo, pode ocorrer na fase gasosa em poros não ocupados por água, dissolvidos em água quando a difusão dos gases é maior do que na fase líquida e, dependendo das condições de aeração e da composição de ar no solo, a concentração de O_2 ou CO_2 será maior ou menor (BRITO, 2017).

2.4.1. PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS

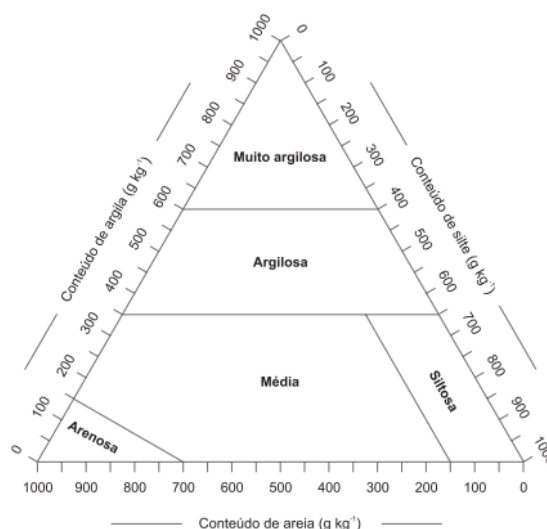
O solo é constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas, e formado por materiais minerais e orgânicos (EMBRAPA, 2018). Sua composição pode ser descrita através da análise granulométrica, possibilitando classificar os componentes sólidos em classes, baseado em seus diâmetros, geralmente em argila, silte e areia (KIEL, 1979; LEMOS; SANTOS, 1984).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), a classificação estrutural entre horizontes dos solos, são expressos por notação binária ou ternária, na forma de frações, como, “textura média/argilosa” (binária) e “textura arenosa/média/muito argilosa” (ternária). As variações das classes texturais em profundidade e composição são descritas e seguem e demonstradas na Figura 6.

- **Textura arenosa** – material que compreende as classes texturais areia e areia franca, ou seja, teor de areia menos teor de argila $> 700 \text{ g.kg}^{-1}$;
- **Textura média** – material com menos de 350 g.kg^{-1} de argila e mais de 150 g.kg^{-1} de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca;
- **Textura argilosa** – material com conteúdo de argila entre 350 g.kg^{-1} e 600 g.kg^{-1} ;
- **Textura muito argilosa** – material com conteúdo de argila superior a 600 g.kg^{-1} ;
- **Textura siltosa** – material com menos de 350 g.kg^{-1} de argila e menos de 150 g.kg^{-1} de

areia (EMBRAPA, 2018).

Figura 6 - Classes de textura dos solos.



Fonte: EMBRAPA (2018).

A NBR 6.502/1995 (ABNT, 1995), que dispõe sobre rochas e solos, classifica as frações granulométricas do solo como a seguir transcrito:

“Pedregulho: Solos formados por minerais ou partículas de rocha, com diâmetro compreendido entre 2,0mm e 60mm. Quando arredondados ou semi- arredondados, são denominados cascalho ou seixo;

Areia: Solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas com diâmetros compreendidos entre 0,06mm e 2,0mm;

Silte: Solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade, e que exibe baixa resistência quando seco o ar. Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fração silte. É formado por partículas com diâmetros compreendidos entre 0,002mm e 0,06mm;

Argila: Solo de granulação fina constituído por partículas com dimensões menores do que 0,002mm, apresentando coesão e plasticidade (ABNT, 1995, p.9 - 15)”.

A NBR 6.502/1995 (ABNT, 1995, p. 14), define granulometria como a “Representação de um solo pelas dimensões de suas partículas e suas respectivas percentagens em massa”. Desta forma, o solo é formado por um conjunto de agregados de diferentes tamanhos, ou seja, pedregulhos, areia, silte e argila. Assim, os ensaios de granulometria visam quantificar os diferentes materiais que o constituem (BORBA, 2016).

Segundo Braga (2009), solos arenosos ou com argila de baixa reatividade, baixo teor de matéria orgânica e baixa CTC, (capacidade de troca de cátions) não retém cátions e são

mais propícios aos efeitos da lixiviação, enquanto solos com teores elevados de argila de alta reatividade apresentam CTC alta e podem reter grandes quantidades de cátions. Nesse sentido, quanto maior a CTC do solo, maior será sua capacidade de reter possíveis contaminantes. Como o solo em estudo apresentou em sua composição o predomínio de areia (78,34%), possuindo maior probabilidade de lixiviação, as análises para determinação das concentrações dos metais presentes no solo, são importantes para verificação do nível de lixiviação e grau de contaminação do local.

De acordo com os estudos de Klein (2012), a textura é uma característica intrínseca do solo e que não pode ser alterada. Essa propriedade determina o valor econômico do solo, pois, representa as proporções relativas das frações argila, areia e silte. Ainda, a composição granulométrica do solo, afeta a forma de adesão e coesão entre as partículas e as ferramentas de manejo entre as partículas, interferindo na resistência do solo à tração.

Segundo a EMBRAPA (2018), a estrutura do solo é definida como “o arranjo estabelecido pela ligação das partículas primárias do solo entre si por substâncias diversas encontradas no solo, como matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio, carbonatos, sílica, etc.”. A estrutura é caracterizada conforme três aspectos, ou seja, pelo tipo (laminar, prismática, colunar, blocos angulares, blocos subangulares e granular), pelo tamanho (muito pequena, pequena, média, grande e muito grande), e pelo grau de desenvolvimento (solta, fraca, moderada e forte).

De acordo com Lepsch (2002), a estrutura do solo é um conjunto de torrões que aparecem naturalmente no solo, possuindo formato e tamanhos variados, estando separados uns dos outros por pequenas fendas, tamanho e grau de desenvolvimento, ou coesão dentro e fora do torrão.

A compactação do solo é basicamente o aumento da densidade do solo e a redução da porosidade, devido à submissão de um esforço ou pressão no solo. Este processo aumenta o contato entre os grãos, reduz o volume de vazios no solo, bem como a permeabilidade e a compressibilidade do solo (NARESI JUNIOR, 2018).

2.4.2. Infiltração da água no solo

Segundo Carvalho e Silva (2006), a infiltração é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo, ou seja, a entrada da água por meio da superfície (interface solo/atmosfera) no sentido vertical descendente. Esse processo afeta diretamente o escoamento superficial, componente do ciclo hidrológico responsável pelos processos de

erosão e inundações.

Alguns fatores podem interferir na capacidade de infiltração da água no solo, como, por exemplo, o tempo, a umidade inicial, porosidade, textura, condutividade hidráulica, entre outros (LIBARDI, 2005).

A capacidade de infiltração é a quantidade máxima de água que pode infiltrar no solo, em um dado intervalo de tempo, sendo expresso geralmente em mm/h. Já a taxa de infiltração é definida como a lâmina de água (volume de água por unidade de área) que atravessa a superfície do solo, por unidade de tempo, podendo ser expressa em termos de altura de lâmina d'água ou volume d'água por unidade de tempo em mm/h (CARVALHO e SILVA, 2006).

De acordo com Carvalho e Silva (2006), o perfil típico de umidade do solo, durante a infiltração, possui diversos processos, os quais são descritos a seguir:

- **Zona de saturação:** Corresponde a uma camada de cerca de 1,5cm, ou seja, é uma zona em que o solo está saturado, isto é, com um teor de umidade igual ao teor de saturação;
- **Zona de transição:** É uma zona com espessura em torno de 5cm, cujo teor de umidade decresce rapidamente com a profundidade;
- **Zona de transmissão:** É a região do perfil através da qual a água é transmitida. Essa zona é caracterizada por uma pequena variação da umidade em relação ao espaço e ao tempo;
- **Zona de umedecimento:** É uma região caracterizada por uma grande redução no teor de umidade com o aumento da profundidade;
- **Frente de umedecimento:** Compreende uma pequena região na qual existe um grande gradiente hidráulico, havendo uma variação bastante abrupta da umidade. Representa o limite visível da movimentação de água no solo.

A condutividade hidráulica do solo é uma propriedade que expressa à facilidade com que a água se movimenta. Possui importância no manejo do solo e da água, na produção agrícola, na sustentabilidade do ambiente e na determinação quantitativa e qualitativa do movimento de água no solo, e no dimensionamento de sistemas de drenagem (COSTA, 2018).

De acordo com Bernardes (2005), a determinação da Condutividade Hidráulica Saturada (k_{sat}), é realizada com base em métodos de medida do processo de infiltração, métodos do perfil instantâneo, conhecimento da curva de retenção ou, pela passagem de água através de uma amostra indeformada confinada.

A condutividade hidráulica saturada pode ser calculada utilizando a Equação 1. No Quadro 1 é demonstrado o grau de permeabilidade e os referentes constituintes do tipo de solo em relação a k_{sat} .

Equação 1 - Condutividade hidráulica saturada.

$$K = \frac{V * L}{h * A * t}$$

Fonte: Bernardes (2005).

Onde:

K = Condutividade hidráulica saturada (cm/s);

V = Volume medido na proveta (cm³);

L = Comprimento da amostra (cm);

h = Carga hidráulica (cm);

t = Tempo entre o início e fim do ensaio (s);

A = Área da seção transversal da amostra (cm²).

Quadro 1 - Classificação da condutividade hidráulica do solo.

Coefficiente k (cm.s⁻¹)	Grau de Permeabilidade (TERZAGHI e PECK, 1967)	Tipo de solo (MELLO e TEIXEIRA, 1967)
10 ⁹ a 1	Alta	Pedregulhos
1 a 10 ⁻¹		Areias
10 ⁻¹ a 10 ⁻³	Média	Areias finas siltosas e argilosas, siltes argilosos
10 ⁻³ a 10 ⁻⁵	Baixa	
10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷	Muito baixa	Argilas
Valores < 10 ⁻⁷	Praticamente impermeável	

Fonte: Santos (2005).

2.5. TRANSPORTE DE POLUENTES

A água se move no subsolo por meio dos poros e fraturas do solo, ou do substrato rochoso (GROTZINGER; JORDAN, 2013). Nesse contexto, os aquíferos são classificados quanto ao tipo de espaços vazios, conforme a seguir transcrito (BRASIL, 2007. p.10):

“**Poroso** – com água armazenada nos espaços entre os grãos criados durante a

formação da rocha; é o caso das rochas sedimentares, como os arenitos do Sistema Aquífero Guarani. Os aquíferos porosos funcionam como esponjas onde os espaços vazios são ocupados por água;

Fissural (cristalino/embasamento cristalino) – a água circula pelas fissuras resultantes do fraturamento das rochas relativamente impermeáveis (ígneas ou metamórficas), como os basaltos, que estão sobre arenitos do Guarani;

Cársticos – São os aquíferos formados em rochas carbonáticas (sedimentares, ígneas ou metamórficas). Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos”.

A água subterrânea pode ocorrer em aquíferos sob diversas condições (HEATH, 1982). Desta forma, a classificação dos aquíferos, em relação a pressão, conforme Silva Júnior e Caetano (2010, p.2), é definida como:

Aquífero livre: Também chamado de freático ou não confinado, é aquele cujo limite superior é a superfície de saturação ou freático na qual todos os pontos se encontram à pressão atmosférica;

Aquífero confinado: Também chamado de aquífero sob pressão, é aquele onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. Em função das camadas limítrofes pode ser definido como: confinado, não drenante e confinado drenante;

Aquífero confinado não drenante: É aquele em que as camadas limítrofes, inferior e superior, são impermeáveis. Na captação por sondagem nesse tipo de aquífero, a água jorra naturalmente, sem necessidade de bombeamento: são os poços denominados “jorrantes” ou “artesianos”;

Aquífero confinado drenante: É aquele que pelo menos uma das camadas limítrofes é semipermeável, permitindo a entrada ou a saída de fluxos;

Aquífero suspenso: É um caso especial de aquífero livre formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável que nem armazena nem transmite água.

Desta forma, conforme o tipo de aquífero, este pode estar mais susceptível à contaminação, ou ainda, possuir uma maior proteção do meio subterrâneo. As águas superficiais estão mais expostas a contaminação quando comparadas as subterrâneas, no entanto, ao se alterar as características de um aquífero, este terá maior dificuldade em retornar ao seu estado original, devido possuir baixa velocidade de fluxo. Ainda, a identificação da deterioração do lençol freático é mais difícil, principalmente devido este tipo de contaminação ser identificada somente após algum poço de abastecimento de água ter sido afetado, dependendo da direção do fluxo (BOSCOV, 2008).

Em relação ao processo de migração dos contaminantes nos meios porosos, por exemplo os solos, os fatores controladores desses processos, são classificados em físicos (advecção e dispersão), químicos (sorção, precipitação, decaimento radioativo, formação de complexos, co-solvência e ionização) e biológicos (sorção hidrofóbica, biodegradação, degradação abiótica, volatilização e dissolução) (DYMINSKI, 2017).

Os principais processos envolvidos no transporte de contaminantes podem ser

divididos entre os mecanismos de migração e os mecanismos de atenuação (BORBA, 2016). Segundo os estudos de Pereira et al. (2011), o mecanismo de migração permite o deslocamento de compostos pelos processos de advecção e de dispersão hidrodinâmica, enquanto o mecanismo de atenuação, permite o retardo ou desaceleração da migração, abrangendo a adsorção, precipitação e a complexação.

Segundo Costa (2002), existem fatores que interferem o transporte de contaminantes no solo. Dentre esses fatores, pode-se citar o tipo de solo do local, a composição mineralógica, a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) dos argilominerais, os cátions absorvidos no solo, a velocidade de percolação, o teor de matéria orgânica presente, a concentração do contaminante (metal, por exemplo), condições hidrogeológicas, temperatura e pH do meio e, a presença de outras substâncias no solo.

Os solos são muito utilizados em sistemas para o armazenamento e disposição de diversos resíduos, com o propósito de diminuir o fluxo de contaminantes líquidos para o meio ambiente. Geralmente as contaminações ocorrem lentamente sem graves consequências imediatas ao local, porém, em longo prazo, podem ocasionar problemas mais sérios, principalmente em relação a água subterrânea (BOSCOV, 2008).

Se tratando de solos, o entendimento sobre os mecanismos de transporte de poluentes é de suma importância, pois, o melhoramento dos projetos de disposição de resíduos e rejeitos, do diagnóstico de contaminação de áreas, de projetos de remediação das áreas contaminadas e da avaliação e acompanhamento das obras implantadas, bem como seu monitoramento, são fundamentais para o controle do transporte de poluentes (BOSCOV, 2008).

2.6. CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR METAIS

Entende-se por contaminação, segundo Brasil (2009), a:

“Presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico (BRASIL, 2009. p.3)”.

Os metais são um grupo de elementos químicos, geralmente sólidos quando encontrados no seu estado puro (exceto mercúrio, que é líquido), que possuem como características principais o aspecto brilhoso, a dureza, boa condutividade elétrica e térmica,

maleabilidade, e pontos de fusão e ebulição altos. Quando presentes em concentrações elevadas, seja em solos, ou águas subterrâneas, podem representar um grande potencial de contaminação destes locais (ROUTHIER, 1999).

Os metais são usados para fabricação de diversos materiais de uso do homem, e quando descartados de forma inadequada, ou mesmo com sua decomposição natural, podem vir a causar contaminações ao meio ambiente. Em relação ao uso cemiterial, os metais são utilizados nos conservantes de madeira, como, por exemplo, o verniz, em partes metálicas dos caixões, sendo nas alças e adereços, e misturados com formaldeído, produto este utilizado em práticas de embalsamento de corpos, que podem liberar Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Ferro (Fe), Arsênio (As), Mercúrio (Hg), Vanádio (V), Alumínio (Al), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Estrôncio (Sr), entre outros metais (SPONGBERG; BECKS, 2000).

Conforme Calabuig (2004), os metais podem entrar no organismo humano principalmente através da inalação de ar e poeiras, e pela ingestão de alimentos e água. Nos pulmões ou trato gastrointestinal, uma pequena parte do metal é absorvido e o restante é exalado ou excretado. A quantidade absorvida vai depender de fatores relacionados com o organismo humano e da natureza do metal, ou seja, com as formas químicas em que se encontra.

Os metais pesados podem interagir de diferentes formas com os organismos, levando os seres vivos a disfunções mais simples, ou ocasionando graves danos, podendo inclusive, levar à morte. Portanto, a determinação dos níveis de metais pesados dos solos, principalmente em locais próximos a águas subterrâneas e/ou utilizadas para consumo humano e animal, como neste caso de estudo, é necessário para monitorar e acompanhar possíveis alterações no local, identificando o risco de contaminação, e propondo medidas de remediação para eliminar os impactos causados ao local.

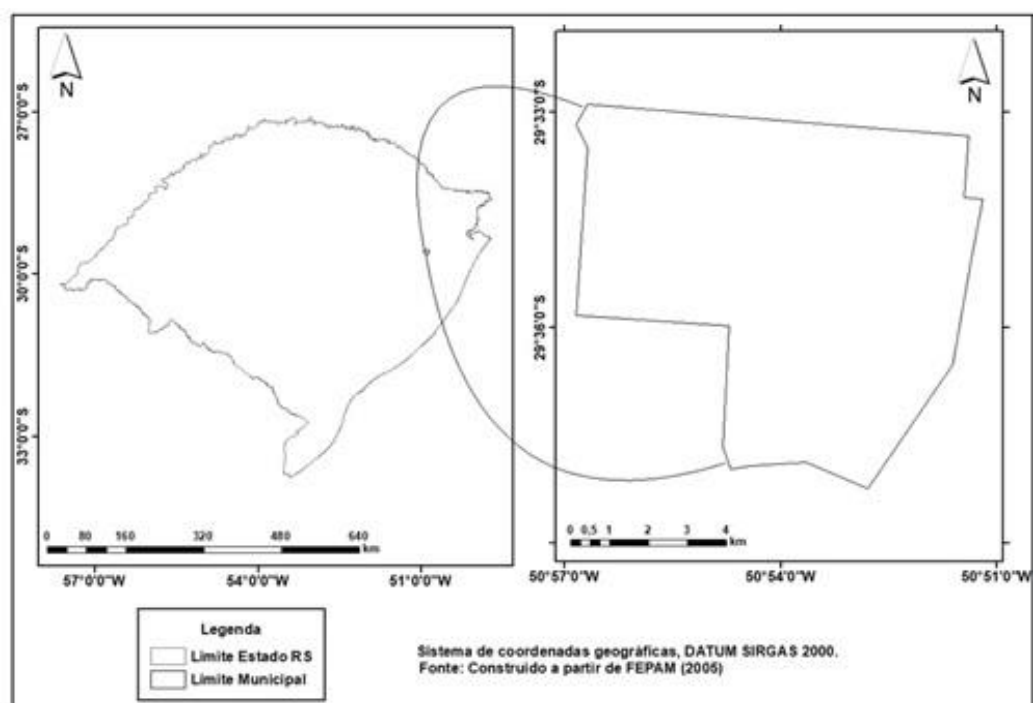
3. METODOLOGIA

A metodologia irá tratar de forma clara e sucinta a forma que foi realizada esse estudo, como caracterização do local, métodos de coleta e análise.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo está localizada no Município de Nova Hartz - RS (Figura 7), região metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. O local compreende uma área de 2.608,53 metros quadrados (m²), e possui como coordenadas 29°34'59,66 S e 50° 54'07,82" O.

Figura 7 - Localização do Município de Nova Hartz/RS.



Fonte: Construído a partir de FEPAM (2005).

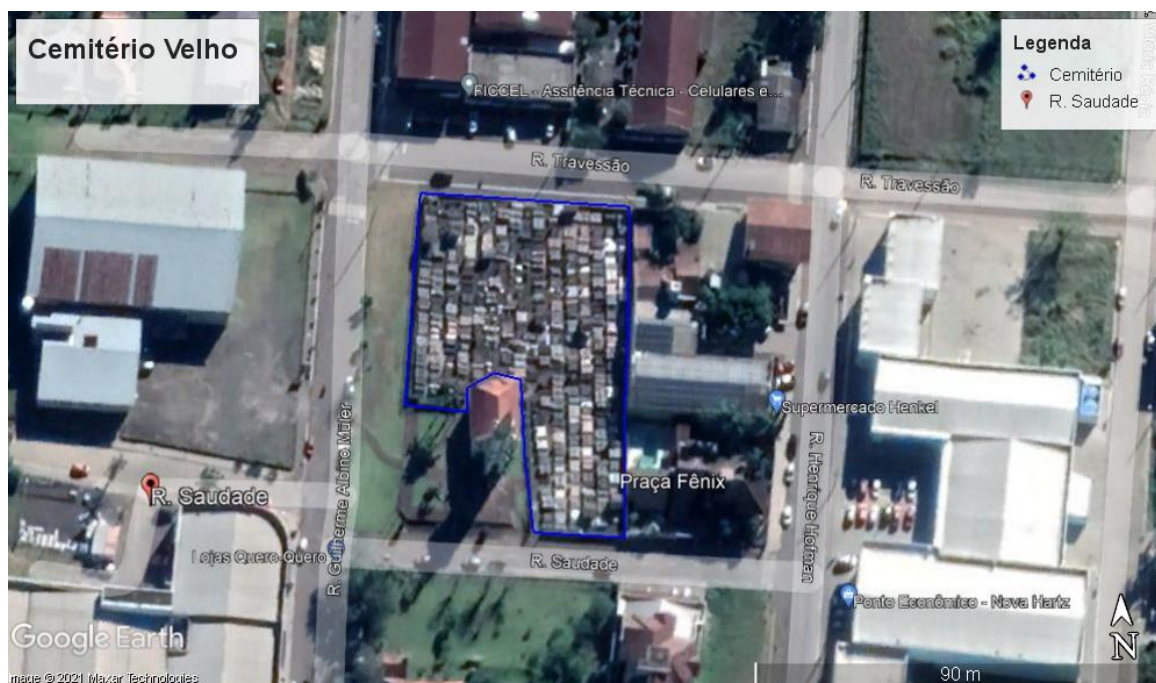
O cemitério está localizado na Rua da Saudade, no centro de Nova Hartz - RS. Possui em sua vizinhança comércios, padarias, mercado, lojas de varejo e demais empreendimentos, sendo passível de poluição visual e um risco para a localidade. A entrada do cemitério pode ser visualizada nas Figuras 8 e 9, demonstra a delimitação aérea do local.

Figura 8 - Vista da área de estudo (entrada).



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 9 - Delimitação da área de estudo (cemitério).



Fonte: Construído a partir de Google (2021).

No que se refere a geologia local, conforme CPRM (2006), o município está inserido nas seguintes formações geológicas: Formação Serra Geral Fácies Gramado (K1_β_gr), Formação Serra Geral Fácies Chapecó (K1_α_ch) e Formação Botucatu (J3K1bt).

Já em relação a hidrogeologia, Machado e Freitas (2005), descrevem que o município está inserido nos seguintes sistemas aquíferos: Sistema Aquífero Serra Geral II (Aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas); Sistema Aquífero Serra Geral III (Aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas) e; Sistema Aquífero Botucatu Pirambóia (Aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular).

3.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

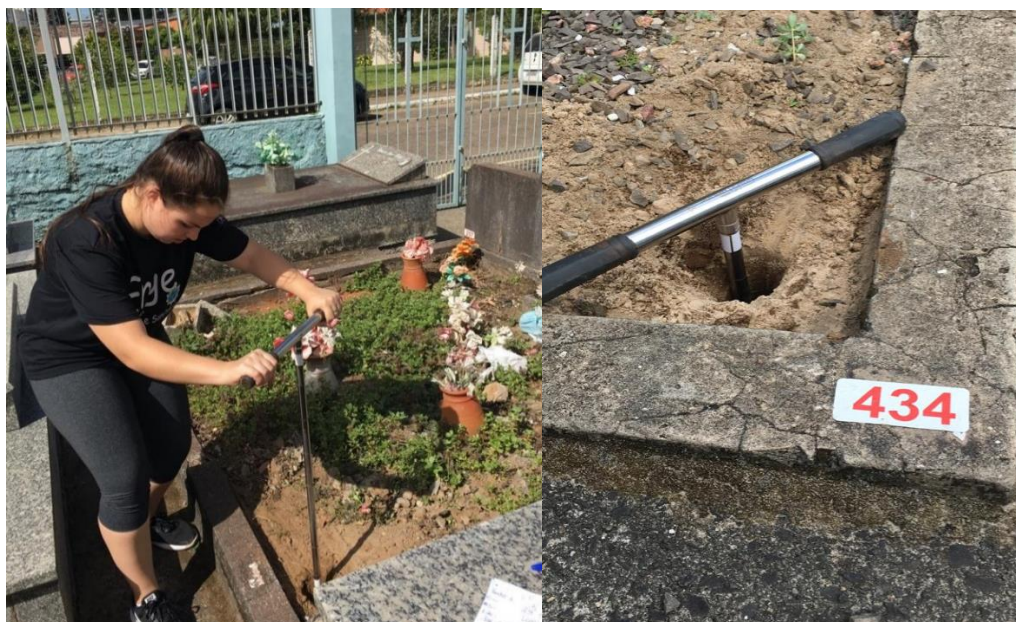
Para a coleta das amostras de solo, selecionou-se nove pontos de amostragem no interior da área de estudo (Figura 10). Em cada ponto de amostragem, coletou-se amostras em três profundidades: superficial (0 cm), 0,5 m e 1,20 m (Figura 11). As amostras foram coletadas com auxílio de um trado, modelo holandês, sendo que a cada coleta o mesmo era lavado com água destilada, evitando alteração dos parâmetros e contaminação do ponto posterior.

Figura 10 - Localização dos pontos de amostragem.



Fonte: Construído a partir de Google (2021).

Figura 11 - Coleta de solo dentro da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2020).

Durante a coleta das amostras de solo, também realizou-se o levantamento das coordenadas dos pontos de amostragem, coletando a latitude e longitude de cada ponto, bem como a cota do terreno. Para a coleta das coordenadas utilizou-se o Google Earth (2020). Com

base nos valores cota do terreno, é possível observar que o mesmo é um terreno plano, devido possuir um desnível com variância de aproximadamente 1 metro. Na Tabela 1, é demonstrado as coordenadas e cotas topográficas de cada ponto de coleta.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e cota topográficas.

Ponto de amostragem	Latitude	Longitude	Cota do terreno (m)
1	29°34'59,25"S	50°54'7,53"O	31
2	29°34'58,75"S	50°54'7,07"O	32
3	29°34'57,89"S	50°54'7,02"O	32
4	29°34'57,25"S	50°54'7,07"O	33
5	29°34'57,73"S	50°54'7,54"O	33
6	29°34'57,35"S	50°54'7,94"O	32
7	29°34'57,40"S	50°54'8,31"O	32
8	29°34'58,29"S	50°54'8,16"O	33
9	29°34'58,22"S	50°54'7,45"O	32

Fonte: Construído a partir de Google Earth Pro (2021).

3.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Para cada ponto de coleta, foram analisados os elementos químicos ilustrados na Tabela 2, juntamente com a metodologia de análise. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos, da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, *campus* Frederico Westphalen/RS, utilizando a técnica *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP – OES), seguindo o proposto pela USEPA (1998).

Após a análise, os resultados foram comparados com a legislação vigente, Portaria nº 85/2014 da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), para a região das rochas sedimentares areníticas do Planalto, do Escudo Sul-Riograndense e da Depressão Periférica (FEPAM, 2014).

Tabela 2 - Elementos químicos, metodologia utilizada e limite de detecção.

Elemento químico	Metodologia	*LD (mg.kg ⁻¹)	**VRQ (mg.kg ⁻¹)
Cádmio (Cd)	USEPA (1998)	0,01	0,42
Cobalto (Co)	USEPA (1998)	0,06	7,00
Cobre (Cu)	USEPA (1998)	0,04	11,00
Cromo (Cr)	USEPA (1998)	0,12	21,00

Legenda: * Limite de Detecção e ** Valor de Referência de Qualidade.

Fonte: Autoria própria (2021).

3.4 FATOR DE CONTAMINAÇÃO

O Fator de Contaminação (FC) é a razão da concentração de cada espécie química no sedimento pelo valor dos sedimentos de fundo não contaminados (POLETO, 2017). O FC pode ser aplicado em estudos analíticos de solo, desta forma, o FC foi definido como a razão da Concentração Média (CM) de cada elemento químico analisado, pelo valor de Concentração de fundo da matriz do solo (Cbackground), conforme observado na Equação 2.

No estudo, para o valor de referência do Cbackground, foi utilizado o VRQ da FEPAM a fim de comparação e devido ao local não ter área próxima para a coleta do ponto branco. Os Níveis de Contaminação (NC) do solo, de acordo com os respectivos FC, podem ser observados no Quadro 2.

Equação 2 – Fórmula para determinação do Fator de Contaminação.

$$FC = \frac{CM}{C_{background}}$$

Fonte: Adaptado de Poletto (2017).

Onde:

FC - Fator de contaminação;

Cm - Concentração média da espécie metálica quantificada na amostra e;

Cbackground - Concentração de fundo da matriz.

Para a classificação dos escores de FC, foi utilizada a faixa de valores em conformidade com Hakson (1980); Zarah et al. (2014); Hortellani et al. (2013) apud Silva, Schnitzer e Poletto (2017).

Quadro 2 – Nível de Contaminação de acordo com o respectivo Fator de Contaminação.

Fator de Contaminação	Nível de contaminação
< 1	Baixa contaminação
1 < FC < 3	Moderadamente contaminado
3 < FC < 6	Contaminação considerável
FC > 6	Alta contaminação

Fonte: Construído a partir de apud Silva, Schnitzer e Poletto (2017).

3.5 METODOLOGIA – PARTE ESTATÍSTICA

Com base nos nove pontos amostrais, para cada variável (Cd, Co, Cu e Cr), em cada profundidade, foram calculadas estatísticas descritivas de tendência central e de variabilidade. Os valores de cada variável foram comparados entre as três profundidades (0, 0,5 e 1,2m) por meio do teste t para amostras dependentes (relacionadas) a 5 % de probabilidade de erro. Para cada variável também foram construídos intervalos de confiança para a média populacional com nível de confiança de 95%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel e do software BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse item, será apresentado os principais resultados obtidos nessa pesquisa, além da discussão e comparação com outras pesquisas realizadas.

4.1. PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO

No local, o solo apresentou granulometria de 78,34 % de areia, 14,31 % de argila e 8,35 % de silte, sendo classificado como franco arenoso (LEMOS; SANTOS, 1984). Já a k_{sat} média do local foi de $5,7 \times 10^{-4} \text{ cm.s}^{-1}$. Como no local a predominância da granulometria é de areia, sendo um solo poroso e permeável, o nicrochorume pode se movimentar mais rapidamente e se misturar com a água subterrânea, aumentando a chance de causar doenças de veiculação hídrica se essa água for utilizada para abastecimento público (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998).

De acordo com estudo realizado por Marques (2007), no Cemitério Municipal Parque Cachoeira em Betim – MG, o solo do local apresentou permeabilidade de $8,0 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$, classificada como baixa permeabilidade e uma granulometria de 54,50 % de areia.

Segundo Matos e Pacheco (2001), solos de granulometria fina e de baixa condutividade hidráulica estabelecem condições físico-químicas redutoras ideais para a ocorrência do fenômeno de saponificação dos cadáveres, inibindo a ação das bactérias e retardando a decomposição de cadáveres. Ainda, de acordo com Magalhães (1999), solos constituídos de areia e cascalho, possuem presença de oxigênio em seu meio, podendo funcionar como agente saneador e ocorrer a formação de filtro biológico, diminuindo a contaminação do meio.

Em relação aos parâmetros químicos de solo, a Tabela 3 demonstra os resultados encontrados para os elementos analisados. Considerando todos os pontos de coleta, cada qual com três profundidades, os quatro parâmetros estudados obtiveram alguns valores acima do VRQ, os quais estão destacados na mesma tabela. Resultou-se em 10 valores acima do permitido para o Cd (Pontos 1, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), Co foram 8 valores (Pontos 2, 3, 4, 5, 7 e 8), para o Cu foram 10 valores (Pontos 4, 5, 6, 7 e 8) e, para o Cr somente 2 valores (Ponto 7)

Tabela 3 - Concentrações dos elementos nos pontos e profundidades analisados na área cemiterial.

Ponto	Prof. ¹	Cd (mg/kg)	FC ²	Classf.	Co (mg/kg)	FC	Classf.	Cu (mg/kg)	FC	Classf.	Cr (mg/kg)	FC	Classf.
P1	0,0	0,02	0,05	BC ²	0,02	0,00	BC	4,26	0,39	BC	8,22	0,39	BC
	0,5	0,58*	1,38	MC ⁵	2,80	0,40	BC	10,72	0,97	BC	4,20	0,20	BC
	1,2	0,35	0,83	BC	0,02	0,00	BC	7,24	0,66	BC	2,42	0,12	BC
P2	0,0	0,19	0,45	BC	1,26	0,18	BC	9,41	0,86	BC	2,60	0,12	BC
	0,5	0,34	0,81	BC	4,35	0,62	BC	6,23	0,57	BC	3,71	0,18	BC
	1,2	0,01	0,02	BC	7,46*	1,07	MC	5,04	0,46	BC	6,59	0,31	BC
P3	0,0	0,02	0,05	BC	1,15	0,16	BC	6,77	0,62	BC	9,96	0,47	BC
	0,5	0,02	0,05	BC	7,26*	1,04	MC	7,21	0,66	BC	8,54	0,41	BC
	1,2	0,22	0,52	BC	6,09	0,87	BC	8,46	0,77	BC	10,73	0,51	BC
P4	0,0	0,01	0,02	BC	3,60	0,51	BC	8,03	0,73	BC	10,00	0,48	BC
	0,5	0,30	0,71	BC	11,71*	1,67	MC	8,62	0,78	BC	6,89	0,33	BC
	1,2	0,49*	1,17	MC	0,02	0,00	BC	15,56*	1,41	MC	10,24	0,49	BC
P5	0,0	0,08	0,19	BC	5,20	0,74	BC	10,59	0,96	BC	9,53	0,45	BC
	0,5	0,59*	1,40	MC	13,04*	1,86	MC	10,58	0,96	BC	10,07	0,48	BC
	1,2	0,87*	2,07	MC	5,64	0,81	BC	16,96*	1,54	MC	15,10	0,72	BC
P6	0,0	0,71*	1,69	MC	2,45	0,35	BC	7,81	0,71	BC	5,03	0,24	BC
	0,5	0,02	0,05	BC	5,14	0,73	BC	16,03*	1,46	MC	8,65	0,41	BC
	1,2	0,54	1,29	MC	3,75	0,54	BC	18,63*	1,69	MC	19,06	0,91	BC
P7	0,0	1,10*	2,62	MC	0,02	0,00	BC	15,39*	1,40	BC	13,03	0,62	BC
	0,5	0,73*	1,74	MC	11,50*	1,64	MC	25,51*	2,32	MC	22,62*	1,08	MC
	1,2	0,02	0,05	BC	10,74*	1,53	MC	31,13*	2,83	MC	22,31*	1,06	MC
P8	0,0	1,12*	2,67	MC	5,02	0,72	BC	27,30*	2,48	MC	17,80	0,85	BC
	0,5	0,33	0,79	BC	12,94*	1,85	MC	19,62*	1,78	MC	16,61	0,79	BC
	1,2	0,19	0,45	BC	10,90*	1,56	MC	19,06*	1,73	MC	14,39	0,69	BC
P9	0,0	1,42*	3,38	CC ⁴	0,01	0,00	BC	6,08	0,55	BC	6,94	0,33	BC
	0,5	0,32	0,76	BC	4,84	0,69	BC	10,90	0,99	BC	8,34	0,40	BC
	1,2	1,01*	2,40	MC	2,45	0,35	BC	9,39	0,85	BC	4,92	0,23	BC
VRQ ⁶		0,42			7,00			11,00			21,00		

* Destacados valores acima do VRQ, percentil 90, para a região 4 (Rochas sedimentares areníticas do Planalto, do Escudo Sul - Riograndense e da Depressão Periférica).

Legenda: ¹ Profundidade; ² Fator de Contaminação; ³ Baixa Contaminação; ⁴ Contaminação Considerável; ⁵ Média Contaminação; ⁶ Valor de Referência de Qualidade.

Fonte: Autoria própria (2020).

Em relação ao Fator de Contaminação, utilizou-se, primeiramente, o Valor de Referência de Qualidade da FEPAM como Ponto de Referência (PR), nas três profundidades e em todos os pontos, desta forma, determinando o Nível de Contaminação da área de interesse.

A Tabela 3 demonstra os valores do FC e os NC de Cd nos pontos analisados usando o VRQ da FEPAM como Ponto de Referência. Desta forma, para o elemento Cd, a maioria das amostras (16 leituras) indicaram uma baixa contaminação (Nas profundidades entre 0 e 1,2 m), 10 apresentaram uma contaminação moderada (Nas profundidades entre 0 e 1,2 m), e apenas uma foi classificada como contaminação considerável (0,0 m). Os NC baixos estão localizados nas 3 profundidades, demonstrando, no estudo, que o teor de Cd provavelmente se mantém com a profundidade. É possível supor, por estes dados, que os níveis de Cd, dentro da área de estudo, apresentam NC desde baixo até considerável, indicando possível contaminação da área.

A Tabela 3 demonstra os valores do FC e os NC de Co nos pontos analisados usando o VRQ da FEPAM como Ponto de Referência. Desta forma, para o elemento Co, a maioria das amostras (19 leituras) indicaram uma baixa contaminação (Nas profundidades entre 0 e 1,2 m), 8 apresentaram uma contaminação moderada (Na profundidade de 0,5 e 1,2 m), e nenhuma amostra foi classificada como contaminação considerável. Os NC baixos estão localizados nas 3 profundidades, enquanto que, o NC moderado encontram-se apenas nas profundidades de 0,5 e 1,2 m, demonstrando, no estudo, que o teor de Co provavelmente aumenta com a profundidade. É possível supor, por estes dados, que os níveis de Co, dentro da área de estudo, apresentam NC desde baixo até moderado, indicando possível contaminação da área.

A Tabela 3 demonstra os valores do FC e os NC de Cu nos pontos analisados usando o VRQ da FEPAM como Ponto de Referência. Desta forma, para o elemento Cu, a maioria das amostras (18 leituras) indicaram uma baixa contaminação (Nas profundidades entre 0 e 1,2 m), 9 apresentaram uma contaminação moderada (Nas profundidades entre 0 e 1,2 m), e nenhuma amostra foi classificada como contaminação considerável. Os NC baixos e moderados estão localizados nas 3 profundidades, demonstrando, no estudo, que o teor de Cu provavelmente se mantém com a profundidade. É possível supor, por estes dados, que os níveis de Cu, dentro da área de estudo, apresentam NC desde baixo até moderado, indicando possível contaminação da área.

A Tabela 3 demonstra os valores do FC e os NC de Cr nos pontos analisados usando o VRQ da FEPAM como Ponto de Referência. Desta forma, para o elemento Cr, a maioria das

amostras (25 leituras) indicaram uma baixa contaminação (Nas profundidades entre 0 e 1,2 m), e apenas 2 apresentaram uma contaminação moderada (Na profundidade de 0,5 e 1,2 m). É importante destacar, que as 2 únicas amostras de contaminação moderada ocorreram no P7, na profundidade de 0,5 e 1,2 m. Os NC baixos estão localizados nas 3 profundidades, enquanto que, o NC moderado encontram-se apenas nas profundidades de 0,5 e 1,2 m, demonstrando, no estudo, que o teor de Cr provavelmente se mantém com a profundidade. É possível supor, por estes dados, que os níveis de Cr, dentro da área de estudo, apresentam NC desde baixo até moderado, indicando possível contaminação da área, no entanto, como a maioria dos pontos indicaram baixa contaminação, é o elemento com menor índice de contaminação no local.

Neckel et al. (2016) em um estudo realizado em três cemitérios (A, B e C) no Município de Carazinho - RS, o elemento Cu apresentou uma concentração média de 113,64 mg.kg⁻¹, atingindo valores máximos de 183,00 mg.kg⁻¹ no cemitério A, 144,00 mg.kg⁻¹ no cemitério B e 139,00 mg.kg⁻¹ no cemitério C, concentrações essas superiores aos encontrados nesse estudo. Já para o elemento Cr, os autores encontraram valores médios de 26,93 mg.kg⁻¹, sendo superiores aos encontrados nessa pesquisa.

Para Baum (2018), em Lages – SC, a concentração média obtida pelo autor para o elemento Cr, foi de 0,73 mg.kg⁻¹, para o Cd foi de 0,07 mg.kg⁻¹. Assim, os valores obtidos pelo autor, quando comparados a esse estudo, foram inferiores para o elemento Cr e semelhantes para o Cd. O autor ainda descreve que o Cd apresentou características para possibilidade de lixiviação, considerando que obteve maiores concentrações em cotas topográficas mais baixas.

No solo, o Cu é encontrado entre 2 e 100 mg.kg⁻¹. Contudo, é considerado um elemento fitotóxico, isso por que é mais tóxico para plantas do que para animais (COSTA, 2005). Apesar de o Cu ser encontrado no solo com concentração entre 2 e 100 mg.kg⁻¹, quando comparado aos resultados dispostos na Tabela 5, e analisando o VRQ percentil 90 da Portaria nº 85/2014, os valores obtidos encontraram-se acima do permitido.

Kemerich et al. (2012), em estudo realizado na cidade de Seberi – RS, as concentrações de Cu, para as amostras superficiais (0 cm), variaram de 120 a 520 mg.kg⁻¹, já para 50 cm, os valores estiveram entre 410 e 590 mg.kg⁻¹ e, para 100 cm, entre 126 e 179 mg.kg⁻¹. Logo, todas essas concentrações foram acima dos valores encontrados nessa pesquisa, fato esse, podendo ser explicado pela diferença de solo da região em estudo.

Kemerich et al. (2012), em estudo realizado na cidade de Seberi – RS, as concentrações de Cr, para as amostras superficiais (0 cm), variaram de 65 a 125 mg.kg⁻¹, já

para 50 cm, os valores estiveram entre 65 e 125 mg.kg⁻¹ e, para 100 cm, entre 126 e 174 mg.kg⁻¹. Logo, todas essas concentrações foram acima dos valores encontrados nessa pesquisa, fato esse, podendo ser explicado pela diferença de solo da região em estudo.

O P7 foi o que obteve o maior número de concentrações acima do VRQ, fato que ocorreu pois está localizado em um ponto de menor cota topográfica em relação aos outros pontos de coleta, com 32m. Analisando a topografia do terreno, é possível perceber que o sentido do escoamento de água no local tende a ir para o P7, podendo explicar o porquê de ter as maiores concentrações neste local. A cota do local e profundidade da cava são fatores que influenciam diretamente no nível de contaminação do solo, visto que os corpos estão enterrados e a contaminação está mais intensa próximo a eles.

Apesar do ponto 1 (P1) estar localizado em uma menor cota (31m), obteve apenas um ponto de amostragem com valor acima do permitido, sendo para o elemento Cd na profundidade de 0,50m.

Conforme Marinho (1998), os processos antropogênicos capazes de causar poluição ou contaminação de águas subterrâneas, tem origem na superfície do solo, e o comportamento dos contaminantes no solo e subsolo é determinado por processos geoquímicos, físicos e biológicos, como, por exemplo, decomposição de matéria orgânica, atividade bacteriana, bioacumulação, dentre outros. Tal fato pode explicar o porquê de alguns pontos apresentarem na superfície maiores concentrações, quando comparado as demais profundidades, como é o caso do P1 para Cr, o P2 para Cu, P6 para Cd, P7 para Cd, P8 para Cd e Cr e, P9 para Cd.

Segundo Azevedo et al. (2003), o Cu é um dos principais metais presentes no corpo humano, participando de atividades proteicas, como a tirosinase, a citocromo oxidase e a ceruloplasmina, sendo necessários de 2 a 5 mg de cobre por dia. Assim, a presença deste metal no solo cemiterial pode ser explicada devido sua função vital no corpo humano.

O Cr é um metal encontrado naturalmente, segundo Ferreira (2003), em rochas, solo, poeiras, névoas vulcânicas, água, animais e plantas, sendo que sua forma mais abundante é o minério de cromita. A mobilidade destas formas depende das características de adsorção do solo como teor de argila, teor de Fe₂O₃ e matéria orgânica (SCHIRMER et al., 2009).

As concentrações de metais como Zn, Cu, Fe, Mn, Cr, Ag, e Al, ocorrem devido a liberação de alguns materiais utilizados durante a destruição dos caixões, como tintas, vernizes e guarnições. Desta forma, a utilização de caixões com madeira de fácil decomposição e desprovidos de peças metálicas, tintas, vernizes e materiais plásticos, é de suma importância para diminuir a concentração desses metais (CAMPOS, 2007).

4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS ANALIASADAS

A partir da análise estatística das variáveis analisadas (Tabela 4), foi possível analisar que o elemento Cd não diferiu estatisticamente entre as profundidades. O elemento Co apresentou maiores concentrações na profundidade de 0,5 m. Os elementos Cu e Cr não diferiram, embora os valores numéricos superiores tenham sido verificados nas maiores profundidades. A Tabela 5 demonstra os valores médios e o desvio padrão das variáveis analisadas. Como pode se observar, os maiores desvios padrões estiveram presentes nas concentrações dos elementos Cu e Cr, nas maiores profundidades.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas para os quatro elementos avaliados em três profundidades de solo coletado em cemitério.

Elemento	Profundidade	Média ¹	Erro padrão	Mediana	Desvio padrão	Coefficiente de Variação
Cd	0	0,52 ^a	0,19	0,19	0,57	109,97
	0,5	0,36 ^a	0,08	0,33	0,24	67,96
	1,2	0,41 ^a	0,12	0,35	0,35	85,79
Co	0	2,08 ^b	0,70	1,26	2,10	100,70
	0,5	8,18 ^a	1,37	7,26	4,10	50,18
	1,2	5,23 ^{ab}	1,36	5,64	4,07	77,84
Cu	0	10,63 ^a	2,34	8,03	7,01	65,95
	0,5	12,82 ^a	2,12	10,72	6,36	49,57
	1,2	14,61 ^a	2,70	15,56	8,11	55,52
Cr	0	9,23 ^a	1,48	9,53	4,43	47,97
	0,5	9,96 ^a	2,02	8,54	6,05	60,72
	1,2	11,75 ^a	2,19	10,73	6,58	56,03

Legenda: ¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t para amostras dependentes a 5 % de probabilidade de erro.

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 5 - Média ± erro padrão e intervalo de confiança de 95 % para a média populacional de quatro elementos avaliados em três profundidades de solo coletado.

Elemento/Concentração	Profundidade	Média ¹ ± EP	IC _{95%}
Cd (mg.kg ⁻¹)	0	0,52 ^a ± 0,19	0,08 ≤ μ ≤ 0,96
	0,5	0,36 ^a ± 0,08	0,17 ≤ μ ≤ 0,55
	1,2	0,41 ^a ± 0,12	0,14 ≤ μ ≤ 0,68
Co (mg.kg ⁻¹)	0	2,08 ^b ± 0,7	0,47 ≤ μ ≤ 3,69
	0,5	8,18 ^a ± 1,37	5,02 ≤ μ ≤ 11,33
	1,2	5,23 ^{ab} ± 1,36	2,1 ≤ μ ≤ 8,36
Cu (mg.kg ⁻¹)	0	10,63 ^a ± 2,34	5,24 ≤ μ ≤ 16,01

	0,5	12,82 ^a ± 2,12	7,94 ≤ μ ≤ 17,71
	1,2	14,61 ^a ± 2,7	8,37 ≤ μ ≤ 20,84
Cr (mg.kg⁻¹)	0	9,23 ^a ± 1,48	5,83 ≤ μ ≤ 12,64
	0,5	9,96 ^a ± 2,02	5,31 ≤ μ ≤ 14,61
	1,2	11,75 ^a ± 2,19	6,69 ≤ μ ≤ 16,81

Legenda: ¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t para amostras dependentes a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autoria própria (2020).

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos apresentaram alterações na qualidade natural do solo para os elementos analisados. Os elementos Cádmio e Cobre apresentaram concentrações acima do permitido nas profundidades entre 0 e 1,2 m em dez amostras. Já o elemento Cobalto apresentou valores acima do estabelecido em oito amostras, nas profundidades de 0,5 a 1,2 m. O Cromo apresentou valores superiores em dois pontos de amostragem, nas profundidades de 0,5 e 1,2 m. Assim, os resultados preliminares indicam uma possível alteração dos elementos químicos conforme a legislação vigente para a região em estudo. Estatisticamente, o elemento Cádmio não deferiu na profundidade, indicando a possibilidade desse elemento não ter relação com a atividade. Já os demais elementos (Cobre, Cobalto e Cromo) apresentaram incremento de concentração na profundidade.

De acordo com o estudo, o local apresenta risco potencial de contaminação devido alguns pontos de amostragem estarem acima do valor permitido pela legislação. No entanto, se a implantação e o gerenciamento forem adequados, o potencial poluidor do local pode vir a ser controlado.

A partir dos resultados obtidos, é recomendado que sejam realizados estudos complementares visando identificar os níveis de contaminação por outros elementos químicos. Além disso, a instalação de piezômetros para analisar e monitorar a qualidade da água subterrânea, determinar a condutividade hidráulica em níveis mais profundos e qualificar a granulometria do local, com ênfase na determinação dos argilominerais presentes e na CTC, é fundamental para ter o controle ambiental da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 18p.

AVILA, E. R. **Estudo de caso das condições ambientais dos cemitérios Bom Jesus e São Cristovão em União da Vitória – PR: Proposta de melhorias**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014. 139p.

AYRES, M. et al. **BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. 5. Ed. Belém: Ong Mamiraua, 2007. 364p.

BAUM, C. A. **Impactos Ambientais no solo e na água subterrânea ocasionados por cemitérios públicos urbanos de Lages – SC**. Lages. 2018. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Disponível em:<https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1547/Disserta__o_Camila_Angelica_Baum_15688150251012_1547.pdf>. Acesso em: 5 Mar. 2021.

BERNARDES, R. S. **Condutividade hidráulica de três solos da região norte fluminense**. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2005.

BORBA, W. F. de. **Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea em área ocupada por aterro sanitário em Seberi - RS**. 2016. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 248 p.

BRAGA, G. N. M. **A importância de conhecer a CTC do Solo**. 2009. Disponível em:<<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2009/08/importancia-de-conhecer-ctc-do-solo.html>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília: MMA, 2007. 40p.

BRITO, G. H. M. **Fração líquida do solo**. (2017). Disponível em:<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAQzCAF/fracao-liquida-solo>>. Acesso em: 17 Ago. 2020.

CALABUIG, G. **Medicina legal y toxicología**. 2004. Disponível em:<<https://tienda.elsevier.es/gisbert-calabuig-medicina-legal-y-toxicologia9788445814154.html>>. Acesso em: 09 jun. 2020.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Infiltração**. 2009. Disponível em:<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5INF.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

CEMITÉRIO E CREMATÓRIO DE ANIMAIS. **Cemitério e Crematório de Animais**. 2019. Disponível em:< <https://www.cemiteriodeanimais.com.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CEMITÉRIO PARQUE DE MARINGÁ. **Cemitério Parque de Maringá**. 2017. Disponível em:<<https://cemiterioparquedemaringa.business.site/2020>>. 2017. Acesso em: 20 Ago. 2020.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 335, de 3 de Abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28/05/2003.

COSTA, P. O. da S. **Avaliação em laboratório, do transporte de contaminantes no solo do aterro sanitário de Sauípe/BA**. 2002. 188f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

COSTA, R. N. T. **Condutividade hidráulica do solo saturado**. 2005. Disponível em: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/dren/aula02.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2021.

COSTA, R. N. T. **Condutividade hidráulica do solo saturado**. 2018. Disponível em:<<http://www.gpeas.ufc.br/disc/dren/aula02.pdf>>. Acesso em: 10 Maio 2020.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2006.

DYMINSKI, A. S. **Contaminação de solos e águas subterrâneas**. 2017. Disponível em:<http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019_Contaminação_de_solos.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2020.

EMBRAPA. **Formação do Solo**. 2018. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/formacao-do-solo>>. Acesso em: 29 Dez. 2021.

EMBRAPA. **Propriedades do Solo**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/propriedades-do-solo>>. Acesso em: 29 Dez. 2021

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p

EVENSEN, K. H.; NORDH, H.; SKAAR, M. **Everyday use of urban cemeteries: A Norwegian case study**. Landscape and Urban Planning, ISSN: 0169-2046, Vol: 159, Pág: 76-84, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.019>.

FAVARETTO, B. **Enquadramento Histórico dos Cemitérios**. Jus Brasil. 2016. Disponível em:<<https://brunafavaretto.jusbrasil.com.br/artigos/426293340/enquadramento-historico-dos-cemiterios>>. Acesso em: 20 Ago. 2020.

FEPAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Arquivos digitais para uso em SIG**. 2005. Disponível em:<http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp>. Acesso em: 5 Mar. 2021.

FEPAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Portaria FEPAM nº 85/2014 - Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de**

Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAM, 2014. Disponível em:<<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf>>. Acesso em: 5 Mar. 2021.

FERRARI, J. N. et al. Cemitérios Horizontais e Verticais: peculiaridades, impactos ambientais e melhores práticas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações**, v. 13, n. 2, p. 681-688, 2015.

FICAGNA, O. **Alterações Químicas do Solo e Risco de Contaminação da Água Subterrânea em Área Cemiterial.** 2018. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, 2018.

FILHO, C. H. M. M. et al. **Desenvolvimento de Monografia a Comunicação através da Arte Tumular.** Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos (São Paulo). 2005. 120p.

FILHO, Y. A. F.; PACHECO, A. **Cemitérios de animais domésticos e impactos ambientais.** In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 18, 2010.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. Tradução: Iuri Duquia Abreu. **Para entender a terra.** Porto Alegre: Bookman, 2013. 738p.

GUERREIRO, A. **Projeção de Cemitério Jardim.** Curitiba: UFPR, 2008.

HEATH, R. C. **Basic ground-water hidrology.** Denver: Water supply paper 2240 USGS, 1982. 86p.

ISMA. IRMANDADE DE ARCANJO SÃO MIGUEL E ALMAS. **Cemitério São Miguel e Almas.** 2020. Disponível em:<<http://cemiteriosaomiguel.org.br/>>. Acesso em 08 Dez. 2021.

JORNAL METRÓPOLE. **Cemitério de Barueri se prepara para Dia de Finados com 60 mil visitas.** 2019. Disponível em: <http://www.jornalmetropole.com.br/cemiterio-de-barueri-se-prepara-para-dia-de-finados-com-60-mil-visitas/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

KEMERICH, P. D. C.; BORBA, W. F.; SILVA, R. F.; BARROS, G.; GERHARDT, A. E.; FLORES, C. E. B. Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério. **Revista Ambi-Agua**, Taubaté, Vol.7, p. 140-156, 2012.

KEMERICH, P. D. C. ; UCKER, F. E. ; BORBA, W. F. . Cemitérios Como Fonte de Contaminação Ambiental. **Scientific American Brasil**, v. 1, p. 78-81, 2012.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta.** São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

KLEIN, V. A. **Física do Solo.** 2. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2012. 240 p.

LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Campinas: Sbc, 1984. 46 p.

- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação Dos Solos**. Oficina de Textos. São Paulo. 2002.
- LIBARDI, P. L.; GAYOSO, J. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Edusp, 2005. 335 p
- LORENZO, M. **Pedologia: perfil e camadas/horizontes do solo**. 2010. Disponível em: <<https://marianaplorenzo.com/2010/10/15/pedologia-perfil-e-camadashorizontes-dos-solos/>>. Acesso em: 17 jun. 2020.
- MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. **Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000, relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2006.
- MACHADO, S. S. **Análise ambiental dos cemitérios: um desafio atual para a administração pública**. Revista de C. Humanas, v. 6, n. 1, p. 127-144, 2006.
- MAGALHÃES, F. M. G. **Cemitério de Meio Ambiente**. São Paulo, 1999, 2 ed.
- MARANGON, M. **Hidráulica dos solos**. Faculdade de Engenharia – NuGeo/Núcleo de Geotecnia Prof. M. Marangon Mecânica dos Solos II. 2017. 23p.
- MARINHO, A. M. C. P. **Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo de caso do cemitério São João Batista, Fortaleza – Ceará**. Dissertação de mestrado. Fortaleza: Centro de Ciências – Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará; 1998.
- MARQUES, J. D.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.; CRUZ JÚNIOR, O.; MARTINS, G. C. Avaliação da condutividade hidráulica saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência de solos amazônicos com diferentes coberturas vegetais. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 193-206, 2007.
- MATOS, B. A. Pacheco. **Avaliação da Ocorrência e do Transporte de Microrganismos no Aquífero Freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. 172 p.
- MIRANDA, C. A. C. **A arte de curar nos tempos da colônia**. Revista, ampliada e atualizada, 3ª edição. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2017. 528p.
- MIYAZAKI, V. K. **ESTRUTURAÇÃO DA CIDADE E MORFOLOGIA URBANA: um estudo sobre cidades de porte médio da rede urbana paulista**. 2013. São Paulo. Universidade Estadual Paulista. 307p.
- MONTEIRO, J. O. **A morte e suas representações na sociedade: a arte em desvelar o cemitério São João batista/RJ como atrativo turístico**. Dissertação – Escola de Ciências Sociais da Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2017. 174p.
- MOTTA, A. **Estilos mortuários e modos de sociabilidade em cemitérios brasileiros oitocentistas**. Horizontes Antropológicos, Porto Alegre, n. 33, p. 55-80. 2010.

NARESI JUNIOR, L. A.. **Compactação de solos.** (2018). Disponível em: <<https://sites.google.com/site/geotecniaefundacao/terraplenagem/compactacao-de-solos>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

NECKEL, A. et al. **Problema Toxicológico Ambiental: Metais pesados no solo dos cemitérios da cidade de Carazinho/RS-Brasil.** In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB, 2016, Carazinho. Disponível em:<<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/V-005.pdf>>. Acesso em: 04 Mar. 2021.

NORDH, H.; SWENSEN, G. Special Feature: Cemeteries as green urban spaces. **Urban Forestry & Urban Greening.** 2018 Vol. 33 p.56-106.

PACHECO CEM, Marinhos LW, Straceri LYA, Shatkovsky M, Iriya AS, Colucci R, Kinoshita RK. **Programa de minimização da contaminação das águas subterrâneas causada por cemitérios.** Trabalho de curso de especialização (USP), São Paulo.1993.

PACHECO, A; MENDES, J. M. B. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. **Revista do Sistema de Planejamento e administração Metropolitana,** São Paulo, n. 17, ano IV, p. 25-31. 1986.

PALMA, S. R., SILVEIRA, D. D. A Saudade ecologicamente correta: a educação ambiental e os problemas ambientais em cemitérios. **Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM.** vol.(2), nº2, p. 262 –274. 2011.

PEREIRA, E. M.; CHANG, H. K.; SOTO, M. A. A. Estimativa de alguns parâmetros de transporte de contaminantes para solos brasileiros. **Revista Geociências,** São Paulo, v. 30, n.3, p. 383-398. 2011.

POLETO, C. (Org.). **Estudos Ambientais.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2017. 192 p. (Volume 1).

QUEIROZ, E. **Cemitério da Consolação: Arte e história imortais.** 2017. Disponível em:<<https://gritopaulistano.com.br/index.php/2017/08/08/cemiterio-da-consolacao-arte-e-historia-imortais/>>. Acesso em: 14 Set. 2020.

QUINTON, J. M.; DUINKER, P. N. **Beyond burial: researching and managing cemeteries as urban green spaces, with examples from Canada.** Environmental Reviews, 2019, 27:252-262, <https://doi.org/10.1139/er-2018-0060>.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2004.

ROUTHIER, Pierre. **Voyage au monde du metal: Inventions et aventures.** 1999. Disponível em:<<https://www.amazon.fr/VOYAGE-MONDE-METALInventionsaventures/dp/2701124034>>. Acesso em: 08 jun. 2020.

SANTOS, M. M. dos. **Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR).** 2005.

159f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

SEBRAE, **Cemitério de Animais**. 2013. Disponível em: SEBRAE, Cemitério de Animais. 2013. Disponível em: Acesso em: 5/8/2013. Acesso em: 5/8/2013.

SILVA JÚNIOR, L. de.; CAETANO, L. C. **Aquíferos**.(2010) Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas--Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html>>. Acesso em: 03 de jun. de 2020.

SILVA, Robson W. C., FILHO, W. M. Geologia Ambiental. **Revista Ciência Hoje**. Universidade Estadual Paulista, São Paulo. Vol. 44, nº 263. 2009.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v.41, p.237-245, 2017.

SPONGBERG, A.; BECKS, P. Inorganic Soil Contamination from Cemetery Leachate. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 117, p. 313 - 327, 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1005186919370>

SWENSEN, G. **Between romantic historic landscapes, rational management models and obliterations – urban cemeteries as green memory sites**. Urban Forestry & Urban Greening, ISSN: 1618-8667, Vol: 33, P. 58-65. 2018.

SWENSEN, G.; NORDH, H.; BRENDALSMO, J. **A green space between life and death – a case study of activities in Gamlebyen Cemetery in Oslo, Norway**, Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography, 70:1, 41-53, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/00291951.2015.1102169>.

TOLUNA. **World’s tallest “Vertical Cemetery”, the Memorial Necrópole Ecumênica, in Santos, Brasil**. 2015. Disponível em:< <https://br.toluna.com/opinions/2663898/World-s-tallest-Vertical-Cemetery--the-Memorial-Necr%C3%B3pole?pageNum=1>>. Acesso em: 29 Dez. 2021.

TRYJANOWSKI, P.; Morelli, F.; MIKULA, P.; KRÍŠTÍN, A.; INDYKIEWICZ, P.; GRZYWACZEWSKI, G.; KRONENBERG, J.; JERZAK, L. **Bird diversity in urban green space: A large-scale analysis of differences between parks and cemeteries in Central Europe**. Urban Forestry & Urban Greening, Vol: 27, Pág. 64-271. 2017.

ÜÇİSİK A. S. RUSHBROOK, P. **The impact of the cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing. Denmark: WHO; 1998**. Disponível em:<<https://www.who.int/en/>>. Acesso em: 29 Jun. 2020.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 3050 B - Acid digestion of sediments, sludges, and soils**. (1998). Disponível em:<<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf>>. Acesso em: 21 Jan. de 2021.

VILLASEÑOR, N.R., ESCOBAR, M.A.H. **Cemeteries and biodiversity conservation in cities: how do landscape and patch-level attributes influence bird diversity in urban park cemeteries?** *Urban Ecosyst* 22, p. 1037–1046. 2019.

WEBER, E. **PL 97/2018: justificativa.** 2018. Disponível em: http://proweb.procergs.com.br/temp/PL_97_201810022022155124_jus.pdf?10/02/2022%2015:51:25. Acesso em: 04 fev. 2021.

YILMAZ, H.; Kuşak, B.; AKKEMIK, Ü. **The role of Aşiyan Cemetery (İstanbul) as a green urban space from an ecological perspective and its importance in urban plant diversity.** *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol: 33, p 92-98, 2018.

ZANDONÁ, D. M. **Diagnóstico ambiental, prospecção tecnológica e proposição de um novo modelo de gestão de cadáveres.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Paraná, 2018. 128p.