

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

LILIANE FOLLI TRINDADE

Estudo preliminar dos possíveis impactos ambientais da pandemia de COVID-19 em cemitérios: Um estudo de caso do Cemitério Municipal da Vila Formosa (SP)

São Carlos

2022

Estudo preliminar dos possíveis impactos ambientais da pandemia de COVID-19 em cemitérios: Um estudo de caso do Cemitério Municipal da Vila Formosa (SP)

Versão Corrigida

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de *Brownfields*.

Orientadora: Lélia Cristina da Rocha Soares

São Carlos

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Trindade, Liliâne Folli

Estudo preliminar dos possíveis impactos ambientais da pandemia de COVID-19 em cemitérios: Um estudo de caso do Cemitério Municipal da Vila Formosa (SP). / L. F. Trindade -- São Paulo, 2022.

49 p.

Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1.Necrópole 2.Contaminação 3.Necrochorume 4.Decomposição 5.SARS COV-2 I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente Aquele que nos deu o dom da vida e nos permite diariamente nos desconstruir, reconstruir e assim buscar fazer o nosso melhor.

Em seguida, gostaria de prestar aqui um agradecimento especial à Professora Marilda (in memoriam) cuja dedicação, preocupação e amor por sua profissão eram notórios em cada *e-mail* ou conversa. Que honra poder ter convivido e aprendido com você, com certeza seu legado será duradouro.

Aos amigos de curso, em especial ao Allan Ogura e a Jacqueline Zanin pelos grupos de estudos, trocas e paciência. Estar com vocês é sempre maravilhoso além de fazer qualquer caminho mais leve.

Às tutoras que sempre estiveram preocupadas com o nosso desenvolvimento e acompanhavam de perto nosso andamento no curso.

À Lélia por ter aceitado o desafio de me orientar em um trabalho de conclusão com um tema que eu nunca trabalhei, mas tinha muita curiosidade. Nesse sentido, agradeço também à banca examinadora: Professora Valéria Guimarães e Dr. Marcio Costa, muito obrigada pelas considerações e, principalmente, pela aula e oportunidade de aprender com vocês.

Ao Marcelo, Kimberly e Mariê, a família que eu escolhi e como tal, me ajudou durante todo o processo, especialmente lendo este trabalho as 5431365465 vezes que eu pedi. Agradeço também à minha família de sangue por ter me aguentado revendo aulas e fazendo provas em vários finais de semana que estivemos juntos, de fato, no fim dá tudo certo.

À Coordenação do curso e à Universidade de São Paulo, pela bolsa concedida. E por fim, mas não menos importante, agradeço aos professores, técnicos e demais funcionários que não tivemos contato diretamente, mas que, de alguma forma, fizeram este curso possível. Muito obrigada pela dedicação de vocês e por fazer esse curso acontecer do início ao fim!

RESUMO

TRINDADE, L. F. **Estudo preliminar dos possíveis impactos ambientais da pandemia de COVID-19 em cemitérios: Um estudo de caso do Cemitério Municipal da Vila Formosa (SP)**. 2022. 48 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de *Brownfields*) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

Em fevereiro de 2020 foi confirmado o primeiro caso de COVID-19 na cidade de São Paulo. Um mês depois esse número já havia aumentado exponencialmente, assim como o número de óbitos em decorrência dessa doença. O aumento expressivo no número de enterros acendeu um alerta sobre os possíveis reflexos da pandemia na contaminação ambiental de cemitérios e suas proximidades, como na região da Vila Formosa na cidade de São Paulo. Durante o auge da pandemia, mais de 30% dos enterros realizados na capital paulista ocorriam no Cemitério Municipal da Vila Formosa, o que gerou um aumento de mais de 50% nos sepultamentos realizados no local quando comparado aos anos anteriores. Considerando que durante o processo de decomposição diversos compostos com potencial tóxico são liberados no meio ambiente, é possível inferir que existe uma relação direta entre a quantidade de sepultamentos e a possível contaminação da área de influência dos cemitérios. Neste sentido, este trabalho se propõe a avaliar as possíveis consequências da pandemia de Covid-19 na qualidade ambiental das áreas próximas a cemitérios com foco no Cemitério Municipal da Vila Formosa, em São Paulo. Assim, a partir de um levantamento bibliográfico dos processos de decomposição dos corpos, das características hidrogeológicas da área e da sua condição ambiental, além dos números de sepultamento ocorridos desde o início da pandemia, apresentou-se uma análise preliminar com indicações das fontes de contaminação, as substâncias químicas de interesse e os possíveis receptores que estão expostos constantemente a estes contaminantes elucidando as possíveis consequências ambientais da pandemia.

Palavras-chave: Necrópole; contaminação; necrochorume; decomposição; SARS-COV-2

ABSTRACT

TRINDADE, L. F. **Preliminary study of possible environmental impacts of COVID-19 pandemic on cemeteries: A case study of the Municipal Cemetery of Vila Formosa (SP)**. 2022. 48 f. Monograph (MBA in Contaminated Areas Management, Sustainable Urban Development and Revitalization of Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

In February 2020, the first case of Covid-19 was confirmed in São Paulo, Brazil. Less than one month later the number of confirmed cases has grown exponentially as much as the number of deaths. The number of burials because of this disease turned on a red alert about the environmental contamination of cemeteries and their surroundings. This was the case of Vila Formosa's neighborhood in São Paulo. During Covid-19 pandemic peaks, Vila Formosa Municipal's Cemetery was responsible for more than 30% of burials in São Paulo city. This number was more than 50% higher than in previous years. Moreover, as people die, toxic compounds are released in the environment causing soil, air and water contamination. So, it is possible to establish a direct relationship between the number of burials and environmental contamination in cemeteries and their vicinities. Therefore, this study aimed to evaluate the Covid-19 pandemic consequences in environmental quality of Vila Formosa Municipal's Cemetery and surroundings. A review of studies and cases about human body decomposition, the number of burials since the beginning of the pandemic in São Paulo, Vila Formosa's hydrology and geology, and its environmental conditions contributed to produce a preliminary analysis pointing out the sources of contamination, chemical compounds and main receivers highlighting the environmental consequences of Covid-19 pandemic in this area.

Keywords: Necropolis; contamination; necroslurry; decomposition; SARS-COV-2.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Área de Estudo.....	25
Figura 2: Contexto litológico da Bacia do Rio Aricanduva com destaque para a área de estudo.....	27
Figura 3: Aquíferos na região da Bacia do Rio Aricanduva com destaque para a área de estudo.....	29
Figura 4: Caracterização hidrográfica da área de estudo.....	32
Figura 5: Caracterização da área de influência do Cemitério da Vila Formosa considerando um <i>buffer</i> de 500 metros.....	34
Figura 6: Imagem aérea do Cemitério Municipal da Vila Formosa em 2020 durante a pandemia.....	35
Figura 7: Imagens de satélite do Cemitério Municipal da Vila Formosa demonstrando a evolução temporal da abertura e ocupação de covas durante o primeiro semestre de 2020.	36
Figura 8: Média de sepultamentos mensais ao longo do ano dos cemitérios públicos da cidade de São Paulo e do Cemitério Municipal da Vila Formosa antes da pandemia (A) e durante a pandemia (B).	37
Figura 9: Modelo Conceitual sugerido a partir do estudo preliminar da área.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Associação Atlética
CMVF	Cemitério Municipal da Vila Formosa
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EMEI	Escola Municipal de Educação Infantil
PAHs	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos, do inglês <i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons</i>
PMSP	Prefeitura Municipal de São Paulo
POPs	Poluentes Orgânicos Persistentes
SAPAVEL	Sistema de Áreas Protegida, Áreas Verdes e Espaços Livres
SQIs	Substâncias Químicas de Interesse
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1. Dos rituais de sepultamento aos fenômenos <i>post mortem</i>	11
3.2. Aspectos legais	14
3.3. A contaminação ambiental de cemitérios e as possíveis consequências para a saúde pública.....	15
3.4. A pandemia de COVID-19 e as suas consequências nas necrópoles	18
4. MÉTODOS	20
4.1. Levantamento bibliográfico	20
4.1.1. Área de estudo	20
4.2. Elaboração de mapas	21
4.3. Caracterização da área de influência	21
4.4. Modelo conceitual	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1. Caracterização física e da qualidade ambiental da área de estudo	23
5.1.1. Informações gerais	23
5.1.2. Localização.....	24
5.1.3. Caracterização geológica	26
5.1.4. Hidrografia e hidrogeologia.....	28
5.2. Descrição da área de influência (entorno do Cemitério)	33
5.3. A pandemia de COVID-19 no contexto do Cemitério da Vila Formosa	35
5.4. Modelo conceitual	38
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Necrópoles, como também são chamados os cemitérios, são locais que geram preocupação em relação à qualidade do solo e da água subterrânea tanto localmente quanto em sua área de influência. O processo de decomposição cadavérico libera inúmeros compostos orgânicos no solo (SPONGBERG; BECKS, 2000), além disso a geração do necrochorume pode aumentar a concentração de bactérias patogênicas, vírus, íons e aminoácidos na água subterrânea (ŻYCHOWSKI, 2012).

A fim de reduzir o potencial de contaminação desses empreendimentos, alguns aspectos são elencados para que ocorra a implantação de um cemitério como a declividade da área, o tipo de solo, a espessura da camada não saturada, o nível do lençol freático, o escoamento subsuperficial e o sentido e a velocidade de fluxo (CAMPOS, 2007). Além disso, é importante que o local contenha um sistema para coletar o necrochorume e possíveis gases liberados. No Brasil, apenas em 2003 essas exigências mínimas foram contempladas pela legislação por meio da Resolução CONAMA nº335/2003 (BRASIL, 2003). Os locais construídos anteriormente à Resolução receberam um prazo para adequação das suas atividades, entretanto não há registros de que essas adequações tenham ocorrido (BAUM; BECEGATO, 2018).

Os impactos ambientais em áreas no entorno de cemitérios cujos critérios hidrogeológicos adequados não foram contemplados já podem ser verificados (BAUM; BECEGATO, 2018; CARNEIRO, 2009; CAVALER, 2019; FERREIRA et al., 2021; FINEZA et al., 2004; KEMERICH; UCKER; BORBA, 2012; MAIA LINS; LINS; LINS, 2019; MIGLIORINI, 1994). Pode-se, então, estabelecer uma relação direta entre sepultamentos e a contaminação da água subterrânea e do solo de cemitérios cuja fundação foi anterior a 2003. Nesse contexto, considerando o aumento no número de sepultamentos devido à pandemia de COVID-19, é possível inferir que os efeitos nocivos da pandemia não serão sentidos apenas na saúde pública, mas também no meio ambiente com o aumento da contaminação das áreas cemiteriais e do seu entorno. Deste modo, este trabalho propõe indicar os possíveis impactos da COVID-19 na qualidade da água e do solo de regiões ocupadas por cemitérios e seu entorno, com especial atenção à região do Cemitério de Vila Formosa (São Paulo – SP).

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

No Brasil, a prática de enterrar os corpos para que estes se decomponham naturalmente é amplamente aplicada (NECKEL et al., 2021a). No entanto, esta ação resulta na liberação de contaminantes no meio que impactam diretamente na qualidade ambiental, da biota do solo e na saúde humana (ŁUKASZUK et al., 2015). Esta situação se torna ainda mais crítica quando se tem um aumento número de enterros, uma vez que pode-se inferir uma relação direta entre a quantidade de sepultamentos e a extensão da contaminação ambiental pelos cemitérios. Assim, o aumento na mortalidade em decorrência da pandemia de COVID-19 gera uma preocupação sobre a intensificação dos impactos ambientais gerados por cemitérios. Neste sentido, considerando a cidade de São Paulo, esta monografia possui como objetivo principal apresentar um modelo conceitual, produto de um estudo preliminar, para um dos principais cemitérios da cidade (Cemitério Municipal da Vila Formosa), e seu entorno, considerando o aumento de enterros causados pela pandemia de COVID-19 como fator para a intensificação dos impactos ambientais e contaminação da área.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Dos rituais de sepultamento aos fenômenos *post mortem*¹

Os rituais e a prática de sepultamento daqueles que faleceram são um dos hábitos mais antigos da humanidade com registros que datam desde a Pré-história (RODRIGUES, 2014). No entanto, a forma e o local com que os corpos são sepultados têm mudado significativamente, especialmente com a expansão do Cristianismo (LINS; LINS, 2020)². Atualmente, os corpos são embalsamados para a realização dos velórios (CANNING; SZMIGIN, 2010) e o enterro ocorre em covas abertas ao nível do solo em locais cada vez mais afastados das cidades (REZENDE, 2000).

O sepultamento nestas covas ao nível do chão é característico de cemitérios horizontais do tipo jardim ou parque em que o corpo é disposto em valas com profundidade entre 1 a 1,5 m cobertas com o próprio solo do local (CAMPOS, 2007). Neste tipo de sepultamento, o contato do caixão diretamente com o solo a baixas profundidades intensifica a taxa de oxidação, o que acelera os processos de decomposição dos corpos (PACHECO, 2000). No entanto, outros como temperatura, umidade do solo, pH e pressão parcial de oxigênio (SUTHERLAND et al., 2013) ou ainda características específicas do corpo como idade, constituição corporal (porcentagem de gordura, água e músculos), causa da morte, entre outros (OLIVEIRA et al., 2013) também podem influenciar na velocidade de decomposição.

Embora as velocidades de decomposição possam ser diferentes, os processos são os mesmos uma vez que todos os corpos apresentam modos semelhantes de degradação. (HAU et al., 2014). A tanatologia³ descreve a morte como um processo, sendo caracterizada por transformações que ocorrem ao longo do tempo e não por um evento pontual (SAUKKO; KNIGHT, 2004). Neste sentido, o corpo começa a passar por alterações assim que ocorre a morte. Nas primeiras horas a temperatura

¹ Do latim post = após e *mortem* = morte.

² É válido informar que como grande parte das referências utilizadas, se não todas, tem origem e/ou influência eurocêntrica, a forma de sepultamento, os locais, e a cultura religiosa dominante estão descritas de acordo com o utilizado nestas regiões. Assim, não foram considerados nesta revisão os costumes culturais dos indígenas, aborígenes, africanos, entre outros cujos hábitos culturais podem ser diferentes.

³ Do grego *thanatos* = morte e *logia* = estudo, assim, a tanatologia é a ciência responsável por estudar a morte em termos de mecanismos e as mudanças corporais que ocorrem após a morte.

corporal abaixa até a temperatura ambiente (*algor mortis*), os músculos enrijecem (*rigor mortis*) e o sangue passa a se depositar nas partes mais baixas do corpo pela ação da força da gravidade (*livor mortis*) (MATHUR; AGRAWAL, 2011). Embora esses fenômenos abióticos sejam importantes para a decomposição, especialmente por evidenciarem a morte, são os fenômenos cadavéricos destrutivos que provocam as principais alterações no corpo (MARTIN; VERHEGGEN, 2018). Entre tais fenômenos, destacam-se a autólise e a putrefação.

A autólise é marcada pela falta de oxigenação, o que leva a processos anaeróbios, que provocam a redução do pH causando a ruptura das células e a liberação das enzimas hidrolíticas intracelulares no meio (HAU et al., 2014). Órgãos ricos em lisossomos, água e enzimas digestivas como o estômago costumam ser os primeiros a apresentar sinais de autólise (TSOKOS; BYARD, 2016). Embora a autólise não conte com a ação de bactérias ou fungos no geral, ela é importante para facilitar a ação de microrganismos nos demais processos (JANAWAY; PERCIVAL; WILSON, 2009). Neste estágio da decomposição, o cadáver apresenta um odor característico ainda imperceptível pelo olfato humano, mas que já é capaz de atrair alguns insetos que começam a se acumular no corpo (IOAN et al., 2017).

A putrefação é o processo degenerativo com maior ocorrência em cemitérios, em que os órgãos e tecidos moles são degradados pela ação de microrganismos e insetos (CAMPOBASSO; DI VELLA; INTRONA, 2001; HAU et al., 2014; SHEDGE et al., 2021; TSOKOS; BYARD, 2016). Inicialmente, a putrefação ocorre em paralelo com a autólise, à medida que seus estágios evoluem, ela se torna o processo predominante (MARTIN; VERHEGGEN, 2018). Os microrganismos presentes no meio passam a migrar para o corpo, e vice-versa (DENT; FORBES; STUART, 2004). Uma vez que as defesas naturais do corpo não existem mais, o crescimento desses microrganismos é facilitado, especialmente pela alta disponibilidade de alimento como carboidratos e proteínas que foram liberados pela autólise (SHEDGE et al., 2021).

Os primeiros sinais da putrefação são observados a partir da mudança de coloração do corpo para um tom esverdeado, principalmente na região abdominal (IOAN et al., 2017; JANAWAY; PERCIVAL; WILSON, 2009; VASS, 2001). Durante a autólise ocorre a produção de gás sulfídrico que reage com a hemoglobina formando a sulfametahemoglobina, o que provoca manchas verdes no corpo (TSOKOS; BYARD, 2016). Aos poucos, esse tom esverdeado se espalha para toda a parede

abdominal, peito, membros, face até atingir todo o corpo, podendo evoluir para um tom enegrecido ao longo do tempo (MATHUR; AGRAWAL, 2011; VASS, 2001). Devido às alterações observadas, esta fase é denominada de coloração ou cromática (PACHECO, 2000).

Além do gás sulfídrico, a fermentação anaeróbia também produz compostos orgânicos voláteis (COV) e outros gases como o dióxido de carbono, hidrogênio, metano, amônia e dióxido de enxofre (STATHEROPOULOS; SPILIOPOULOU; AGAPIOU, 2005). Consequentemente, essa etapa da putrefação é denominada de fase gasosa (PACHECO, 2000). É nessa fase que a cadaverina e putrescina, responsáveis pelo odor podre característico de carne em decomposição, são produzidas (LINS; LINS, 2020). A produção de gases provoca um agigantamento do corpo, até que estes comecem a sair pelas cavidades e fissuras corporais até a completa liberação por meio de rompimentos da pele (JANAWAY; PERCIVAL; WILSON, 2009; TSOKOS; BYARD, 2016; VASS, 2001). Com o corpo exposto, os microrganismos, artrópodes e insetos tem o acesso ao seu interior facilitado o que acelera o processo de decomposição (HAU et al., 2014).

Uma vez que a maior parte do corpo humano é formado de água, para que ocorra a sua decomposição, é necessário que esta água seja eliminada o que ocorre na forma de um outro líquido: o necrochorume (FOGAÇA NETO; PINTO JÚNIOR; SILVA, 2019). Assim, após a fase gasosa, inicia-se a fase coliquativa caracterizada por uma ação intensa da fauna cadavérica (microrganismos, larvas e insetos) que decompõe os órgãos, ligamentos e tecidos do cadáver transformando-os no necrochorume (DENT; FORBES; STUART, 2004; PACHECO, 2000; PARKINSON et al., 2009; SHEDGE et al., 2021). Este tipo de chorume é uma massa líquida viscosa, de coloração castanho-acinzentada, com variado grau de patogenicidade, podendo apresentar em sua composição metais (caixões), formaldeído (embalsamento), corantes (maquiagem funerária) e resquícios de tratamentos hospitalares (SILVA; FILHO, 2009).

Por fim, inicia-se a última fase da putrefação, a esqueletização, em que ocorre o desmonte do esqueleto até que apenas os tecidos mais resistentes dos ossos, dentes, e cartilagens permaneçam (CAMPOS, 2007; DENT; FORBES; STUART, 2004; GOFF, 2010). Neste sentido, a velocidade de decomposição diminui assim que ocorre uma redução dos tecidos moles e o necrochorume formado é drenado

(MATHUR; AGRAWAL, 2011). Apesar de nesta fase não haver a produção de necrochorume, com a decomposição das estruturas ósseas ocorre a liberação de minerais para o meio (GONÇALVES et al., 2021). Segundo Pacheco (2000), locais com pH ácido provocam a destruição do esqueleto, enquanto aqueles ricos em calcário o conservam.

3.2. Aspectos legais

Entre as principais questões ambientais relacionadas à implantação de cemitérios está a existência de legislações que regulamentem a sua instalação. No Brasil, a grande maioria dos cemitérios públicos foram construídos antes mesmo que existisse qualquer tipo de legislação que indicasse critérios para a escolha do local, especialmente para preservação da qualidade do solo, água subterrânea e minimização de riscos à saúde pública (SANTOS, 2013).

As orientações para o licenciamento ambiental de cemitérios em território brasileiro são recentes, tendo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) apresentado as orientações a nível federal apenas em 2003 com a Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003. Estas diretrizes foram complementadas em 2006, com a Resolução CONAMA nº 368, de 28 de março de 2006. Assim, entre os diversos critérios definidos para a instalação de cemitérios horizontais, as Resoluções CONAMA 335/2003 e 368/2006 apresentam as seguintes orientações:

- A distância entre o nível inferior das sepulturas em relação ao lençol freático com medição realizada durante o maior nível do lençol freático (ao fim da estação de cheia) deverá ser de pelo menos 1,5 m;
- Técnicas que permitam as trocas gasosas para que seja permitida a decomposição adequada dos corpos devem ser adotadas;
- Recuo mínimo de 5 m do perímetro do cemitério, podendo ser maior dependendo dos aspectos hidrogeológicos do local;
- Documento que ateste a averbação da Reserva Legal;
- Estudos da fauna e flora quando o empreendimento tiver tamanho superior a 100 ha;

- Distância segura entre a área de implantação dos cemitérios e corpos d'água definida com base em critérios divulgados pelo órgão licenciador responsável;
- Sistema de drenagem para as águas pluviais de modo a evitar erosões;
- Permeabilidade do solo entre a região das sepulturas e o lençol freático com materiais que apresentem uma permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s;
- Corpos envoltos em mantas ou urnas mortuárias biodegradáveis;
- Destinação adequada dos resíduos sólidos não humanos recuperados durante a exumação;
- Caso encerradas as atividades, o local deverá ser utilizado como parque público, empreendimento de utilidade pública ou ainda que apresente interesse social.

A determinação de prazo para regulamentação dos cemitérios implantados antes da primeira Resolução (2003), surgiu apenas em 2008 com a Resolução CONAMA nº 402, de 17 de novembro de 2008. Para tanto, foi definido como prazo dezembro de 2010 para a adequação dos locais já existentes. Assim, caso as diretrizes estabelecidas pelas Resoluções não fossem cumpridas, o responsável legal poderia responder de acordo com as penalidades definidas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (CAMPOS, 2007). No entanto, especialistas da área descrevem que apesar da existência destas Resoluções, muitas das diretrizes apresentadas não são aplicáveis para os cemitérios construídos antes da sua deliberação (SANTOS, 2013), o que os mantém na ilegalidade (CAMPOS, 2007). No Estado de São Paulo, por exemplo, o prazo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 402/2008 para regularização da documentação dos cemitérios já existentes em 2003, não foi atendido por nenhum dos cemitérios (SANTOS, 2013).

3.3. A contaminação ambiental de cemitérios e as possíveis consequências para a saúde pública

A geração de compostos tóxicos pelos processos de decomposição dos corpos representa um grande risco ao meio ambiente e à saúde pública (CAMPOS, 2007;

FOGAÇA NETO; PINTO JÚNIOR; SILVA, 2019; NECKEL et al., 2017). Cemitérios sem quaisquer tipos de tratamento ou gerenciamento dos efluentes e gases e/ou com disposição incorreta dos corpos são capazes de contaminar tanto diretamente quanto indiretamente o solo, água subterrânea e o ar (RÊGO et al., 2021). Entre os maiores responsáveis pelas contaminações nas áreas de cemitério e seu entorno está o necrochorume cuja formação ocorre durante a fase coliquativa da putrefação (CAMPOS, 2007; FRANCISCO et al., 2017; PACHECO, 2000).

O necrochorume é um líquido viscoso mais denso do que a água ($1,23 \text{ g/cm}^3$) responsável pela geração de plumas de contaminação que podem caminhar a longas distâncias (CAMPOS, 2007; SILVA; FILHO, 2009). Em média, cada 1 kg de massa do corpo do cadáver gera 600 mL de necrochorume (CARNEIRO, 2009) formado por água (60%), sais minerais (30%) e substâncias orgânicas degradáveis, além de vírus e bactérias responsáveis pelo elevado grau de patogenicidade (OLIVEIRA et al., 2013; SILVA; FILHO, 2009). Entre as diversas substâncias presentes no necrochorume, destacam-se a putrescina e a cadaverina por seu efeito tóxico (DENT; FORBES; STUART, 2004) e sem antídoto conhecido (COSTA et al., 2021).

A putrescina e a cadaverina são aminas biogênicas⁴ geradas a partir da descarboxilação⁵ da lisina e ornitina, respectivamente (CARDOZO et al., 2013). A lisina é um aminoácido essencial para o ser humano atuando nas funções imunológicas, enquanto a ornitina, embora não seja essencial, tem influência nas funções hepáticas do corpo humano (FOGAÇA NETO; PINTO JÚNIOR; SILVA, 2019). Segundo Cardozo et al. (2013) estes aminoácidos tem atuação como neurotransmissores estando presente em todos os seres humanos. A ingestão ou contato de água contaminada com cadaverina e putrescina pode resultar em doenças altamente infecciosas como a hepatite C e a febre tifoide (ŻYCHOWSKI, 2012).

Ao ser gerado nos processos de decomposição, o necrochorume pode percolar no solo atingindo o nível freático sendo a água subterrânea a principal via de contato da população com o necrochorume. Além disso, a mobilidade do necrochorume pode ser intensificada pela ação da água das chuvas (PACHECO, 2000), o que faz com que locais com altas pluviosidade estejam sob maior risco de contaminação

⁴ São chamadas de biogênicas por terem origem biológica com ocorrência em microrganismos, plantas e animais e apresentarem diferentes funções fisiológicas (CARDOZO et al., 2013).

⁵ Perda do radical carboxila ($\text{O}=\text{C}-\text{OH}$) pela ação de microrganismos.

(WILLIAMS et al., 2009). Assim, apenas as urnas mortuárias completamente lacradas são capazes impedir a percolação do necrochorume (DENT; FORBES; STUART, 2004; WILLIAMS et al., 2009).

Outro fator relevante é a altura do lençol freático, sendo as principais fontes de contaminação ocorrem nos locais onde as sepulturas estão localizadas nas cotas mais baixas e próximas do nível d'água (TERRA; PRATTE-SANTOS; FREIRE, 2008). Um estudo realizado nos cemitérios da Cracóvia (Polônia), por exemplo, verificou que os impactos decorrentes da presença de cemitérios eram extremamente baixos devido à grande distância entre as sepulturas e a água subterrânea e a baixa variação do nível do lençol freático (ŻYCHOWSKI, 2011), o que não é observado na maior parte dos cemitérios localizados no Brasil (ŻYCHOWSKI, 2012).

Locais cuja sepultura está localizada em áreas de alta umidade ou com nível do lençol freático próximo às sepulturas devem ser evitados, a menos que estudos hidrogeológicos demonstrem a inexistência de riscos nessas regiões (OLIVEIRA et al., 2013). A profundidade do lençol freático está diretamente relacionada com a espessura da zona não saturada o que junto da permeabilidade do solo interferem diretamente na mobilidade dos contaminantes (WHO, 1998). Pacheco et al. (1991), observou uma menor concentração de bactérias na água subterrânea de cemitérios instalados em locais com solo menos permeável (argiloso) quando comparados a cemitérios em áreas com maior permeabilidade (solo arenoso). A baixa velocidade de percolação em solos mais finos contribui para sua retenção ou ainda para a depuração dos contaminantes (OLIVEIRA et al., 2013).

A evolução dos processos de decomposição também contribui para reduzir a carga de contaminantes liberados para o meio, sendo que as sepulturas mais novas são os alvos de maior preocupação. Segundo Terra, Pratte-Santos e Freire (2008) as sepulturas com menos de um ano configuram as principais fontes de contaminação do solo e da água subterrânea. Desse modo, os cemitérios que reutilizam as sepulturas resultam na renovação constante da sua fonte de contaminação.

Além do necrochorume, outros contaminantes comuns da atividade cemiterial são os compostos presentes nas roupas e urnas funerárias como tecidos sintéticos, corantes, plásticos e metais (WILLIAMS et al., 2009). Altas concentrações de zinco, cobre, chumbo e ferro foram observadas em áreas utilizadas para enterros, com decaimento destas concentrações a medida que se distanciava dos locais de

sepultamento (FIEDLER et al., 2012). Em estudo realizado em três diferentes cemitérios na cidade de Carazinho (RS), foi verificada concentrações de cobre superiores às permitidas pela legislação, indicando a necessidade de sistemas de tratamento para minimização dos impactos (NECKEL et al., 2021b).

3.4. A pandemia de COVID-19 e as suas consequências nas necrópoles

No final de 2019, a China apresentou o primeiro caso de Covid-19 em Wuhan. Devido à elevada gravidade, patogenicidade e facilidade de transmissão do vírus, em pouco tempo, casos da doença já haviam sido observados nos demais países do globo terrestre (NEJATI-ZARNAQI; SAHEBI; JAHANGIRI, 2021). Na América do Sul, apesar de ter chegado tardiamente, quando comparado aos países do hemisfério Norte, a doença protagonizou cenas aterrorizantes como os casos de abandono e acúmulo de corpos nas ruas do Equador (BURKI, 2020).

No Brasil, o primeiro caso de Covid-19 foi confirmado na cidade de São Paulo (SP) em fevereiro de 2020 (CANDIDO et al., 2020). O óbito de um homem idoso foi o primeiro a ser confirmado no país, em março de 2020, também em São Paulo (SP) (CAVALCANTE et al., 2020). Em fevereiro de 2022, cerca de dois anos após a confirmação do primeiro caso, o país registra mais de 27,6 milhões de casos confirmados e 639 mil óbitos (JOHN HOPKINGS, 2022). Entre os mortos, destacam-se aqueles enquadrados no que foi chamado grupo de risco sendo idosos, hipertensos, diabéticos, obesos, fumantes e imunossuprimidos (KIND; CORDEIRO, 2020).

Com o aumento de óbitos no país, faltaram espaços para a realização de novos sepultamentos o que causou uma corrida para a abertura de novas covas (TOSCAN et al., 2021). Em São Paulo, como parte do plano de contingência funerário criado pela Prefeitura foram abertas 3 mil covas no cemitério São Luís, 8 mil no cemitério da Vila Formosa e mais de 2 mil no cemitério da Vila Nova Cachoeirinha (SANJURJO; NADAI; AZEVEDO, 2020). Neste sentido, é possível inferir que o aumento de óbitos e, conseqüentemente, sepultamentos, em virtude da pandemia de Covid-19 terá um efeito direto na contaminação do ar, solo e água subterrânea decorrente das atividades cemiteriais. Com isso, os riscos à saúde da população que mora no entorno ou ainda frequenta os cemitérios e suas áreas próximas, aumentam.

Outro fator é a possibilidade de contrair a própria doença. Com os processos de decomposição, os vírus presentes no corpo daqueles que foram a óbito são liberados juntamente com o necrochorume para o solo e a água subterrânea. Segundo Williams et al. (2009) esta situação é especialmente significativa para pandemias causadas por vírus como a influenza já que o vírus não fica aprisionado no corpo durante a sua decomposição. Seetulsingh, Kannangar e Richman (2020) descrevem o caso de um homem que chegou ao hospital com sintomas da Covid-19, mas com exames negativos, testando positivo apenas em sua autópsia, realizada após 27 dias de sua morte. Esta situação chama atenção pela resistência do vírus no corpo humano, mesmo após o óbito do seu hospedeiro. Estudo realizado por Toscan et al. (2021), por exemplo, demonstrou a possibilidade da contaminação de Covid-19 pelo ar por cemitérios localizados em áreas urbanas.

4. MÉTODOS

4.1. Levantamento bibliográfico

Nesta monografia, o levantamento bibliográfico teve uma função tripla: 1. Apresentar um contexto sobre como ocorre a decomposição de um cadáver (quais são os processos, os contaminantes gerados, como estes interagem com o meio e os resultados desta interação em termos de impactos ambientais); 2. Promover um melhor entendimento da área de estudo (histórico, localização, informações sobre hidrologia, geologia e estudos ambientais já realizados na área com dados sobre eventuais contaminações na área decorrentes da presença do cemitério); 3. Dados a respeito da pandemia de COVID-19 e como esta afetou a dinâmica nos cemitérios da cidade, com especial enfoque ao Cemitério municipal da Vila Formosa.

4.1.1. Área de estudo

Para fins de levantamento bibliográfico, foram consultados livros que tratavam sobre os processos de decomposição de corpos, cemitérios, a influência destes no meio ambiente e, especificamente, sobre o Cemitério Municipal da Vila Formosa (CMVF) localizado na cidade de São Paulo (SP). Neste contexto, destaca-se o livro escrito pelo geógrafo Eduardo Morgado Rezende sob o título “Metrópole da Morte, Necrópole da Vida” (REZENDE, 2000). O livro apresenta histórico sobre os cemitérios da cidade de São Paulo, a formação do CMVF e a função que este desempenha atualmente dentro do bairro da Vila Formosa.

Plataformas de busca de artigos científicos e trabalhos acadêmicos como *Springer*, *Web of Science*, *Scopus*, *Scielo* e *Google Scholar* também foram utilizadas. Com estas plataformas, buscou-se principalmente artigos que trouxessem mais informações sobre os processos de decomposição de corpos, em especial sobre a formação e possível composição do necrochorume, sobre a geografia do local de estudo e estudos ambientais em cemitérios que discorriam sobre possíveis contaminações nestes locais e suas fontes.

Informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Ambiental Paulista (DataGeo), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Prefeitura Municipal de São Paulo e seu portal com dados georreferenciados

(GeoSampa) também foram utilizadas ou pelo menos, consultadas. Estas plataformas foram essenciais para a caracterização da área de estudo e obtenção de *shapefiles* que permitissem a elaboração de mapas por ferramentas de geoprocessamento como o *Software QGis3* (4.2. Elaboração de mapas).

Os bancos de dados das universidades brasileiras também foram utilizados para consulta de trabalhos acadêmicos (teses, dissertações e/ou trabalhos de conclusão de curso) acerca da temática trabalhada nesta monografia. O destaque aqui se dá para trabalhos na área de geografia que possuísem maiores informações acerca do meio físico da região que se encontra a área de estudo. Assim, os assuntos mais procurados envolviam a Formação Resende, o Aquífero São Paulo, Bacia do Rio Aricanduva, entre outros.

4.2. Elaboração de mapas

A elaboração dos mapas foi feita a partir de arquivos *shapefiles* com dados georreferenciadas sobre hidrografia, geologia, localização, bacias hidrográficas, entre outros, da região metropolitana de São Paulo, disponíveis nas plataformas citadas no item “4.1. Levantamento bibliográfico”. Para tanto, foi utilizado o *software* livre de informação geográfica *QGIS3* para tratamento dos arquivos. O Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) utilizado foi o SIGAS 2000 com coordenadas UTM Fuso 23S

4.3. Caracterização da área de influência

Para caracterização da área de influência, foi realizado um contorno de 500 m em torno da área de estudo por meio do QGIS3. Assim, foi avaliado as diferentes ocupações dentro dessa área delimitada a fim de identificar quais poderiam influenciar a área de estudo ou serem influenciadas por ela.

Neste contexto, a última versão da “Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo” (dezembro/2020) disponibilizada pela CETESB foi consultada (CETESB, 2020). Foram consideradas as áreas em processo de remediação, contaminadas com risco confirmado e contaminada sob investigação que se encontravam dentro da área de influência do Cemitério. Os demais locais foram analisados e demarcados de acordo com imagens de satélite disponibilizadas pelo *Google Earth*.

4.4. Modelo conceitual

O modelo conceitual foi elaborado seguindo as determinações da Decisão da Diretoria da CETESB nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017, além da norma ABNT NBR 16210 (2022) sobre os procedimentos para o modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas contendo assim:

- Relato escrito dos possíveis processos de transporte das substâncias químicas de interesse incluindo fontes potenciais, primárias e secundárias de contaminação além dos receptores potenciais ou efetivos;
- Representação gráfica dos processos relatados por escrito;

Por se tratar de um estudo preliminar cuja base de informações foi unicamente o levantamento bibliográfico e histórico, tanto o relato por escrito quanto a representação gráfica relatam as situações possíveis de ocorrerem no local, não sendo estas, portanto, confirmadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Caracterização física e da qualidade ambiental da área de estudo

5.1.1. Informações gerais

O Cemitério Municipal da Vila Formosa foi fundado em 1949 na cidade de São Paulo (SP), a partir da desapropriação de uma área de 765.000 m² entre os bairros da Vila Formosa e Vila Carrão (Decreto municipal nº 361, de 6 de outubro de 1942). Apesar das diversas tentativas da Prefeitura municipal de São Paulo (PMSP) para conceder a gestão do CMVF à iniciativa privada (VIEIRA, 2020), sua gestão continua sendo pública. Devido à extensão do cemitério, a administração é facilitada pela divisão da área em duas partes administrativas: o Cemitério da Vila Formosa I e o Cemitério da Vila Formosa II (REZENDE, 2000). No entanto, na prática o Cemitério funciona como um núcleo único sendo o maior Cemitério da América Latina e o segundo maior do mundo até o momento (FUCHS, 2019). A escolha do local se deu pela distância que este apresentava em relação ao centro urbano, podendo funcionar como um limite para a expansão do município (REZENDE, 2000). Contudo, com o crescimento da cidade, o Cemitério não só deixou de servir como fronteira como passou a compor a malha urbana da cidade que cresceu além dos seus limites.

Em 2015, o local já possuía mais de 110 mil sepulturas (SANTOS; FERES; MATSUMOTO, 2015) com o funcionamento sob o regime de “permissão para uso”, ou seja, após um período do sepultamento os resíduos cadavéricos são removidos para a liberação do local para outro sepultamento (FUCHS, 2019; REZENDE, 2000; SANTOS; FERES; MATSUMOTO, 2015). Este fator é ainda justificado pelos baixos valores cobrados, principalmente quando comparados a outros locais da cidade. Assim, o Cemitério acaba sendo mais utilizado pelas classes C, D e E, o que contribui para classificar o local como uma necrópole popular (CENTRAL FUNERÁRIA, c2022). Nestes moldes de regime de uso, verifica-se que o Cemitério apresenta muito mais uma função sanitária de servir para a decomposição de corpos do que social e afetiva para aqueles que necessitam das suas instalações. Além disso, o local se mostra como uma fonte ativa e constante de contaminação ambiental, uma vez que não existem relatos ou informações disponíveis sobre quaisquer instrumentos de

contenção da contaminação tais como impermeabilização do solo, tratamento dos gases gerados, entre outros.

Em 2015, mais de 1,5 milhões de sepultamentos já haviam sido realizados no local, com uma média de 35 sepultamentos por dia (SANTOS; FERES; MATSUMOTO, 2015). Os administradores do CMVF estimam que mais de 30 mil pessoas frequentam o local por mês para os enterros ou visitas e mais de 500 mil vão ao local no Dia de Finados (FUCHS, 2019). No entanto, os números passam a ser maiores quando considera-se também aqueles que utilizam o cemitério para atividades não fúnebres como corrida, andar de bicicleta e ambiente para brincadeiras para as crianças da região (REZENDE, 2000).

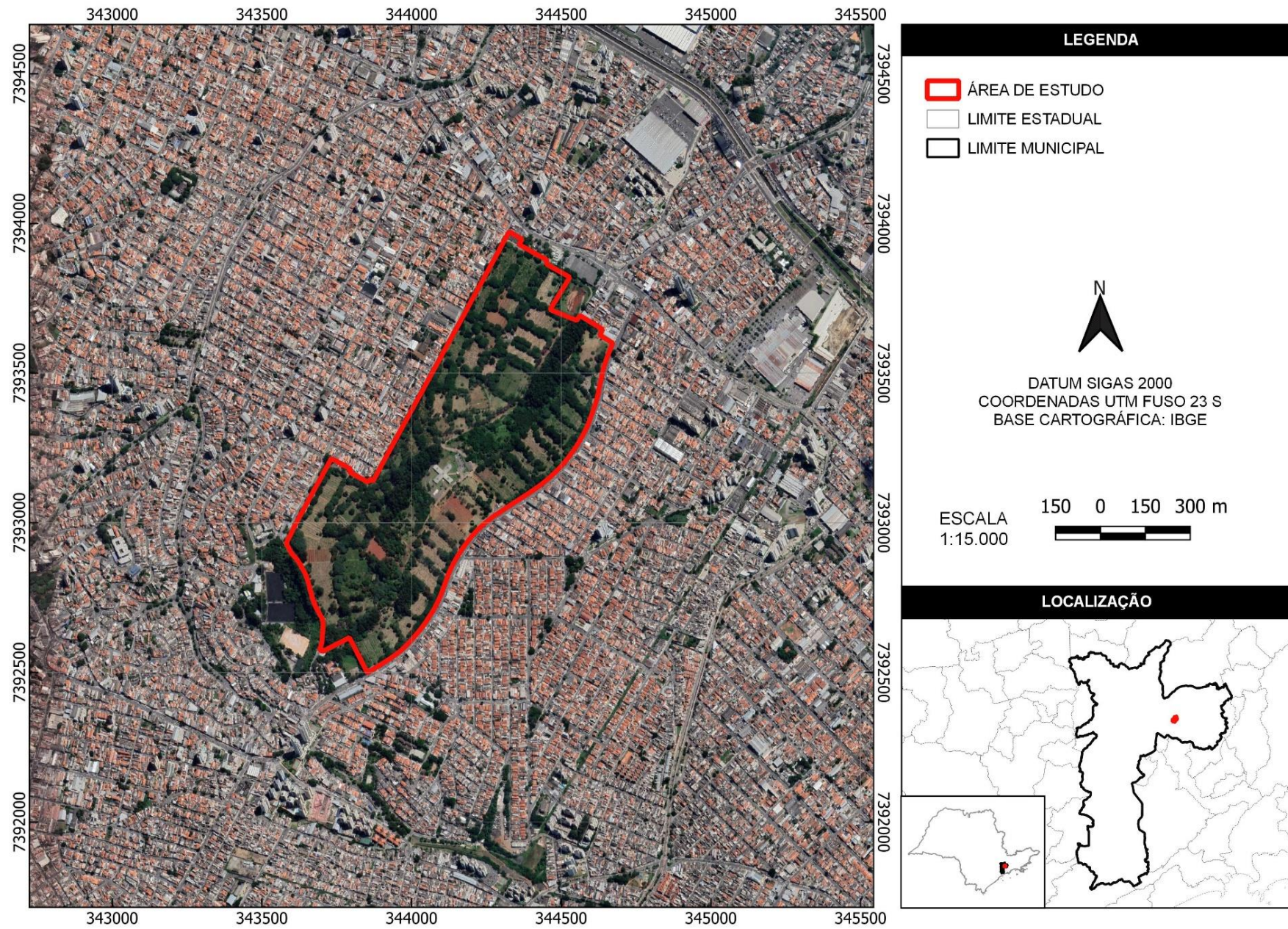
Por estas razões, a Prefeitura Municipal de São Paulo tem a intenção de transformar muitas das necrópoles paulistanas em cemitérios-parque. Na última versão⁶ do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, por exemplo, a Prefeitura estabelece a participação dos cemitérios municipais no Sistema de Áreas Protegida, Áreas Verdes e Espaços Livres (SAPAVEL) de modo a ampliar as áreas verdes disponíveis para lazer da população (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014a). Neste cenário, o CMVF é apresentado no Plano Diretor como um “parque em planejamento” (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014a). Ainda em 2015, foi inaugurada uma trilha ambiental com 1,5 km de extensão dentro do cemitério como parte do programa Memória & Vida criado pela Prefeitura paulistana e forma de implementar estes planos (SUBPREFEITURA ARICANDUVA, 2015). Assim, é possível sugerir que o fluxo diário de pessoas na área do Cemitério tende a aumentar, aumentando, assim, a quantidade de pessoas dentro de uma área potencialmente contaminada.

5.1.2. Localização

O Cemitério Municipal da Vila Formosa está localizado na região urbana da Cidade de São Paulo sob gestão da Subprefeitura Aricanduva-Formosa-Carrão (Figura 1). Embora esteja localizado no bairro da Vila Formosa, o local se encontra dentro do distrito administrativo do Carrão, o qual possui uma densidade demográfica

⁶ A versão a qual o texto se refere é a de 31 de julho de 2014, porém, sabe-se que o Plano Diretor se encontra em revisão com previsão de publicação para ainda este ano.

Figura 1: Localização da Área de Estudo.



Fonte: Próprio autor.

média de 110 habitantes por hectare (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014b).

O bairro fica localizado na porção sudeste da capital paulista, tendo pertencido ao Tatuapé até 1963. Atualmente é considerado uma das áreas mais arborizadas da cidade, em grande parte pela presença do Cemitério, que é compreendido como área verde pela Prefeitura paulista (PREFEITURA MUNICIPAL DA CIDADE DE SÃO PAULO, c2017b; REZENDE, 2000).

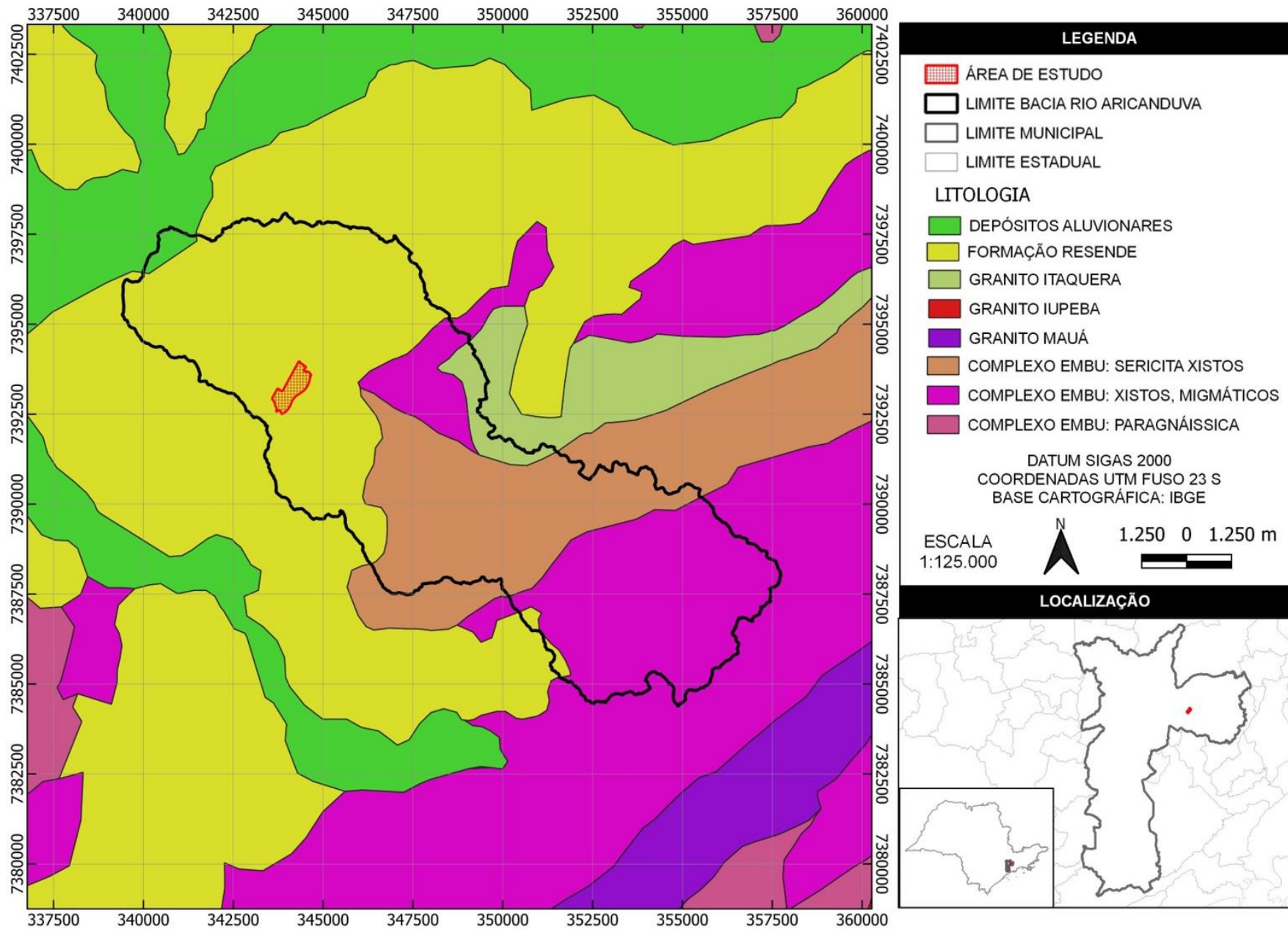
Os registros de localização do Cemitério estão relacionados com as suas áreas administrativas. Assim, o Cemitério Vila Formosa I está localizado na Av. Flor de Vila Formosa, s/n e o Cemitério Vila Formosa II na Av. João XXIII, 2537 (PREFEITURA MUNICIPAL DA CIDADE DE SÃO PAULO, c2017a). Além de acessos localizados nestes dois logradouros, outra entrada está localizada na Praça Estevam Ribeiro Neto (FUCHS, 2019). Em termos de zoneamento urbano, o Plano Diretor da Cidade indica que o local está localizado em uma Zona de Ocupação Especial definida para locais cujas atividades exijam uma “disciplina especial para uso e ocupação do solo” (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014b).

5.1.3. Caracterização geológica

Em termos de geologia, o CMVF está localizado na Bacia Sedimentar de São Paulo (MIGLIORINI, 1994) que é composta pelas formações Tremembé, Resende e São Paulo, o chamado Grupo Taubaté (CAMPOS et al., 2002). A área de estudo, em específico, está localizada sobre a Formação Resende, como pode ser observado na (Figura 2), cuja caracterização se dá a partir de depósitos aluviais e planícies de inundação (CARVALHO, 2020). Na área de estudo e seu entorno, o sedimento terciário cuja textura predominante é argila, silte e areia fina é o que aparece em maior proporção (MIGLIORINI, 1994).

A contaminação do solo pelos processos de putrefação é comum em cemitérios que não possuem as medidas de proteção ambientais adequadas, especialmente naqueles cujos sepultamentos ocorrem em valas abertas diretamente no solo (KEMERICH; UCKER; BORBA, 2012). A constituição do solo desempenha um papel fundamental na velocidade de decomposição dos corpos, na filtração do

Figura 2: Contexto litológico da Bacia do Rio Aricanduva com destaque para a área de estudo.



Fonte: Próprio autor.

necrochorume e carreamento de microrganismos para o lençol freático (KEMERICH et al., 2012). Solos moles ou constituídos de materiais mais grossos, como pedregulhos e cascalhos, não são indicados, assim como aqueles localizados em terrenos planos (USLU; BARI; ERDOAN, 2009).

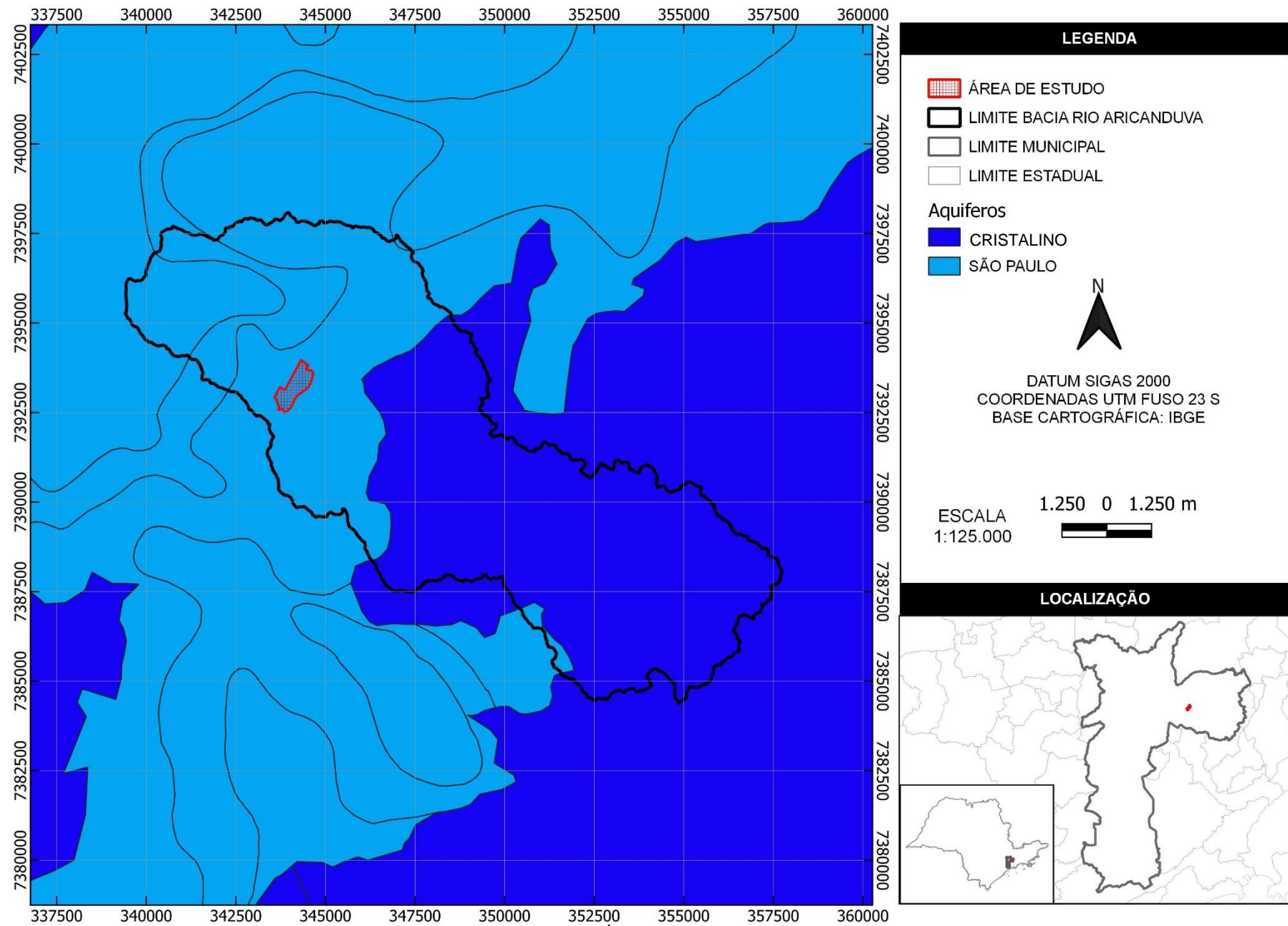
Assim, analisando a descrição do solo e da geologia da área de estudo, ainda que existam as questões com o aquífero e a altura da água subterrânea, é possível inferir que o solo do CMVF está de acordo com as condições necessárias para implantação de cemitérios. O estudo de Pacheco et al. (1991), por exemplo, demonstra como essas características geológicas contribuíram para que o Cemitério da Vila Formosa apresentasse menores concentrações bacteriológicas na água subterrânea do que o Cemitério da Vila Nova Cachoeirinha e da Areia Branca. Assim, embora os três cemitérios apresentassem contaminações na sua água subterrânea, as menores concentrações encontradas no CMVF podem estar diretamente relacionadas à sua formação geológica como apontam os autores.

5.1.4. Hidrografia e hidrogeologia

Em termos hidrográficos, o Cemitério da Vila Formosa está localizado na região da Bacia do Rio Aricanduva (Figura 3), uma das maiores bacias da região com uma área superior a 100 km² (DANTAS; CANIL, 2017). A canalização do rio Aricanduva reduziu as suas sinuosidades, e conseqüentemente a área da sua planície de inundação, resultando no aumento de enchentes na região (SIMAS, 2017). Paralelamente, também ocorreu a ocupação das planícies fluviais, contribuindo para o aumento da impermeabilização da área e redução da taxa de infiltração da bacia (LISTO, 2011). Como consequência, o escoamento superficial, arraste de sedimentos, processos de assoreamento e efeitos destrutivos das chuvas aumentaram.

Estes fenômenos podem ser observados diretamente no CMVF. Em visita para reportagem sobre o local, por exemplo, os repórteres Fábio, Elisa e Victória verificaram a presença de ossadas espalhadas pelo terreno que possivelmente foram arrastadas da exumação de alguma sepultura pelas chuvas dos dias anteriores à visita (SANTOS; FERES; MATSUMOTO, 2015). Nas imediações do Cemitério, ainda, foi construído um piscinão como forma de amortizar as enchentes da região (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014b). Além disso, segundo a PMSP a existência do próprio cemitério

Figura 3: Aquíferos na região da Bacia do Rio Aricanduva com destaque para a área de estudo.



acaba funcionando como uma zona de amortização de enchentes por permitir a infiltração da água da chuva em seu solo (SUBPREFEITURA ARICANDUVA, 2015).

Além das alterações no canal principal da bacia, verifica-se que os afluentes também sofreram com as ações antrópicas. Na área de estudo, o mapa que demarca os corpos hídricos indica a presença do Córrego da Água Rasa, que passa exatamente pelo meio do Cemitério, desaguando no Rio Aricanduva. No entanto, segundo Fuchs (2019), as áreas marginais ao Córrego não são utilizadas para enterros como forma de evitar contaminações do corpo hídrico por necrochorume.

Em contrapartida, para aproveitar a área, o Córrego foi canalizado e foi criada uma trilha ambiental ao longo de sua extensão (5.1.1. Informações gerais) que passa por diversos pontos do local, entre eles uma nascente (SUBPREFEITURA ARICANDUVA, 2015). Segundo a Subprefeitura de Aricanduva (2015), apesar da nascente se encontrar dentro dos limites do cemitério, esta não sofre riscos de contaminação por se encontrar canalizada, lacrada e, portanto, protegida contra influências externas. Entretanto, não fica muito claro com as informações disponibilizadas pela PMSP como as obras de canalização do CMVF podem contribuir para a proteção do Córrego e da Nascente de eventuais contaminações.

Em relação ao nível de água subterrâneo, um estudo de geofísica realizado por Mendes et al. (1989), verifica uma variação entre 4 e 12 metros no nível d'água subterrâneo, o que, segundo os autores, sugere a presença de um aquífero suspenso na região. Posteriormente, Migliorini (1994) também avaliou a profundidade do nível d'água, mas por poços de monitoramento, e observou profundidades que variaram de zero a 5,5 metros de profundidade, concordando com Mendes et al. (1989) sobre a existência de aquífero suspenso na região. De acordo com Migliorini (1994) ainda, este aquífero pode ser o responsável pela nascente na região.

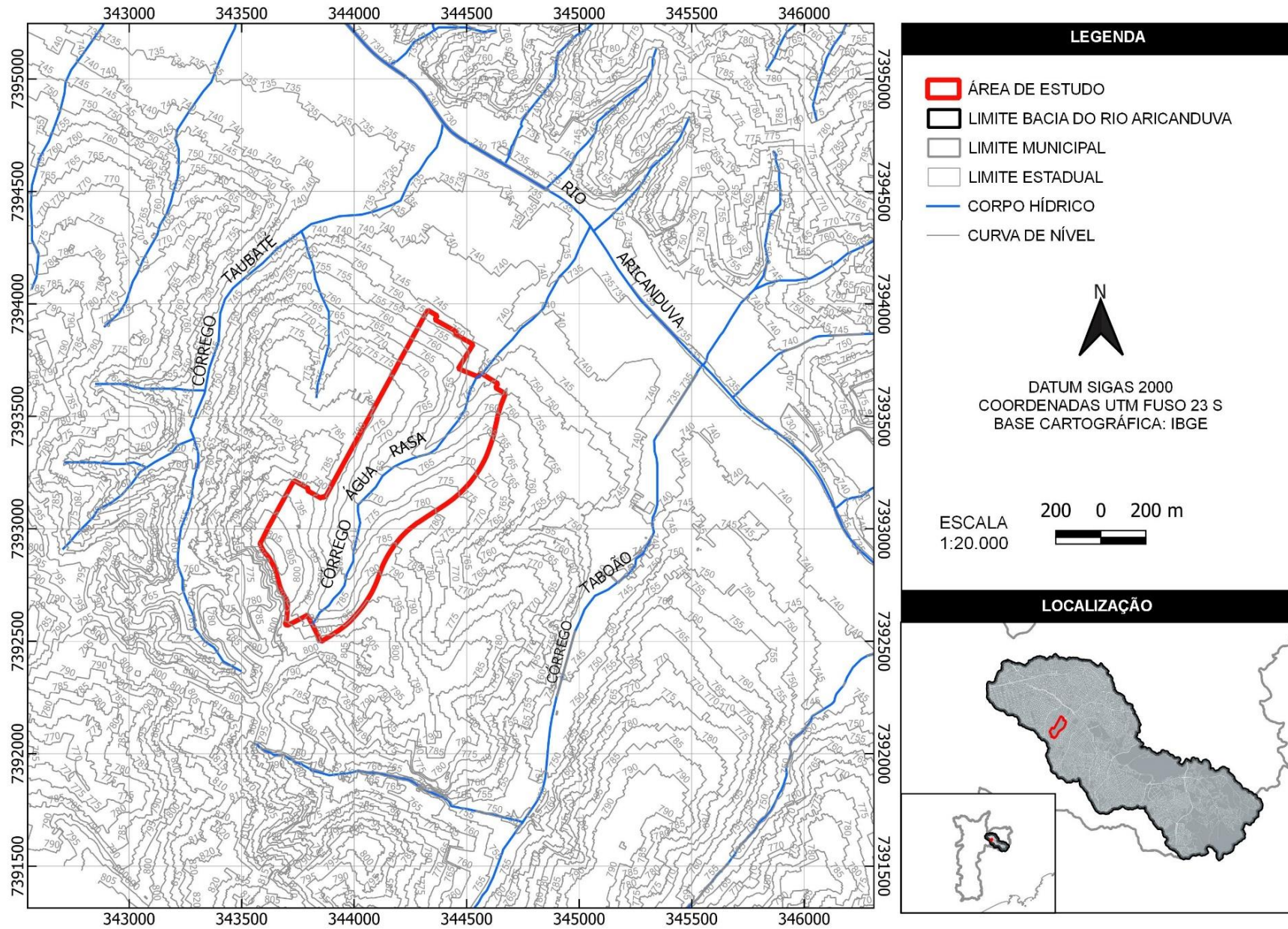
A profundidade do nível d'água, em especial nos pontos que este aflora no terreno, alerta sobre a suscetibilidade de contaminação da água subterrânea pelo necrochorume. Um estudo conduzido por Pacheco et al. (1991) entre janeiro e dezembro de 1989, demonstrou que embora as análises bacteriológicas do CMVF apresentem os menores valores de contaminação da água subterrânea quando comparadas a outros cemitérios, ainda estavam fora dos padrões higiênicos e sanitários desejáveis. Além disso, os pesquisadores ainda indicaram um forte odor proveniente das águas coletadas como mais um indicativo de sua contaminação.

De modo geral, o estudo conduzido por Migliorini (1994) com a instalação de nove poços de amostragem distribuídos entre a fonte de contaminação, dentro e fora (análise de *background*) do cemitério, demonstrou que a presença do cemitério causou influência nas concentrações de íons, compostos nitrogenados e metais pesados da água subterrânea da região. Neste sentido, o autor estima que os elevados valores de nitrato decorrem do processo de decomposição orgânica dos corpos. Já o desprendimento de materiais utilizados na elaboração dos caixões, pode ser a causa das altas concentrações de metais observadas.

Neste sentido, a Figura 3 apresenta informações sobre as formações de aquíferos presentes na região, com destaque para a área de estudo que está inserida no aquífero São Paulo. Este aquífero sedimentar possui uma área superior a 1.000 km² e compreende praticamente toda a região da cidade de São Paulo (ROCHA et al., 2006). Além disso, o aquífero é do tipo livre, logo, sua recarga ocorre nas zonas de infiltração da água superficial (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014). Os aquíferos livres são os mais vulneráveis à contaminação, principalmente por estarem mais suscetíveis a compostos que infiltram pela zona não saturada.

Em termos de escoamento da água subterrânea, não foi possível definir o sentido do fluxo a partir dos materiais e informações obtidas. Entretanto, considerando que tanto o Córrego da Água Rasa quanto o Rio Aricanduva são cursos d'água alimentados pela água subterrânea, que nesse caso tem relação direta com o aquífero livre, é possível inferir que o fluxo subterrâneo ocorre em direção a estes rios (Figura 4). Assim, contaminações da água subterrânea por necrochorume podem não só reduzir a qualidade da água subterrânea como afetar a qualidade hidrológica desses corpos d'água também.

Figura 4: Caracterização hidrográfica da área de estudo.



Elaboração: Próprio autor.

5.2. Descrição da área de influência (entorno do Cemitério)

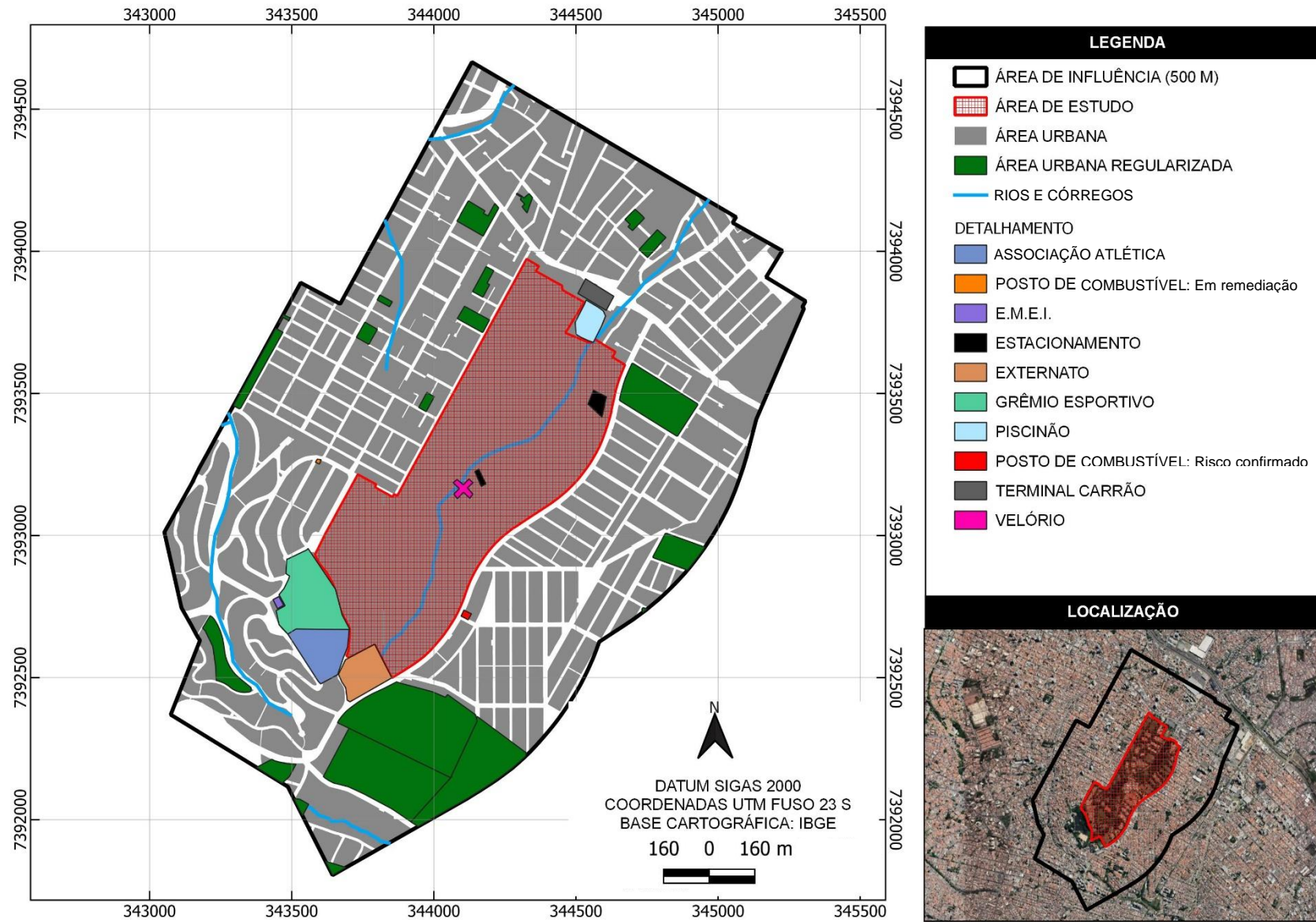
Ao analisar a “Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo” disponível no acervo da CETESB, foram encontrados dois locais situados dentro dos 500 metros definidos como área de influência da área de estudo (Figura 5). O primeiro deles é o Posto de Combustível “Auto Posto 4 azes LTDA” situado na porção Sudoeste do Cemitério. O risco de contaminação já foi confirmado e atualmente a área do Posto está sob processo de investigação detalhada e montagem do plano de intervenção. A contaminação é decorrente do vazamento de solventes aromáticos e combustíveis automotivos do tanque de armazenagem, tendo sido verificada nas águas subterrâneas dentro da propriedade. Para este caso não foi observada a presença de fase livre ou de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs).

A outra área identificada também se trata de um posto de combustível (Super Posto Royal LTDA), localizado ao Leste do CMVF. O Posto está na etapa de investigação confirmatória do processo de gerenciamento de áreas contaminadas. A fonte de contaminação também é o tanque de armazenagem com vazamento de solventes aromáticos, combustível automotivo e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs) afetando a água subterrânea dentro da propriedade.

Apesar destes dois locais estarem inseridos dentro da área de influência, entende-se que pela atividade executada os riscos que estes podem apresentar ao Cemitério são baixos, ainda que existentes. Isso porquê apesar da contaminação ter sido verificada, o processo de gerenciamento já foi iniciado. Além disso, nos dois casos, a contaminação foi observada apenas dentro dos limites das propriedades destes locais e na água subterrânea.

Em relação ao entorno do Cemitério, a maior parte deste é ocupado por áreas residenciais, demonstrando como cidade de São Paulo se urbanizou para além dos limites da área de estudo. Apenas uma parte desta área encontra-se regularizada pela PMSP (Figura 5). Em relação à área residencial, aquelas localizadas a frente do Cemitério, em especial no entorno do Córrego Água Rasa são as que causam maior preocupação quando se considera o possível sentido do fluxo da água subterrânea e, conseqüentemente da contaminação na zona saturada. Outros pontos de atenção

Figura 5: Caracterização da área de influência do Cemitério da Vila Formosa considerando um *buffer* de 500 metros.



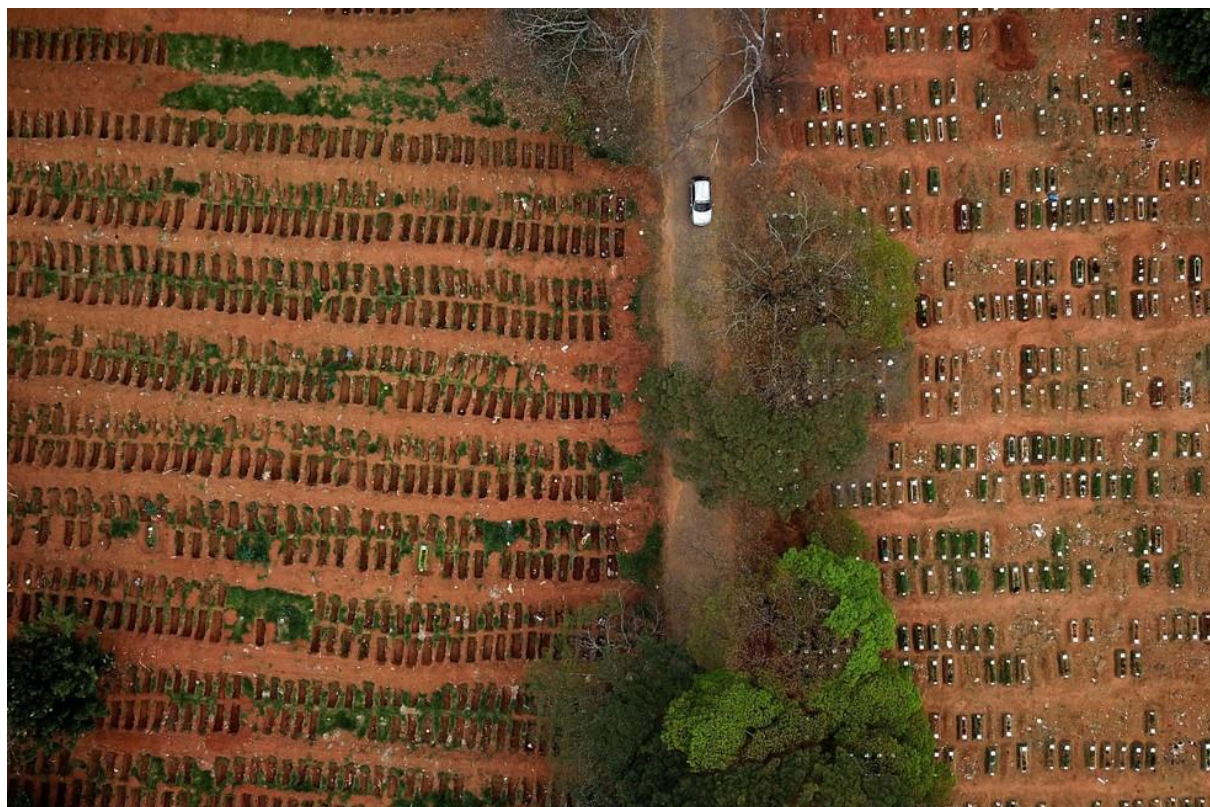
Fonte: Próprio autor.

são uma Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) e um Externato localizados na porção Sul do Cemitério. Ao Norte, também fazendo fronteira com o CMVF estão um piscinão e o Terminal de ônibus do Carrão. Na área interna ao Cemitério, em termos de área construída, os locais de maior preocupação são as áreas fechadas, uma vez que pode ocorrer acúmulo de gases tóxicos nestes locais.

5.3. A pandemia de COVID-19 no contexto do Cemitério da Vila Formosa

Apesar das possíveis subnotificações por parte dos órgãos públicos, é incontestável que a quantidade de óbitos no país teve influência direta da pandemia de COVID-19. No Cemitério da Vila Formosa, o número de enterros diários sofreu um aumento de cerca de 30% na primeira metade de 2020 (CALMON, 2020). Imagens aéreas do CMVF publicadas nos veículos de reportagem brasileiros chamaram a atenção pela quantidade de covas abertas (Figura 6). Cerca de 100 covas eram abertas diariamente, o que permitiu dobrar a capacidade do cemitério em relação ao período anterior à pandemia (CALMON, 2020).

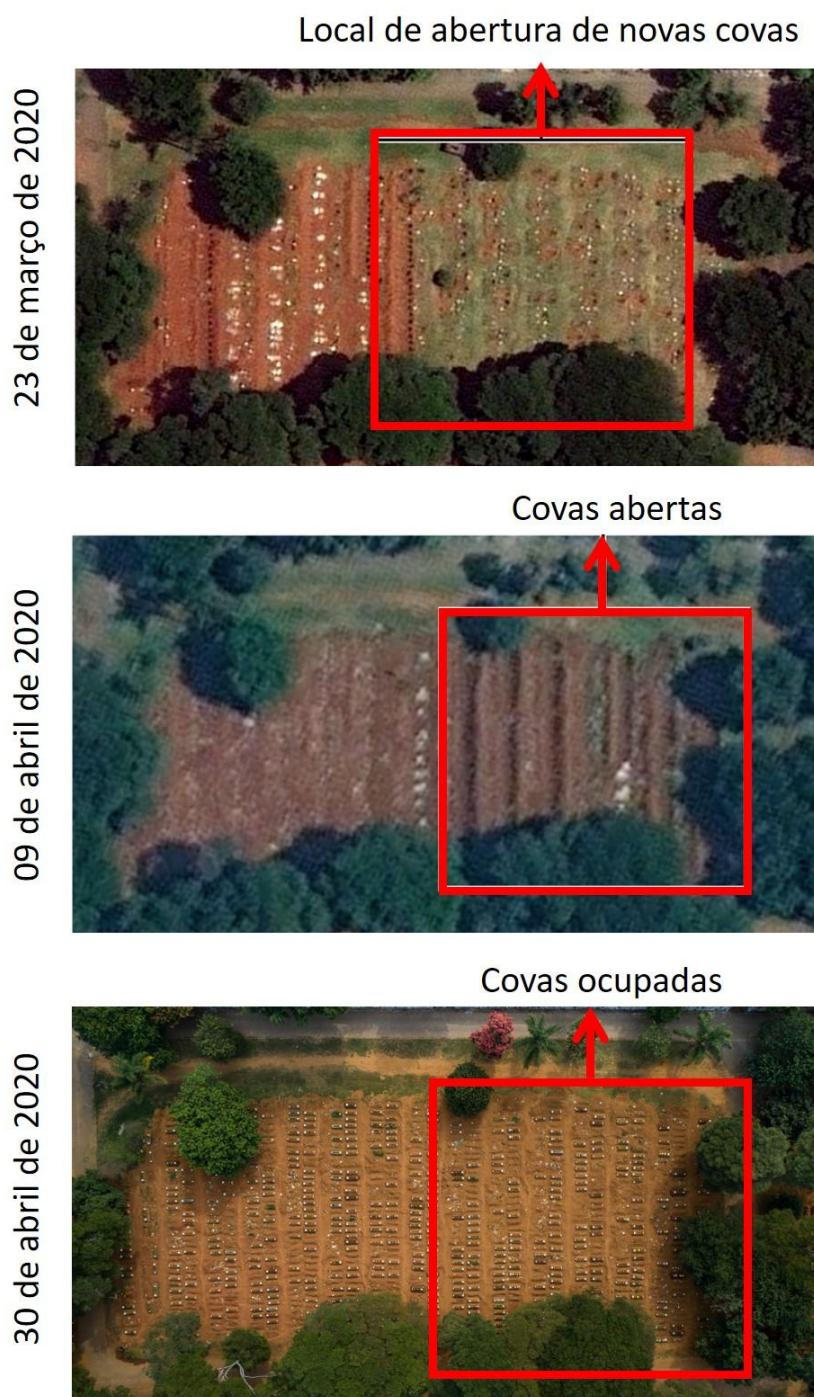
Figura 6: Imagem aérea do Cemitério Municipal da Vila Formosa em 2020 durante a pandemia.



Fonte: G1 (2020),

A Folha de São Paulo (DUCROQUET; FRAISSAT; SANTOS, 2020) publicou imagens aéreas obtidas a partir de satélite do Cemitério Municipal da Vila Formosa (Figura 7). Nas imagens, é possível verificar que entre a abertura de covas e a ocupação destes espaços se passou pouco mais de um mês.

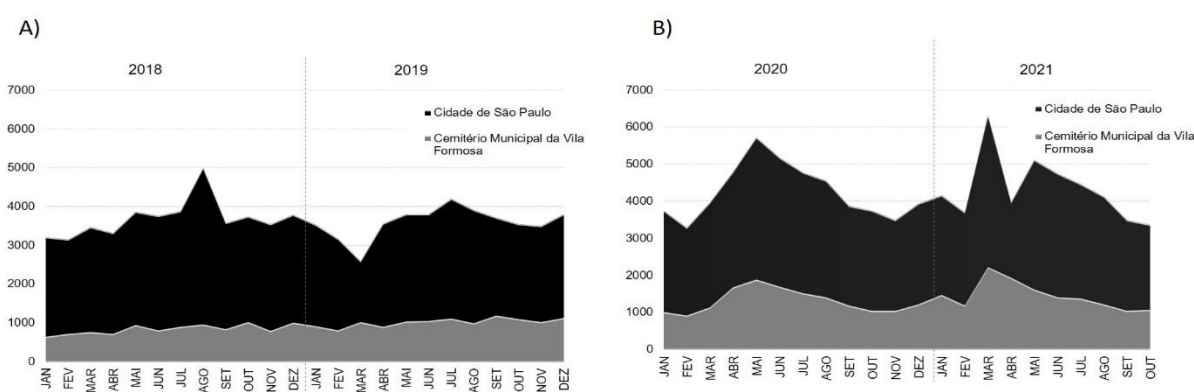
Figura 7: Imagens de satélite do Cemitério Municipal da Vila Formosa demonstrando a evolução temporal da abertura e ocupação de covas durante o primeiro semestre de 2020.



Fonte: Folhapress (DUCROQUET; FRAISSAT; SANTOS, 2020).

Na cidade de São Paulo, entre março de 2020⁷ e outubro de 2021, foi verificado um aumento de 21% nos sepultamentos médios mensais (Figura 8) em relação aos dois anos anteriores (2018 e 2019). Entretanto, os dados fornecidos pelo Serviço Funerário da cidade de São Paulo indicam que considerando apenas o CMVF o aumento médio foi de 54%. Neste período, o Cemitério passou a ser responsável por mais de 30% dos enterros realizados nos cemitérios públicos de São Paulo, enquanto no período anterior à pandemia esse número era de 25%. Sanjurjo, Nadai e Azevedo (2020) justificam o aumento da porcentagem de enterros realizados no CMVF pelo fato deste cemitério ser um dos pontos de referência para sepultamentos indicados no plano de contingência funerário apresentado pela Prefeitura.

Figura 8: Média de sepultamentos mensais ao longo do ano dos cemitérios públicos da cidade de São Paulo e do Cemitério Municipal da Vila Formosa antes da pandemia (A) e durante a pandemia (B).



Fonte: Dados fornecidos pelo Serviço Funerário do Município de São Paulo.

Entretanto, é válido observar que os critérios para definição dos cemitérios presentes neste plano foram unicamente sanitários, não sendo observadas as condições ambientais destes locais e as consequências destas escolhas. Cemitérios, que tem como princípio de funcionalmente a decomposição natural do corpo no solo, representam grandes riscos ao meio ambiente devido à liberação de fluídos (necrochorume e gases) contendo vírus, bactérias, metais pesados e fármacos que entram em contato com o solo e a água subterrânea (SILVA; FILHO, 2009). Estas situações são intensificadas quando o local é operado sob o regime de permissão para uso em que as covas são reutilizadas, resultando na renovação da fonte de contaminação. (FUCHS, 2019).

⁷ Mês em que foi confirmado o primeiro óbito como consequência da Covid-19 no município de São Paulo.

A Figura 8 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** permite observar que no período anterior à pandemia a média de sepultamentos mensais era de 927 enterros, enquanto após março de 2020, essa média subiu para mais de 1.400 sepultamentos. Neste sentido, considerando que o corpo de um ser humano médio de aproximadamente 70 kg produz 30 L de necrochorume ao ser decomposto (NECKEL et al., 2021a), para cada mês dentro do cenário da pandemia, cerca de 14,6 m³ de necrochorume são produzidos além dos 27,8 m³ que já são gerados rotineiramente pelas atividades do CMVF. O aumento no aporte de contaminantes pode comprometer ainda mais a qualidade do solo, água subterrânea além de intensificar os riscos à saúde que os moradores da vizinhança do cemitério e os frequentadores desse lugar podem estar expostos.

5.4. Modelo conceitual

O modelo conceitual foi elaborado com o objetivo de elucidar os possíveis riscos apresentados à saúde humana para aqueles que, de alguma forma, estão sujeitos ao contato ou exposição com os contaminantes gerados no Cemitério. Assim, após o levantamento bibliográfico, análise da área de estudo, área de entorno e informações sobre as atividades realizadas no local, além dos compostos gerados, um modelo esquemático é apresentado na Figura 9. O modelo busca apresentar tanto os processos que podem ocorrer dentro da área do Cemitério, quanto nas residências localizadas dentro da área de influência da área de estudo (raio de 500 m). Na área do Cemitério, define-se o corpo em decomposição como a fonte primária de contaminação a partir do qual são liberadas as substâncias químicas de interesse ao longo dos processos de putrefação.

Entre as substâncias químicas de interesse estão compostos nitrogenados como amônia, nitrito e nitrato os quais estão presentes na composição do necrochorume. A forma como o nitrogênio se encontra e a concentração dos compostos nitrogenados é diretamente dependente do ciclo de decomposição que o corpo se encontra. Nos sepultamentos mais recentes, por exemplo, a concentração destes nutrientes é maior (MIGLIORINI, 1994). No necrochorume também podem estar presentes formaldeído proveniente do processo de embalsamento do corpo, matéria orgânica decorrente da decomposição do cadáver, fármacos não degradados, vírus e bactérias. Metais liberados pelos materiais utilizados na construção dos

caixões também podem ser encontrados. Entre os compostos voláteis, é possível observar a presença de metano, hidrogênio, dióxido de carbono e COVs. Existem ainda as substâncias biológicas que também representam um risco elevado como vírus e bactérias, especialmente neste cenário em que algumas fontes de contaminação podem existir justamente em decorrência desses microrganismos.

Estas substâncias podem ser carregadas para o solo subsuperficial por processos de percolação do necrochorume no solo até chegar à água subterrânea (fonte secundária), em que são transportadas de acordo com o fluxo subterrâneo. No caso dos gases e compostos orgânicos voláteis, estes podem ser liberados na atmosfera se o subsolo permitir essa troca gasosa ou pelo menos a liberação destes compostos. Livres na atmosfera, os gases podem ser transportados para outras áreas pelo vento ou ainda, acumular em locais fechados como as instalações administrativas ou o próprio velório do Cemitério. Apesar de esta situação também configurar um risco, entende-se que pela quantidade de gases liberadas, caso sejam dispersos pelo vento, os riscos decaem acentuadamente. Outro fator de risco é o próprio vírus responsável pela Covid-19, especialmente pela ausência de estudos sobre seu comportamento e permanência em solos e água subterrâneas. Yang et al. (2022) descrevem a permanência do SARS-COV-2 por mais de 15 dias na água residuária de hospitais e mais de 19 dias nas estações de tratamento de esgoto da cidade de Beijing (China), mesmo após ter sido declarado o fim da pandemia no país.

Logo, dentro das imediações do cemitério, são considerados possíveis receptores aqueles que trabalham nos cemitérios tendo contato direto com o solo e com a água subterrânea (caminhos de exposição). A via de ingresso nesse caso seria apenas o contato dérmico do solo subsuperficial, uma vez que a fonte de contaminação não está exposta a céu aberto. Em termos dos gases e compostos voláteis, a inalação é a principal via de ingresso. A inalação desses compostos pode não ser uma questão apenas para os funcionários, mas também para aqueles que frequentam o local. Para estes frequentadores, ainda que os riscos sejam baixos devido ao pouco tempo de exposição, são existentes e devem ser levados em consideração. Por fim, ainda nas imediações do cemitério, tem-se como risco a possível concentração de gases e COVs em locais fechados como é o caso do velório e dos edifícios administrativos.

Nas áreas vizinhas ao Cemitério, o principal caminho de exposição é a água subterrânea. Nesses casos, são possíveis vias de ingresso a ingestão dessa água (poços) ou o contato dérmico. O contato pode ocorrer tanto a partir da água dos poços quanto nas regiões próximas aos corpos hídricos em que a profundidade da água subterrânea tende a ser menor podendo existir afloramentos, ou ainda em situações de enchentes como é comum na região da Bacia do Rio Aricanduva (5.1.4. Hidrografia e hidrogeologia). A Tabela 1 apresenta, resumidamente, as informações obtidas ao longo do levantamento realizado para este estudo.

Tabela 1: Resumo das informações presentes no modelo conceitual (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Área sob análise	Fontes Primárias		Mecanismos de liberação
Cemitério Municipal da Vila Formosa dividido em: Cemitério Municipal da Vila Formosa I e Cemitério Municipal da Vila Formosa II	Sepulturas		Percolação e lixiviação
	Fontes Secundárias		Mecanismos de liberação
	Água subterrânea e solo subsuperficial		Dispersão hidrodinâmica do necrochorume e evaporação dos compostos voláteis
	Transporte dos contaminantes		Receptores
	Água da chuva (lixiviação do necrochorume) e água subterrânea		Trabalhadores do cemitério, especialmente coveiros; Moradores das residências da área de influência; frequentadores do cemitério
	Caminhos de exposição		Vias de ingresso
	Água subterrânea		Solo subsuperficial: contato dérmico e inalação Água subterrânea: ingestão e contato dérmico
	Substâncias Químicas de Interesse (SQIs)	Inorgânicos	
		Metais, hidrogênio, sulfeto, cálcio e fósforo	
		Orgânicos	
		Formaldeído, metano, COVs, cadaverina e putrescina	
		Biológicos	
		Coliformes, <i>Clostridium</i> , bactérias heterotróficas, <i>E. Colli</i> , SARS-COV-2 e outros vírus.	
		Emergentes	
		Fármacos	
	Incertezas	Perfil geológico da região, nível d'água subterrânea, velocidade e sentido do fluxo da água subterrânea, locais com nível d'água aflorante, extensão da contaminação já presente na área.	

Figura 9: Modelo Conceitual sugerido a partir do estudo preliminar da área.



Fonte: Próprio autor

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O estudo preliminar envolvendo o Cemitério da Vila Formosa teve como objetivo principal avaliar a situação da área em termos de potencial contaminação. Para isso foram realizados levantamentos bibliográficos a fim de entender como o local poderia causar a contaminação do meio e com estudos já realizados, principalmente na área de estudo, indicando a sua qualidade ambiental. Assim, foi possível verificar:

- Cemitérios implementados em discordância com os critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº 368 são fontes ativas de contaminação ambiental. O que é agravado quando estes funcionam sob o regime de permissão para uso servindo apenas como local para decomposição de corpos;
- Aumento massivo no número de sepultamentos eleva a intensidade da contaminação em cemitérios por concentrar um alto número de corpos no mesmo local com processos de decomposição ocorrendo em períodos muito próximos e/ou iguais;
- O Cemitério Municipal da Vila Formosa já apresenta indícios de contaminação, embora menores do que outros cemitérios da cidade de São Paulo, possivelmente devido às características pedológicas;
- A presença de aquífero livre, conforme reportado em estudos anteriores, se revela como um ponto de atenção para a contaminação no CMVF;
- Carência de estudos atuais que avaliem a qualidade ambiental atual da região do CMVF e suas imediações.

Neste sentido, recomenda-se a realização de campanhas de monitoramento que avaliem a contaminação da área e a sua evolução. Além disso, indica-se a realização de estudos que busquem a mitigação destes impactos uma vez que a extinção da fonte de contaminação não é uma opção dentro da dinâmica da cidade e da importância estratégica do local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUM, C.; BECEGATO, V. A. A atividade cemiterial nos municípios brasileiros: Impactos ambientais, ordenamento jurídico e perspectivas futuras. **Sustainability in Debate**, v. 9, n. 3, p. 160–170, 28 dez. 2018.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 402 de 17 de novembro de 2008. Dispõe sobre o licenciamento de cemitérios. Brasília, 2008.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, 2003.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 368 de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução nº335, de 3 de abril de 2003. Brasília, 2006.
- BURKI, T. COVID-19 in Latin America. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 20, n. 5, p. 547–548, 1 maio 2020.
- CALMON, M. Considerations of coronavirus (COVID-19) impact and the management of the dead in Brazil. **Forensic Science International: Reports**, v. 2, p. 100110, 1 dez. 2020.
- CAMPOBASSO, C. P.; DI VELLA, G.; INTRONA, F. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. **Forensic Science International**, Forensic Entomology. v. 120, n. 1, p. 18–27, 15 ago. 2001.
- CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 5 jul. 2007.
- CAMPOS, J. E. et al. SÍNTESE DO CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO. **Águas Subterrâneas**, 26 jul. 2002.
- CANDIDO, D. D. S. et al. Routes for COVID-19 importation in Brazil. **Journal of Travel Medicine**, v. 27, n. 3, p. taaa042, 18 maio 2020.
- CANNING, L.; SZMIGIN, I. Death and disposal: The universal, environmental dilemma. **Journal of Marketing Management**, v. 26, n. 11–12, p. 1129–1142, 5 out. 2010.
- CARDOZO, M. et al. Aminas Biogênicas: Um Problema de Saúde Pública. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 2, p. 149–168, 6 mar. 2013.
- CARNEIRO, V. S. IMPACTOS CAUSADOS POR NECROCHORUME DE CEMITÉRIOS: MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA. **Águas Subterrâneas**, 19 jul. 2009.

- CARVALHO, M. DE O. **Aplicação de litogeoquímica, isótopos de Sm-Nd e Sr e datação U-Pb de zircão detrítico para estudos de proveniência dos sedimentos aluviais da Bacia de Resende**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 21 dez. 2020.
- CAVALCANTE, J. R. et al. COVID-19 no Brasil: evolução da epidemia até a semana epidemiológica 20 de 2020. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, 10 ago. 2020.
- CAVALER, G. T. DE C. Avaliação hidrogeológica de áreas de atividades cemiteriais. 21 fev. 2019.
- CENTRAL FUNERÁRIA. **Cemitério Vila Formosa**. Disponível em: <<https://centralfuneraria.co/cemiterio-vila-formosa/>>. Acesso em: 27 nov. 2021.
- CETESB. **Relação de áreas contaminadas | Áreas Contaminadas**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- COSTA, D. R. et al. **A PROBLEMÁTICA DA POLUIÇÃO CAUSADA POR MEIO DOS CEMITÉRIOS TRADICIONAIS**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Salvador: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2021.
- DANTAS, C. G.; CANIL, K. Identificação e mapeamento de áreas suscetíveis a inundação na bacia do Aricanduva – SP utilizando o algoritmo descritor de terreno HAND. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 4045–4055, 2017.
- Decreto municipal nº 361, de 6 de outubro de 1942. 361. 6 out. 1942.
- DENT, B. B.; FORBES, S. L.; STUART, B. H. Review of human decomposition processes in soil. **Environmental Geology**, v. 45, n. 4, p. 576–585, 1 fev. 2004.
- DUCROQUET, S.; FRAISSAT, Z.; SANTOS, B. **Cemitérios em tempos de coronavírus - Cotidiano - Folha de S.Paulo**. Disponível em: <<https://arte.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/05/04/cemiterios-covid-19/>>. Acesso em: 17 out. 2021.
- FERREIRA, T. C. et al. Análise dos impactos e potencial de danos da composição e percolação do necrochorume no solo / Analysis of the impacts and damage potential of the composition and percolation of the effluent on the soil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 25094–25112, 12 mar. 2021.
- FIEDLER, S. et al. Graveyards — Special landfills. **Science of The Total Environment**, v. 419, p. 90–97, 1 mar. 2012.
- FINEZA, A. G. et al. Impacts on the Groundwater Quality Within a Cemetery Area in Southeast Brazil. **Soils and Rocks**, n. 2, 2004.

- FOGAÇA NETO, J. A.; PINTO JÚNIOR, I. M.; SILVA, G. S. DA. NECROCHORUME: CONCEITOS, LEIS E INFLUÊNCIAS. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, v. 5, n. 2, p. 141–141, 14 jun. 2019.
- FRANCISCO, A. M. et al. TRATAMENTO DO NECROCHORUME EM CEMITÉRIOS. **Atas de Saúde Ambiental - ASA (ISSN 2357-7614)**, v. 5, n. 1, p. 172–188, 29 dez. 2017.
- FUCHS, F. **Espaços de cemitério e a cidade de São Paulo**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 2 maio 2019.
- G1. **Número semanal de novas mortes por Covid-19 no estado de SP volta a subir e bate recorde com 1.945 óbitos | São Paulo | G1**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/07/18/numero-semanal-de-novas-mortes-por-covid-19-no-estado-de-sp-volta-a-subir-e-bate-recorde-com-1945-obitos.ghtml>>. Acesso em: 30 set. 2021.
- GOFF, M. L. Early Postmortem Changes and Stages of Decomposition. In: AMENDT, J. et al. (Eds.). **Current Concepts in Forensic Entomology**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010. p. 1–24.
- GONÇALVES, L. R. et al. Another casualty of the SARS-CoV-2 pandemic—the environmental impact. **Environmental Science and Pollution Research**, 24 out. 2021.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. **Cadernos de Educação Ambiental**, 2014.
- HAU, T. C. et al. Decomposition Process and Post Mortem Changes: Review (Proses Pereputan dan Perubahan Pasca Kematian: Ulasan). **Sains Malaysiana**, v. 43, p. 1873–1882, 1 dez. 2014.
- IOAN, B. et al. The Chemistry Decomposition in Human Corpses. **Revista de Chimie**, v. 68, p. 1450–1454, 1 jun. 2017.
- JANAWAY, R. C.; PERCIVAL, S. L.; WILSON, A. S. Decomposition of Human Remains. In: PERCIVAL, S. L. (Ed.). **Microbiology and Aging: Clinical Manifestations**. Totowa, NJ: Humana Press, 2009. p. 313–334.
- JOHN HOPKINGS. **COVID-19 Data Repository by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University**. [s.l.: s.n.].
- KEMERICH, P. D. C.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. Cemitérios como Fonte de Contaminação Ambiental. **Scientific American Brasil**, v. 1, p. 78–81, 2012.
- KEMERICH, P. D. DA C. et al. Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 140–156, mar. 2012.
- KIND, L.; CORDEIRO, R. NARRATIVAS SOBRE A MORTE: A GRIPE ESPANHOLA E A COVID-19 NO BRASIL. **Psicologia & Sociedade**, v. 32, 4 set. 2020.

- LINS, A. DA S. B. M.; LINS, A.; ADRIANA. Evaluation of environmental impacts generated by cemetery in pandemic period: Case study. v. 5, p. 16–20, 26 jun. 2020.
- LISTO, F. DE L. R. **Análise da suscetibilidade e do grau de risco a escorregamentos rasos na bacia do Alto Aricanduva, RMSP (SP)**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 14 abr. 2011.
- ŁUKASZUK, C. et al. Analysis of the incidence fungi in a crypt cemetery. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 65, n. 9, p. 1141–1147, 2 set. 2015.
- MAIA LINS, E.; LINS, A.; LINS, C. Negative environmental impacts generated by cemetery: Case study. p. 2455–4227, 13 nov. 2019.
- MARTIN, C.; VERHEGGEN, F. Odour profile of human corpses: A review. **Forensic Chemistry**, v. 10, p. 27–36, 1 ago. 2018.
- MATHUR, A.; AGRAWAL, Y. K. An overview of methods used for estimation of time since death. **Australian Journal of Forensic Sciences**, v. 43, n. 4, p. 275–285, 1 dez. 2011.
- MENDES, J. M. B.; PACHECO, A.; HASSUDA, S. Cemitérios e meio ambiente a geofísica como método auxiliar na avaliação de sua influência nas águas subterrâneas. **Anais**, p. 50–57, 1989.
- MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos [b estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo]**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 10 maio 1994.
- NECKEL, A. et al. Environmental damage and public health threat caused by cemeteries: a proposal of ideal cemeteries for the growing urban sprawl. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, p. 216–230, 13 fev. 2017.
- NECKEL, A. et al. Hazardous elements in the soil of urban cemeteries; constructive solutions aimed at sustainability. **Chemosphere**, v. 262, 2021a.
- NECKEL, A. et al. Metals in the soil of urban cemeteries in Carazinho (South Brazil) in view of the increase in deaths from COVID-19: projects for cemeteries to mitigate environmental impacts. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1–24, 10 out. 2021b.
- NEJATI-ZARNAQI, B.; SAHEBI, A.; JAHANGIRI, K. Factors affecting management of corpses of the confirmed COVID-19 patients during pandemic: A systematic review. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, v. 84, p. 102273, 1 nov. 2021.
- OLIVEIRA, B. et al. Burial grounds' impact on groundwater and public health: an overview. **Water and Environment Journal**, v. 27, n. 1, p. 99–106, 2013.
- PACHECO, A. et al. Cemeteries - A Potential Risk to Groundwater. **Water Science and Technology**, v. 24, n. 11, p. 97–104, 1 dez. 1991.

- PACHECO, A. **Cemitério e meio ambiente**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 19 maio 2000.
- PARKINSON, R. et al. Microbial Community Analysis of Human Decomposition on Soil. In: **Criminal and environmental soil forensics**. [s.l: s.n.]. p. 379–394.
- PREFEITURA MUNICIPAL DA CIDADE DE SÃO PAULO. **BAIRRO DE VILA FORMOSA | Secretaria Municipal de Cultura | Prefeitura da Cidade de São Paulo**. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/bibliotecas/bibliotecas_bairro/bibliotecas_m_z/paulosetubal/index.php?p=5068>. Acesso em: 28 jan. 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Cemitérios Municipais**. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/servico_funerario/enderecos/index.php?p=3572>. Acesso em: 28 jan. 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**, 2014a. Disponível em: <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/>>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. Disponível em: <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#>. Acesso em: 27 jan. 2022.
- RÊGO, A. T. A. DO et al. POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO HÍDRICA POR NECROCHORUME NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN. **Brazilian Geographical Journal**, v. 12, n. 1, p. 94–108, 8 ago. 2021.
- REZENDE, E. C. M. **Metrópole da Morte: Necrópole da Vida: Um Estudo Geográfico do Cemitério de Vila Formosa**. São Paulo: Carthago Editorial Ltda, 2000.
- ROCHA, G. et al. MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Águas Subterrâneas**, 22 jul. 2006.
- RODRIGUES, P. A. C. **Duas faces da morte: o corpo e a alma do Cemitério Nossa Senhora da Soledade, em Belém/PA**. Rio de Janeiro: IPHAN, 2014.
- SANJURJO, L.; NADAI, L.; AZEVEDO, D. Corpos, tempo e instituições: Um olhar sobre os cemitérios na pandemia de Covid-19 D REFLEXÕES NA PANDEMIA. **DILEMAS: Revista de Estudos de Conflito e Controle Social – Rio de Janeiro – Reflexões na Pandemia**, 1 jan. 2020.
- SANTOS, A. S. Espaços cemiteriais e suas contribuições para a paisagem e meio ambiente urbanos. **Revista LABVERDE**, n. 6, p. 85–105, 20 jun. 2013.

- SANTOS, F.; FERES, E.; MATSUMOTO, V. **Vila Formosa: veja a estrutura do maior cemitério brasileiro.** Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/cemiterio-vila-formosa-veja-a-estrutura-do-maior-cemiterio-brasileiro,612771f68d52282bba38ab0b6c0ddf9f2snmRCRD.html>>. Acesso em: 27 nov. 2021.
- SAUKKO, P.; KNIGHT, B. **Knight's Forensic Pathology.** 3rd Edition ed. London: [s.n.].
- SEETULSINGH, P.; KANNANGARA, C. I.; RICHMAN, P. Undetectable SARS-CoV-2 in a nasopharyngeal swab but persistent viral RNA from deep lung swabs: findings from an autopsy. **BMJ Case Reports CP**, v. 13, n. 10, p. e237446, 1 out. 2020.
- SHEDGE, R. et al. Postmortem Change. 2021.
- SILVA, R.; FILHO, W. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. **Ciência Hoje**, v. 44, p. 24–29, 1 set. 2009.
- SIMAS, I. T. H. **Análise retrospectiva de episódios de inundações na Bacia Hidrográfica de Rio Aricanduva - São Paulo.** text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 9 maio 2017.
- SPONGBERG, A. L.; BECKS, P. M. Organic Contamination in Soils Associated with Cemeteries. **Journal of Soil Contamination**, v. 9, n. 2, p. 87–97, 1 jan. 2000.
- STATHEROPOULOS, M.; SPILIOPOULOU, C.; AGAPIOU, A. A study of volatile organic compounds evolved from the decaying human body. **Forensic Science International**, v. 153, n. 2–3, p. 147–155, 29 out. 2005.
- SUBPREFEITURA ARICANDUVA. **Trilha ambiental autoguiada é inaugurada no cemitério Vila Formosa | Subprefeitura Aricanduva | Prefeitura da Cidade de São Paulo.** Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/aricanduva/noticias/index.php?p=59648>>. Acesso em: 28 jan. 2022.
- SUTHERLAND, A. et al. The effect of body size on the rate of decomposition in a temperate region of South Africa. **Forensic Science International**, v. 231, n. 1, p. 257–262, 10 set. 2013.
- TERRA, V. R.; PRATTE-SANTOS, R.; FREIRE, D. N. IMPACTO DO NECROCHORUME NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CEMITÉRIO DE SANTA INÊS, VILA VELHA-ES, BRASIL. **Águas Subterrâneas**, 20 set. 2008.
- TOSCAN, P. C. et al. Use of geospatial tools to predict the risk of contamination by SARS-CoV-2 in urban cemeteries. **Geoscience Frontiers**, p. 101310, 28 set. 2021.

- TSOKOS, M.; BYARD, R. W. Postmortem Changes: Overview. In: PAYNE-JAMES, J.; BYARD, R. W. (Eds.). . **Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine (Second Edition)**. Oxford: Elsevier, 2016. p. 10–31.
- USLU, A.; BARI, E.; ERDOAN, E. Ecological concerns over cemeteries. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 11, p. 1505–1511, 3 dez. 2009.
- VASS, A. A. Beyond the grave – understanding human decomposition. **Microbiology Today**, v. 28, 2001.
- VIEIRA, B. M. **Cemitério da Vila Formosa, na Zona Leste de SP, tem ossadas humanas expostas no local**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/05/29/cemiterio-da-vila-formosa-na-zona-leste-de-sp-tem-ossadas-humanas-expostas-no-local.ghtml>>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- WHO. **The impact of cemeteries on environment and public health**. Disponível em: <<https://www.who.int/en/>>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- WILLIAMS, A. et al. Environmental Considerations for Common Burial Site Selection After Pandemic Events. In: RITZ, K.; DAWSON, L.; MILLER, D. (Eds.). . **Criminal and Environmental Soil Forensics**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. p. 87–101.
- YANG, S. et al. Persistence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater after the end of the COVID-19 epidemics. **Journal of Hazardous Materials**, v. 429, p. 128358, 5 maio 2022.
- ŻYCHOWSKI, J. The impact of cemeteries in Kraków on the natural environment–selected aspects. **Geographia Polonia**, 2011.
- ŻYCHOWSKI, J. Impact of cemeteries on groundwater chemistry: A review. **CATENA**, v. 93, p. 29–37, 1 jun. 2012.