UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

YADYR AUGUSTO FIGUEIREDO FILHO

Influência dos fatores naturais na espacialização de plumas de contaminação oriundas dos cemitérios

Versão corrigida

SÃO PAULO

2016

YADYR AUGUSTO FIGUEIREDO FILHO

Influência dos fatores naturais na espacialização de plumas de contaminação oriundas dos cemitérios

Versão corrigida

Tese de doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Geografia Física e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi

São Paulo

2016

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

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Figueiredo Filho, Yadyr Augusto
F478i Influência dos fatores naturais na espacialização de plumas de contaminação oriundas dos cemitérios / Yadyr Augusto Figueiredo Filho ; orientador Luis Antonio Bittar Venturi. - São Paulo, 2016. 100 f.

Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Geografia Física e Ambiental. 2. Cemitérios. 3. Espacialização de Plumas de Contaminação. 4. Águas Subterrâneas. 5. Solo. I. Venturi, Luis Antonio Bittar, orient. II. Título

NOME: FIGUEIREDO FILHO, YADYR AUGUSTO

TÍTULO: **INFLUÊNCIA DOS FATORES NATURAIS NA ESPACIALIZAÇÃO DE PLUMAS DE CONTAMINAÇÃO ORIUNDAS DOS CEMITÉRIOS**

Tese de doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Geografia Física e Ambiental.

APROVADO EM:

BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. _____ INSTITUIÇÃO: _____

JULGAMENTO: _____ ASSINATURA: _____

PROF. DR. _____ INSTITUIÇÃO: _____

JULGAMENTO: _____ ASSINATURA: _____

PROF. DR. _____ INSTITUIÇÃO: _____

JULGAMENTO: _____ ASSINATURA: _____

PROF. DR. _____ INSTITUIÇÃO: _____

JULGAMENTO: _____ ASSINATURA: _____

PROF. DR. _____ INSTITUIÇÃO: _____

JULGAMENTO: _____ ASSINATURA: _____

DEDICATÓRIA

À minha esposa Roseli, pela compreensão, abdicação, paciência e pelo maravilhoso relacionamento que não se alterou, apesar dos vários anos em que se viu obrigada a me dividir com outros “amores”.

Aos meus filhos, Carolina, Yadyr e Leonardo, e à minha nora, Priscila, por aceitarem, sem nenhuma condição, a ausência, a impaciência e a exaustão, muitas vezes presentes, durante os anos que se sucederam na elaboração de meu trabalho, e por entenderem, tão completa e maravilhosamente, a enorme importância do conhecimento.

Ao meu neto Gabriel, ao qual espero entregar um mundo ambientalmente mais cuidado e com uma sociedade que busque recuperar aquilo que no passado e, infelizmente, ainda hoje, impactamos.

Aos meus pais, por terem me ensinado a importância do conhecimento e a enfrentar as dificuldades e superar os obstáculos que certamente foram encontrados.

AGRADECIMENTOS

Aos meus brilhantes e dedicados mestres cuja orientação, sem dúvida, contribuiu efetivamente para a realização desse trabalho:

- Ao Professor Doutor Luis Antonio Bittar Venturi por sua orientação dedicada, por sua paciência redobrada e por sua valiosa contribuição para a efetivação de minhas pesquisas.
- Ao Professor Doutor Alberto Pacheco por me indicar um caminho, por seu incentivo, pela sua paciência e pela sua co-orientação científica, sem a qual esse trabalho não seria possível.
- À Professora Doutora Sidneide Manfredini por alguns anos de boas discuções e reflexões, por ampliar meu universo de possibilidades de conhecimento, pelo apoio essencial nas fases iniciais e pelo carinhoso tratamento que sempre é dispensado aos seus alunos.

Ao amigo Prof. Ms. Luiz Gustavo Meira Barros, pela incondicional ajuda na elaboração dos mapas e pela paciência na discussão do tema.

Morte lenta e invisível,
que corre debaixo dos pés das crianças descalças,
nas mão daqueles que plantam
e nos lábios daqueles que acham que bebem a vida.

Yadyr Augusto Figueiredo Filho

FIGUEIREDO FILHO, Y.A. Influência dos fatores naturais na espacialização de plumas de contaminação oriundas dos cemitérios. 2016, 100 f. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

I- RESUMO

A constatação de que muitos cemitérios, a maioria públicos, apresentam problemas e impactam o meio ambiente, poluindo o solo e as águas subterrâneas com contaminantes diversos, tem levado ao aumento dos estudos sobre essas potenciais fontes de poluição.

No entanto, apesar de existirem metodologias para a constatação de contaminação do solo e das águas subterrâneas, não existem metodologias específicas, ou mesmo consagradas, para os processos de investigação e estabelecimento da área efetivamente contaminada, fazendo com que muitos sejam os critérios adotados para a investigação e diversificadas sejam as conclusões obtidas.

Ainda, em relação à espacialização das plumas de contaminantes, raros são os resultados conclusivos, levando inclusive à preocupação sobre o comportamento dos vários contaminantes já conhecidos no solo, seu caminho até as águas subterrâneas e a real extensão dos impactos, em área e em efeitos deletérios à saúde pública.

Este estudo visa demonstrar que a expansão da pluma de contaminantes, e sua área de abrangência, é agravada pela influência de fatores ambientais, físico-geográficos, a partir das características pedológicas, geomorfológicas e

climáticas, associadas, dos locais onde estão (ou serão) implantados os cemitérios.

Através de levantamento bibliográfico e de pesquisas empíricas foram correlacionadas determinadas características de relevo, clima e solo, presentes nos locais dos cemitérios, elaborando-se cenários de espacialização das plumas de contaminantes e sua possível escala de contaminação e de riscos socioambientais.

Três áreas modelo foram selecionadas pelas suas características físico-geográficas diferenciadas e por trabalhos anteriores que definiram seus potencias de contaminação e algumas características físicas (geologia, hidrogeologia e outras): O cemitério de Vila Nova Cachoeirinha (PACHECO, 1991 e MATOS, 2001) e o cemitério de Vila Formosa (PACHECO, 1991), no município de São Paulo, e o cemitério de Areia Branca (PACHECO, 1991), no município de Santos.

Concluímos que há influência dos fatores ambientais, físico-geográficos, principalmente do solo e da pluviosidade, na espacialização das plumas de contaminação oriundas dos cemitérios.

PALAVRAS-CHAVE: Cemitério, solo, águas subterrâneas, saúde pública, espacialização de plumas de contaminação, geografia da saúde, geografia ambiental.

FIGUEIREDO FILHO, Y.A. Influence of natural factors in contamination plumes spatialization coming from the cemeteries. 2016, 100 f. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

II- ABSTRACT

The finding that many cemeteries, mostly public, present problems and impact the environment, polluting the soil and groundwater with various contaminants, has led to an increase in studies on these potential sources of pollution. However, although there are methods for the realization of soil and groundwater contamination, there are no specific methodologies, or even dedicated to the research process and establishment of effectively contaminated area, causing many criterias to be the adopted for the research and diversifieds reached conclusions.

Still, in relation to the spatial distribution of the plumes of contaminants, there are very few conclusive results, leading even to the concern about the behavior of various contaminants known on the ground, their way to the groundwater and the actual extent of impacts in the area and harmful effects to public health. This study aims to demonstrate that the expansion of the contaminant plume, and its coverage area is exacerbated by the influence of environmental, physical and geographical factors, from soil, geomorphological and climatic characteristics associated, on the places where cemeteries are (or will be) deployed. Through literature and empirical research were correlated certain prominent land relief, climate and soil characteristics, present in local cemeteries, creating spatial

scenarios of contaminants plumes and their possible contamination scale and environmental risks.

Three model areas were selected for their different physical-geographical characteristics and previous works that defined their potential contamination and some physical characteristics (geology, hydrogeology and others): The Vila Nova Cachoeirinha cemetery (PACHECO, 1991 and MATOS, 2001) and Vila Formosa cemetery (PACHECO, 1991), in São Paulo, and the cemetery of Areia Branca (PACHECO, 1991), in the city of Santos.

We conclude that there is influence of environmental factors, physical geography, especially soil and rainfall, in the spatial distribution of contamination plumes coming from the cemeteries.

KEYWORDS: Cemetery, Soil, groundwater, public health, contamination plumes spatialization, health geography, environmental geography.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS II

LISTA DE TABELAS III

1- INTRODUÇÃO 1

2- OBJETIVO 18

3- METODOLOGIA 18

4- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19

4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, PEDOLÓGICA, HIDROGEOLÓGICA, HIDROGRÁFICA E CLIMÁTICA 19

4.2 LEVANTAMENTO CLIMÁTICO ESPECÍFICO 33

4.3 CEMITÉRIOS E MEIO AMBIENTE 37

4.4 CONTAMINANTES ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE CONTAMINAÇÃO 40

4.4.1 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS 40

4.4.2 CONTAMINANTES QUÍMICOS E FÍSICOS 41

4.4.3 FÁRMACOS 42

4.5 COMPORTAMENTO DOS CONTAMINANTES NO SOLO E NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 43

5- DISCUSSÃO 49

5.1 MAPEAMENTO DA ÁREA CONTAMINADA (MODELO TEÓRICO) 61

5.1.1 ESCALA ESPACIAL DA CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA 61

5.1.1.1 – CEMITÉRIO DE VILA NOVA CACHOEIRINHA 63

5.1.1.2 – CEMITÉRIO DE VILA FORMOSA 65

5.1.1.3 – CEMITÉRIO DE AREIA BRANCA 66

6- CONCLUSÕES 69

7- SUGESTÕES 75

8- BIBLIOGRAFIA 77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização do cemitério Vila Nova Cachoeirinha	21
Figura 2	Imagem Orbital: localização do cemitério de V. N.Cachoeirinha	21
Figura 3	Localização do cemitério Vila Formosa	22
Figura 4	Imagem Orbital: localização do cemitério de Vila Formosa	23
Figura 5	Imagem Orbital: localização do cemitério de Areia Branca	24
Figura 6	Caracterização geomorfológica: cemitério de V. N. Cachoeirinha	25
Figura 7	Caracterização geomorfológica: cemitério de Vila Formosa	26
Figura 8	Caracterização geológica: cemitério de Areia Branca	27
Figura 9	Caracterização geomorfológica: cemitério de Areia Branca	28
Figura 10	Caracterização Pedológica: cemitério de V. N. Cachoeirinha	29
Figura 11	Caracterização Pedológica: cemitério de Vila Formosa	30
Figura 12	Caracterização Hidrográfica: cemitério de V. N. Cachoeirinha	31
Figura 13	Caracterização Hidrográfica: cemitério de Vila Formosa	32
Figura 14	Mapa Pedológico do Estado de São Paulo	33
Figura 15	Túmulo danificado no cemitério de Areia Branca	35
Figura 16	Empoçamento de água no cemitério de Areia Branca	35
Figura 17	Empoçamento de água e rachadura no piso (Areia Branca)	36
Figura 18	Empoçamento de água e dados de chuva (Areia Branca)	36
Figura 19	Fatores influenciadores do movimento e sobrevivência de bactérias e vírus no solo e seus efeitos	48
Figura 20	Tabela de análises nos poços do Cemitério Bom Jardim	52
Figura 21	Tabela com indicadores ambientais para cemitérios	54
Figura 22	Modelo teórico de espacialização da pluma de contaminação oriunda do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha	65
Figura 23	Modelo teórico de espacialização da pluma de contaminação oriunda do Cemitério de Vila Formosa	66
Figura 24	Modelo teórico de espacialização da pluma de contaminação oriunda do Cemitério de Areia Branca	68
Figura 25	Possibilidades de expansão da pluma de contaminação às águas superficiais	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Levantamento Climático Resumido de Santos (SP)	34
Tabela 2	Espacialização de contaminantes biológicos	60

1- INTRODUÇÃO

Um dos fatos mais relevantes em relação ao avanço das áreas urbanizadas, e a consequente grande concentração populacional, é a enorme pressão exercida pela população, e os seus diversos usos do solo, sobre o meio ambiente. Da necessidade de abastecimento à produção de resíduos de origens diversas (industriais, comerciais e residenciais) os ambientes urbanos, principalmente pela falta de planejamento, de estruturas suficientes e de instrumentos eficazes de gestão ambiental, impactam de várias formas o meio ambiente.

A preocupação humana em relação aos impactos ambientais fez com que se ampliassem as pesquisas que relacionam as possíveis causas e as consequências desses impactos, resultando, entre outras coisas, no conhecimento atual sobre as potenciais fontes de poluição.

Dessa forma, os estudos levaram ao estabelecimento das principais fontes de poluição, que são o esgoto, os resíduos sólidos e as águas residuárias, oriundas das atividades domésticas, os efluentes e resíduos tóxicos, resultantes das atividades industriais, a estocagem subterrânea de combustíveis em postos de gasolina, resultantes da atividade comercial, os agrotóxicos, fertilizantes e dejetos animais, resultantes da atividade agropecuária, e os cemitérios, resultantes da atividade pública.

> A maior causa da contaminação comumente observada em águas subterrâneas está associada às práticas de saneamento em áreas que não dispõem de rede de esgoto, ao lançamento de efluentes líquidos industriais em corpos de água ou diretamente no solo, às práticas convencionais de cultivo

> agrícola e mais recentemente à presença de cemitérios (Matos, 2001 *apud* ALMEIDA, 2006, p. 19).

Nas diversas Políticas Nacionais que se relacionam às questões ambientais, principalmente em relação ao saneamento básico, os cemitérios não são destacados, incluindo os inúmeros artigos que tratam especificamente de contaminação ambiental.

De acordo com o Artigo 4 do Decreto Lei nº 8.468/76, que aprova o regulamento da Lei nº 997/76, "são consideradas fontes de poluição todas as obras, atividades, instalações, empreendimentos, processos, dispositivos, móveis ou imóveis, ou meios de transportes que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar poluição ao meio ambiente".

Ainda, de acordo com o Artigo 2 da Lei Estadual nº 997/76:

"Considera-se poluição do meio-ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou solo:

I - impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;

II - inconvenientes ao bem estar público;

III - danosos aos materiais, à fauna e à flora;

V - prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade".

> Há quem duvide, sem o necessário embasamento científico, de que as necrópoles sejam motivo de preocupação ambiental. Por isso, esse tipo de construção tarda a aparecer com maior

> evidência nas listas das fontes tradicionais de contaminação ambiental... (PACHECO, 2012, p. 23).

No entanto, segundo MATOS (2001, p. 1) "... os cemitérios nunca foram incluídos na lista de fontes tradicionais de contaminação ambiental, nunca foram objeto de estudos deste tipo, apesar da existência de alguns relatos históricos (...) sobre a contaminação de águas subterrâneas e poços de abastecimento público".

Em 1998, a Organização Mundial da Saúde (WHO) publicou um documento intitulado "The Impact of Cemeteries on the Environment and Public Health", no qual uma das conclusões afirmava que os corpos humanos sepultados em um cemitério podem causar poluição do solo e águas subterrâneas, por introduzir microorganismos patogênicos e substâncias inorgânicas que tornam as águas subterrâneas não potáveis.

> Todos os cemitérios são um risco potencial para o meio ambiente, em especial para o aqüífero freático. É inegável que os cemitérios implantados sem os devidos cuidados geológicos e hidrogeológicos podem gerar impactos ambientais, isto é, alterações físicas, químicas e biológicas, no meio ambiente (...) A indução de microorganismos nos recursos hídricos é a principal e a mais preocupante contaminação gerada pelos cemitérios. (PACHECO, 2000, p. 24)

A urbanização rápida, a degradação do meio urbano e a ocupação desmedida e incosequente do solo, associadas ao brutal aumento da população, produzem um número acentuado de óbitos concentrados nas áreas urbanas e acabam representando um risco para a boa gestão dos cemitérios e ampliando os impactos por eles originados.

Os trabalhos desenvolvidos dentro da temática “cemitérios e meio ambiente” revelaram que os cemitérios são fontes potenciais de poluição, atingindo o solo, as águas superficiais e subterrâneas e, consequentemente, a saúde pública, primordialmente a das comunidades do entorno.

A maior preocupação em relação aos contaminantes propagados são os microorganismos patogênicos, apesar de a contaminação por outros poluentes físicos e químicos também estar presente em alguns trabalhos:

> This study has shown that certain metals associated with current and past burial practices may accumulate at depth in cemeteries. The Del Rey silt loam shows elevated concentrations of iron, lead, copper, zinc, cobalt and arsenic with depth. Nickel, chromium, manganese and aluminum do not show elevated concentrations over background. Iron, lead, copper and zinc are metals commonly used in casket construction. Arsenic was a common embalming fluid ingredient in the late 1800’s to early 1900’s, as well as a present-day wood preservative. The source of elevated cobalt concentrations is unknown. (SPONGBERG e BECKS, 1999, p. 326)[1]

A maioria dos trabalhos que envolvem estudos de microorganismos presentes no solo e nas águas subterrâneas, estabelecem como parâmetros os contaminantes originados pelo corpo humano e alguns representantes de

[1] Este estudo mostrou que certos metais associados com práticas funerárias atuais e passadas podem acumular-se em profundidade em cemitérios. As argilas e siltes do Del Rey mostram concentrações elevadas de ferro, chumbo, cobre, zinco, cobalto e arsênico com a profundidade. Níquel, cromo, manganês e alumínio não apresentam concentrações elevadas no subsolo. Ferro, chumbo, cobre e zinco são metais vulgarmente usados na construção do caixão. Arsenico foi um ingrediente comum de fluido de embalsamento no final dos anos 1800 e início de 1900, bem como na preservação de madeira de hoje. A fonte de elevada concentração de cobalto é desconhecida.

doenças veiculadas pela água, que podem ser inseridas no ambiente através de alguns vetores, como ratos e insetos.

> As doenças de veiculação hídrica mais comuns no Brasil são: Hepatite A causada pelo vírus da hepatite A, febre tifóide causada pela Salmonella typhi, leptospirose causada pela Leptospira e a cólera causada pelo vibrio cholerae. Em geral, estas doenças causam fortes distúrbios gastrointestinais, tais como vômitos, cólicas e diarréias (MATOS, 1998, p. 1)

Da mesma forma,

> No estudo das águas subterrâneas desses locais, os parâmetros microbiológicos têm um papel de destaque. Do ponto de vista de saúde pública, os aspectos sanitários devem ser enfocados estudando o comportamento dos indicadores de poluição de origem fecal bem como de bactérias patogênicas (...) foram considerados os coliformes totais, bactérias heterotróficas, microrganismos proteolíticos e lipolíticos (...) coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores, colifagos e salmonelas (MARTINS et al., 1991, p. 47).

Figueiredo Filho (2011) e Gaudio (2012), analisando a propagação de patógenos – em área de descarte de carcaças animais implantada sobre Latossolo Vermelho Amarelo de textura média, na região de Pirassununga/SP, constataram que a estrutura deste solo condicionava uma drenagem intensa da água, capaz de carrear os patógenos até o lençol freático localizado a onze metros de profundidade. Verificaram, ainda, que o ambiente oxidativo, indicado pela presença de hematita (cor vermelha), ao longo de todo o perfil de solo, favorecia a persistência de organismos aeróbios ativos e anaeróbios esporulados.

Nesses trabalhos, que envolvem basicamente cemitérios horizontais de áreas urbanizadas, os dois ambientes, o solo e as águas subterrâneas, alvos dos poluentes, são sempre destacados, ignorando-se, por assim dizer, a interação de outros fatores naturais que influenciam, muito provavelmente, a espacialização das plumas de contaminação (MATOS, 1998; SILVA, 2007; MARTINS et al., 1991). Estes fatores, deixados de lado na maioria dos trabalhos, são, principalmente, o relevo e o clima (mais especificamente a pluviosidade), que, associados ao solo, determinam características peculiares a cada combinação de fatores.

É importantíssimo, assim, refletir sobre a ação sistêmica desses três elementos e a sua influência na espacialização da pluma de contaminantes originadas pelos cemitérios.

Alguns trabalhos recentes sobre modelagem computacional de fluxos de contaminantes em águas subterrâneas (BRITO SOUZA et al, 2012) levam em consideração aspectos climáticos, com a utilização de balanços hídricos, aspectos pedológicos, no estabelecimento da condutividade hidráulica e aspectos de relevo, com a topografia da área estudada. No entanto, além de necessitarem de investigações preliminares, altamente técnicas e dispendiosas, revelam-se problemáticos na medida em que desconsideram inúmeros fatores, como a grande variedade de contaminantes físicos, químicos e microbiológicos que podem estar envolvidos, e seu comportamento, também variável, no solo e nas águas subterrâneas.

FIGUEIREDO FILHO (2011, p. 116) demonstra a importância das características pedológicas, aliadas à situação climática e ao tipo de uso do solo, no processo de contaminação ambiental por microorganismos:

> Geralmente, os grandes eventos de chuva (...) causam um maior escoamento superficial e uma menor percolação da água (...) não contribuem para a recarga do aqüífero livre (freático) e para a lixiviação dos contaminantes, mas colaboram para a disseminação da contaminação em superfície (...) As valas abertas funcionam como um elemento de viabilização da recarga do aqüífero livre, pois acumulam a água nos grandes eventos que ocorrem e permitem que ela infiltre melhor.

Um dos pontos principais de qualquer tipo de investigação de impactos ambientais é determinar a possibilidade do impacto antes de efetivamente partir-se para a confirmação do impacto, mas, de preferência, sem o uso de métodos específicos e, geralmente, dispendiosos. Muitas vezes, um simples levantamento expedito pode indicar a possibilidade de haver contaminação e é etapa fundamental para análise e determinação de áreas contaminadas.

> Segundo a CETESB (2001) '... uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural'. Nas etapas de gerenciamento de áreas contaminadas a CETESB indica a Avaliação Preliminar, feita através de levantamentos expeditos (...) para determinação da área como Suspeita de Contaminação (AS) ou Contaminada (AC) (FIGUEIREDO FILHO e PACHECO, 2010, p. 9).

Uma das questões sugeridas como tema para pesquisas futuras, colocadas pelo relatório da WHO (1998), é descobrir por que determinados microorganismos

que são identificados à superfície não aparecem nas análises das águas subterrâneas: “Why and how do most of the microorganisms, produced during the putrification process, not appear in the groundwaters beneath cemeteries?”

De fato, além de associar à condição pedológica às características climáticas e à condição de relevo, e considerar os parâmetros até agora estudados, deve-se levar em consideração que muitos patógenos participantes do ambiente, quer sejam introduzidos pelo corpo ou por vetores externos, podem não estar sendo selecionados como parâmetros de análise.

Também, deve-se considerar que o solo, a interface de contato entre os corpos sepultados e as águas subterrâneas, em relação à pluma de contaminantes, reagirá de formas diferentes, de acordo com as suas próprias características, que, no entanto, podem ser potencializadas pelas condições geomorfológicas e pluviométricas. Seu papel, portanto, é fundamental para a contenção ou o alastramento da pluma.

Para a totalidade de trabalhos que envolvem a contaminação ambiental por cemitérios, o solo exerce o importante papel de retenção de parte ou da totalidade dos contaminantes que podem atingir as águas subterrâneas.

> O solo tem um papel muito importante na retenção dos microrganismos, através de fatores físicos e químicos ambientais, que afetam a infiltração e o carreamento dos microrganismos em direção ao lençol freático (MARTINS et al., 1991, p. 47).

De acordo com DYMINSKI (2006, p. 06):

> Pode-se dizer que os fatores que intervêm no transporte de substâncias em solos são: Características do contaminante (solubilidade, densidade, concentração, pH, D.B.O., D.Q.O,

> etc.); Características do solo pelo qual ele percola (granulometria, mineralogia da fração argila, permeabilidade, matéria orgânica, etc.); Características do ambiente (tempo de exposição do solo ao contaminante, presença de microorganismos, condições hidrogeológicas, condições aeróbicas/anaeróbicas e temperatura).

No entanto, é necessário levar em consideração que o próprio solo se torna agente de contaminação, podendo, em alguns casos, ampliar a concentração de determinados agentes patogênicos ou perpetuar formas resistentes de patógenos, como os esporos de bactérias, até que estes encontrem situação favorável e retornem à atividade.

> Through the action of infiltrating rainfall, adsorbed pathogenic organisms can escape from the soil particles, mix with the groundwaters beneath the cemeteries and migrate considerable distances. This process is easier in some particular soil textures, such as sand and gravel, because their pore sizes are not small enough to filter and adsorb the microorganisms efficiently (WHO, 1998, p. 9)[2].

Em PACHECO et al. (1991, p. 103), uma das conclusões determinava que o solo é fator fundamental para a qualidade das águas subterrâneas:

> The study revealed that the bacteriological quality of the groundwaters depends on the soil type and the depth to the water table[3].

[2] Através da ação de infiltração de chuva, organismos patogênicos adsorvidos podem escapar das partículas do solo, misturar-se com as águas subterrâneas sob os cemitérios e migrar a distâncias consideráveis. Este processo é mais fácil em algumas texturas específicas do solo, tais como areia e cascalho, porque os tamanhos dos poros não são suficientemente pequenos para filtrar e adsorver eficientemente os microrganismos.

[3] O estudo revelou que a qualidade bacteriológica das águas subterrâneas depende do tipo de solo e da profundidade do lençol freático

Recente trabalho que envolveu análises do comportamento de microorganismos originados por corpos de animais sepultados no solo comprovou que há grande interferência do “ambiente” encontrado nos diversos tipos de solo na manutenção ou eliminação dos patógenos.

> As análises pedológicas feitas no local (...) revelam que o Latossolo vermelho de textura média se estende até doze metros de profundidade. Esse ambiente oxidativo, que vai até o nível freático, favorece a decomposição dos cadáveres e partes de animais sepultados e propicia a demanda química de oxigênio concorrendo para a decomposição do necrochorume produzido por esses cadáveres, e também favorece a manutenção dos micro-organismos aeróbios associados a esse ambiente. Por outro lado, esse quadro se torna extremamente negativo ao desenvolvimento ou manutenção dos micro-organismos anaeróbios que possam se originar dos cadáveres sepultados, fazendo com que estes assumam formas resistentes (esporos) e, desse modo, persistam no ambiente. Nos dois casos, os micro-organismos aeróbios em atividade e os esporos de anaeróbios, podem ser transportados pela água atingindo a zona saturada do aqüífero e estendendo a contaminação muito além da área de descarte (FIGUEIREDO FILHO, 2011, p. 119).

Outros parâmetros são os derivados de fármacos, consumidos em vida, que podem estar presentes nos corpos após a morte e ser introduzidos no ambiente, solo e águas subterrâneas.

Os estudos sobre esse tema são raros e geralmente voltados para fármacos introduzidos no ambiente durante as atividades cotidianas de consumo,

armazenagem e descarte, e eliminados pelo próprio corpo através da urina e das fezes de humanos e de animais.

Na década de 90, se identificou a presença de um grande espectro de agentes medicamentosos em ambientes aquáticos (superficiais e subterrâneas). Também foram encontrados fármacos em afluentes e efluentes de estações de tratamento de esgoto, como resultado de pesquisas na Suíça e na Alemanha (Stahlschmidtallner, 1997). Outros estudos identificaram a presença de fármacos em águas para o abastecimento humano (Kolpin, 2002).

Alguns medicamentos podem resistir por muito tempo no ambiente até perderem a sua atividade e, considerando a presença destas substâncias nos corpos sepultados, devemos levar em conta também a sua presença no material que resulta da sua decomposição. Isso leva a considerar que antibióticos, quimioterápicos e antilipêmicos, entre outros, presentes no necrochorume, podem chegar de maneira acidental à água nas proximidades de certos cemitérios, dependendo como os corpos forem sepultados.

Associando-se que o universo de contaminantes pode ser em muito acrescido levando-se em consideração os fármacos, os radioativos e patógenos que ainda não foram incluídos nas listas de análises (como os citados anteriormente), as características climáticas, pedológicas e geomorfológicas podem alterar completamente o quadro, até então assumido, da espacialização das plumas.

Como exemplo, poder-se-ia citar a facilidade da percolação da água em solos areno-argilosos ou franco argilosos, que, em locais com maiores índices pluviométricos, poderiam aumentar fabulosamente a infiltração dos contaminantes, o contato com as águas subterrâneas e o alastramento da pluma de contaminantes.

Segundo SPONBERG e BECKS (2000), o necrochorume, ao se infiltrar no solo, carrega consigo vírus e patógenos variados, dos quais o cadáver, em vida, era portador, bem como substâncias químicas e até radioativas residuais dos tratamentos aos quais foi submetido. Transporta, também, substâncias tóxicas – como metais pesados, resinas sintéticas, entre outros, oriundas das vestes, objetos e urna funerária.

Esses autores ressaltam a relevância dos solos como armazenadores de contaminantes derivados de caixões e outros objetos, como metais pesados, elementos altamente tóxicos e até mesmo elementos radioativos.

O necrochorume é o principal agente contaminante e vetor de patógenos. Em relação à produção de necrochorume, alguns grandes cemitérios podem produzir mais de 9 milhões de litros por ano (RODRIGUES, 2003, p. 3).

Sua percolação no solo será condicionada pela geometria dos poros, determinada pelo arranjo estrutural das partículas do solo. A capacidade de retenção de contaminantes, por sua vez, está relacionada à natureza dos constituintes coloidais, principalmente da matéria orgânica humificada, óxidos e oxihidróxidos de Fe, Al, Mn, e Ti.

Raríssimos trabalhos levam em consideração as características geomorfológicas aliadas às pedológicas e climáticas. A grande maioria caracteriza os aspectos geológicos e hidrogeológicos, apenas.

O relevo passa a ser secundário e no processo histórico de mudança de local de sepultamento, do interior das igrejas para o ambiente externo, os cemitérios tiveram como uma das áreas de preferência para sua instalação os topos de colinas:

> Para os médicos, já naquela altura (Brasil em 1828), preocupados com o ambiente e a saúde pública, a localização ideal para os cemitérios seria fora da cidade, longe das fontes de água, em terrenos altos e arejados, onde os ventos não soprassem sobre as aglomerações urbanas (PACHECO, 2012, p. 77).

Alguns autores procuraram relacionar as características geomorfológicas como fatores de influência nos processos que ocorrem nos cemitérios, mas, infelizmente, limitam-se às relações com os processos conservativos/destrutivos dos corpos e processos físicos nos solos (como a erosão).

> ... existem fatores que condicionam os terrenos a serem adequados à implantação de cemitérios (...) os quais são descritos a seguir:
>
> Topografia: posicionamento geomorfológico do cemitério.
>
> — Áreas elevadas: é importante para evitar que as sepulturas não sejam inundadas e os microorganismos não fiquem retidos em camadas não-saturadas do solo (...) O ideal é que a declividade varie de 5 a 15%.
>
> — Áreas planas ou com declividade pequena: é importante implantar rede de drenagem pluvial eficiente...
>
> — Áreas com declividade acentuada: ... essas áreas podem causar problemas em épocas de chuvas, em função de erosão ... (CAMPOS, 2007, p. 96).

Relacionando solo e pluviosidade, (WHO 1998, p. 4) relata:

> Tanto a sobrevivência como a retenção de microorganismos são dependentes do tipo de solo, no qual é um cemitério localizado, os tipos de microorganismos presentes, a

> temperatura do solo predominante e a precipitação (...) As taxas de mortalidade dos microorganismos aumentam aproximadamente duas vezes mais rápido a cada 10 ° C de aumento na temperatura entre 5 ° C a 30 ° C (...) Vários organismos do solo são conhecidos por sobreviver melhor em uma faixa de pH de 6-7 , e morrem mais rapidamente sob condições de solo mais ácido (...) Além disso , um aumento na concentração de cátions a partir da infiltração da água de cemitérios aumenta a capacidade de retenção pelo solo para as bactérias e vírus. A adsorção é o principal fator de controle de retenção de vírus. Os vírus podem passar em alguns solos para as águas subterrâneas , com a ajuda das chuvas e fluxo de infiltração (...) Muitos solos que têm um pequeno tamanho de poro , tais como argila, têm uma capacidade de adsorção elevada para o vírus. A força iônica da água de percolação influencia a fixação bacteriana através de seu efeito sobre a densidade de carga e repulsão eletrostática (...) Outras propriedades do solo, tais como tamanho de partícula, teor de argila , capacidade de troca catiônica e humidade influência a retenção , mas a extensão em relação à qual eles fazem isso exige mais pesquisa. Fatores climáticos, como chuvas também influenciam na retenção. Eles aumentam a mobilização de bactérias e vírus dos tecidos retidos nas partículas do solo e facilitam o seu transporte para as águas subterrâneas.

De modo geral, o conhecimento do tipo de solo possibilita um prognóstico da natureza e da intensidade dos processos transformativos destrutivos que ele condicionará. As suas propriedades, expressas em parâmetros mensuráveis,

são utilizadas tanto pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, SiBCS (BRASIL, 2006), quanto pela Soil Taxonomy (EUA, 1975), na definição dos atributos diagnósticos utilizados na descriminação das unidades taxonômicas.

A associação dessas características com os fatores geomorfológicos e pluviométricos possibilitará a formulação de modelos de espacialização de plumas de contaminação.

Assim, é de grande importância considerar as características pedológicas as características geomorfológicas e climáticas das áreas de instalação de cemitérios, demonstrando como podem influenciar na propagação de plumas de contaminação, ampliando a área contaminada e potencializando os impactos ambientais e à saúde pública.

Procuramos indicar, nessa pesquisa, um método eficaz de tornar o gestor ambiental municipal ciente de sua situação e capaz de atender às necessidades e imposições sócio-ambientais e legais.

Ao estabelecermos a relação entre os fatores geomorfológicos, climáticos e pedológicos e a espacialização de plumas de contaminação, podemos estabelecer também um modelo de espacialização destas plumas, de fácil construção e a partir de dados disponíveis ou facilmente confeccionáveis, definindo um processo de monitoramento ambiental, criando um sistema de reconhecimento do meio-ambiente, das problemáticas sócio-ambientais, dos riscos sócio-econômicos e apontando caminhos para soluções sócio-economicamente viáveis, ambientalmente adequadas e eficazes no espaço e no tempo.

Segundo a EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária:

> O monitoramento ambiental é um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo. As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas neste tipo de estudo, já que exercem influências sobre o meio ambiente (...) o monitoramento ambiental fornece informações sobre os fatores que influenciam o estado de conservação, preservação, degradação e recuperação ambiental da região estudada. Também subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, além de auxiliar na definição de políticas ambientais (...) permite, ainda, compreender melhor a relação das ações do homem com o meio ambiente, bem como o resultado da atuação das instituições por meio de planos, programas, projetos, instrumentos legais e financeiros, capazes de manter as condições ideais dos recursos naturais (equilíbrio ecológico) ou recuperar áreas e sistemas específicos.

E ainda, de acordo com a ADEMA, Administração Estadual do Meio Ambiente, ligada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, do Estado de Sergipe ,

> O Monitoramento ambiental é a avaliação qualitativa e quantitativa, contínua e/ou periódica, da presença de poluentes no meio ambiente. Apresenta informações sobre a qualidade da água e avalia os impactos e riscos ambientais, a partir de

> levantamentos e medições realizadas pela ADEMA. Estas informações, além de direcionar as ações de licenciamento ambiental, têm também a finalidade de informar a qualidade atual do meio ambiente no Estado.

Outro grande exemplo do monitoramento como ferramenta para gestão pública ambiental acontece nos Estados Unidos da América, através da Agência de Proteção Ambiental (EPA – United States Environmental Protection Agency) com seu Programa de Monitoramento e Avaliação Ambiental (EMAP - Environmental Monitoring & Assessment Program), criado com o intuito de desenvolver as ferramentas necessárias para monitorar e avaliar a situação e as tendências nacionais de recursos ecológicos e ampliar o conhecimento científico necessário, a fim de traduzir os dados de monitoramento ambiental a partir de múltiplas escalas espaciais e temporais, em avaliações da situação ecológica atual e de previsões de riscos futuros para os recursos naturais.

O monitoramento das condições ambientais é um meio eficaz para a gestão ambiental pública, especificamente em áreas onde se faz necessária a implantação de cemitérios ou em áreas onde já existam estruturas em funcionamento, possibilitando o monitoramento da qualidade ambiental e auxiliando nos processos de tomada de decisão para a efetivação de ações de remediação, manutenção, prevenção e fiscalização.

2- OBJETIVO

Objetivamos nesse trabalho demonstrar a importância que os fatores físico-geográficos, relevo, solo e clima, têm, no agravamento da espacialização da pluma de contaminantes, a partir das características geomorfológicas, pedológicas e climáticas presentes nos locais de implantação dos cemitérios.

Esta pesquisa orienta-se pela hipótese de que as características pedológicas, associadas aos fatores climáticos e geomorfológicos, influenciam na propagação de plumas de contaminação oriundas de cemitérios, ampliando a área contaminada e potencializando os impactos ambientais e a saúde pública.

3- METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto buscamos, em primeiro lugar, configurar a relação sistêmica dos fatores físico-geográficos com a espacialização de plumas de contaminação oriundas de cemitérios, por meio de levantamento bibliográfico de trabalhos teóricos e empíricos que abordam:

- A temática cemitérios e meio ambiente;
- O comportamento de contaminantes (químicos, físicos e microbiológicos) no solo e nas águas (superficiais e subterrâneas);
- As caracterísiticas encontradas a partir dos fatores físico-geográficos, relevo, solo e clima, que os relacione com a espacialização dos contaminantes.

A face dos dados levantados, estabelecemos modelos teóricos da possível área atingida pela pluma de contaminação oriunda dos 3 cemitérios estudados,

concluindo quais são as condições que estabelecem os diferentes graus de vulnerabilidade à espacialização das plumas de contaminação.

4- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, PEDOLÓGICA, HIDROGEOLÓGICA E HIDROGRÁFICA

A maioria dos trabalhos elaborados para avaliação da contaminação em cemitérios, em cada cemitério traz levantamentos baseados em ampla bibliografia das características físicas: Geologia, Geomorfologia, Hidrogeologia e pedologia. Alguns procedem com levantamento climático e outros, ainda, incluem a hidrografia.

MARTIN et al. (1991, p. 49) fazem uma rápida caracterização dos 3 cemitérios: Cemitério de Vila Formosa (CVF), Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha (CVNC) e Cemitério de Areia Branca (CAB)

> Os três cemitérios estudados encontram-se em regiões geológicamente bem conhecidas. No CVF, há predomínio de sedimentos terciarios da Bacia de São Paulo, onde ocorre alternância de solos argilosos e areno-argilosos. O CVNC, localiza-se em terreno predominantemente arenoso, com níveis mais argilosos. No CAB há predomínio de sedimentos quaternários marinhos que são arenosos, com alta porosidade e permeabilidade.

PACHECO et al. (1991, p. 98) também procedem da mesmo forma com a caracterização Geológica e Geomorfológica desses mesmos 3 cemitérios.

MATOS et al. (1998, p. 3), MATOS e PACHECO (2000, p. 3), MATOS (2001, p. 21 a 29), MATOS et al. (2002, p. 4), procedem com a caracterização geológica, geomorfológica, hidrogeológica, pedológica e climática do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, citando outros importantes autores que, anteriormente, procederam com as caracterizações que abrangem a área desse cemitério.

MIGLIORINI (1994) faz, em seu estudo sobre o cemitério de Vila Formosa, caracterização geológica, geomorfológica, pedológica, hidrogeológica e hidrográfica, e separa a condição hidrológica (como pluviométrica) da caracterização climática (classificação climática e média de temperatura).

> O clima do Município de São Paulo pode ser classificado como tropical de altitude com verão moderado. A temperatura média anual é de 18°C, sendo os meses (...) os mais quentes do ano, com média de 24°C ... (MIGLIORINI, 1994, p. 28)

Nesse trabalho, apear do reconhecimento da importância do solo, não é dada a relativa importância à pluviosidade e sua interação com o solo e a espacialização dos contaminantes.

Para complementar os dados bibliográficos levantados, foi realizado mapeamento com informações sobre a situação de localização, em área urbana de grande densidade habitacional (nos três cemitérios) e dados com características adicionais importantes para o desenvolvimento desse trabalho, que destoam dos encontrados, como é o caso das características pedológicas.

O cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, situado à Av. João Marcelino Branco, s/n, no Bairro de Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo, ocupa área aproximada de 350.000 m2 e dispõe de, aproximadamente, 28.000 vagas para sepultamentos, entre concessões e sepulturas (Figuras 1 e 2).

Figura 1: Localização do cemitério Vila Nova Cachoeirinha. Fonte: http://www.cemiterio.net/cemiterio-vila-nova-cachoeirinha/

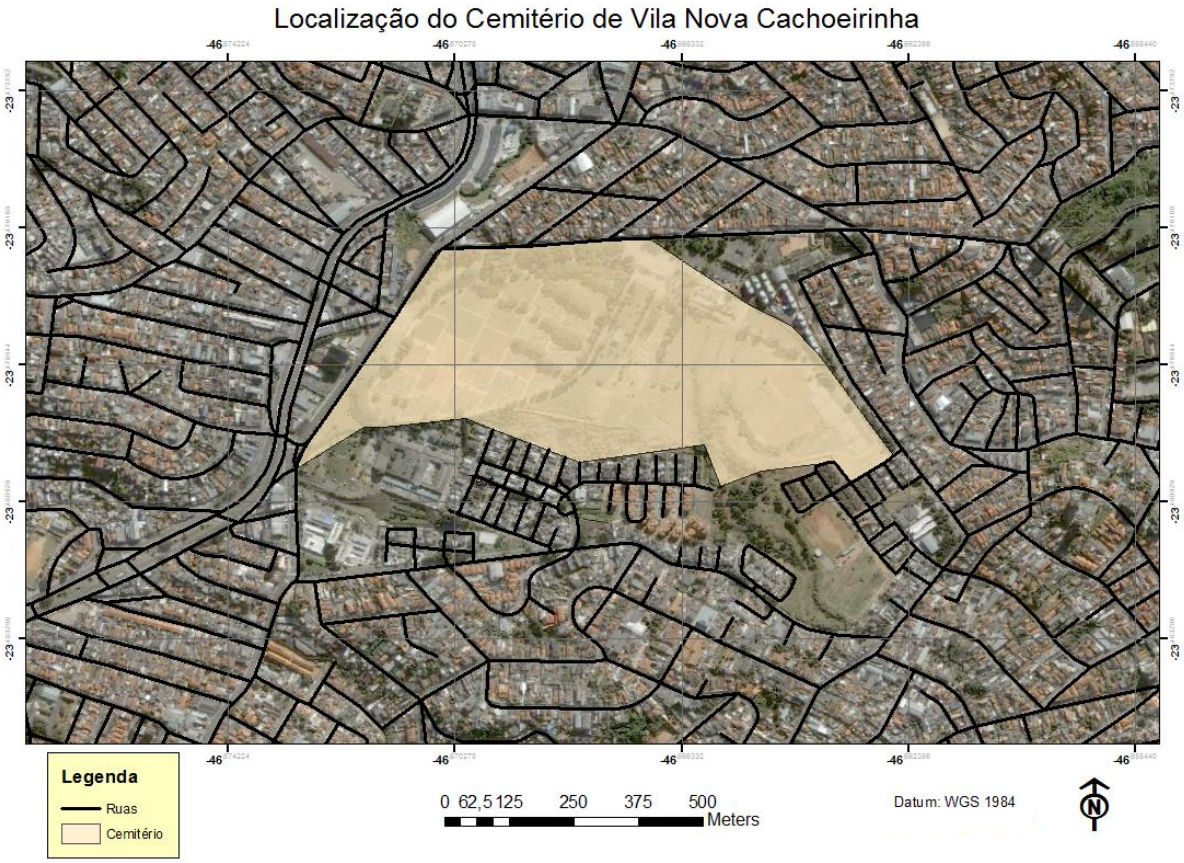

Figura 2: Imagem Orbital com a localização do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha. Organizador: Luiz Barros (2016)

O cemitério de Vila Formosa, situado à Av. Flor de Vila Formosa, s/n, ou Av. João XXIII, 2537, no Bairro de Vila Formosa, São Paulo, ocupa área aproximada de 763.000 m2, sendo considerado o maior cemitério da América Latina. Compreende a união de 2 cemitérios, construídos em áreas adjascentes e interligadas: Vila Formosa I e II, dispondo, no total, de aproximadamente 110.000 sepulturas e 95.000 ossários (Figuras 3 e 4).

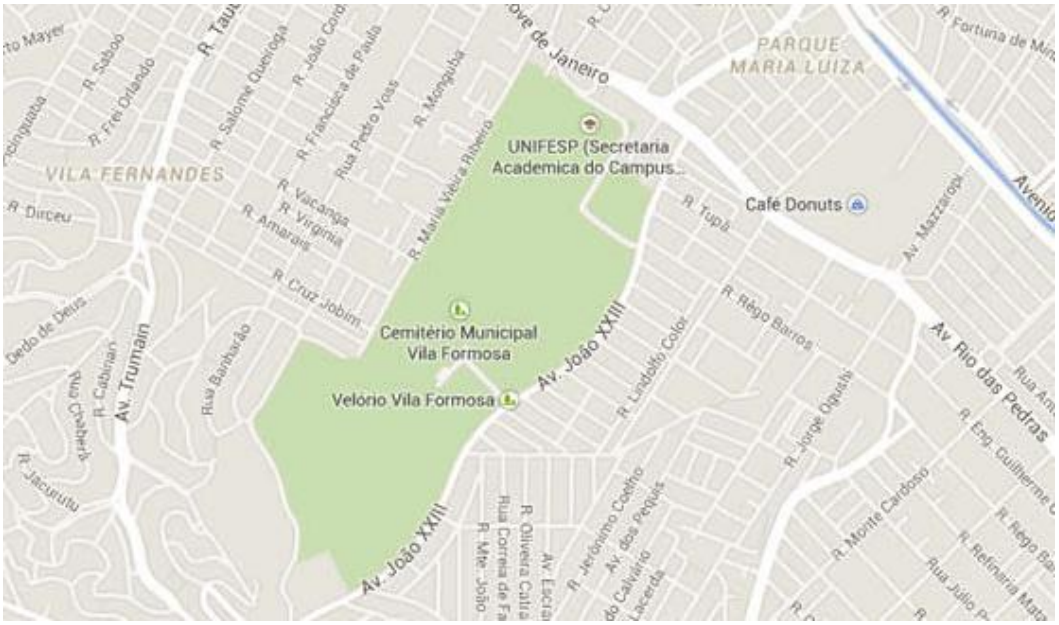

Figura 3: Localização do cemitério Vila Formosa. Fonte: http://www.cemiterio.net/cemiterio-vila-nova-cachoeirinha/

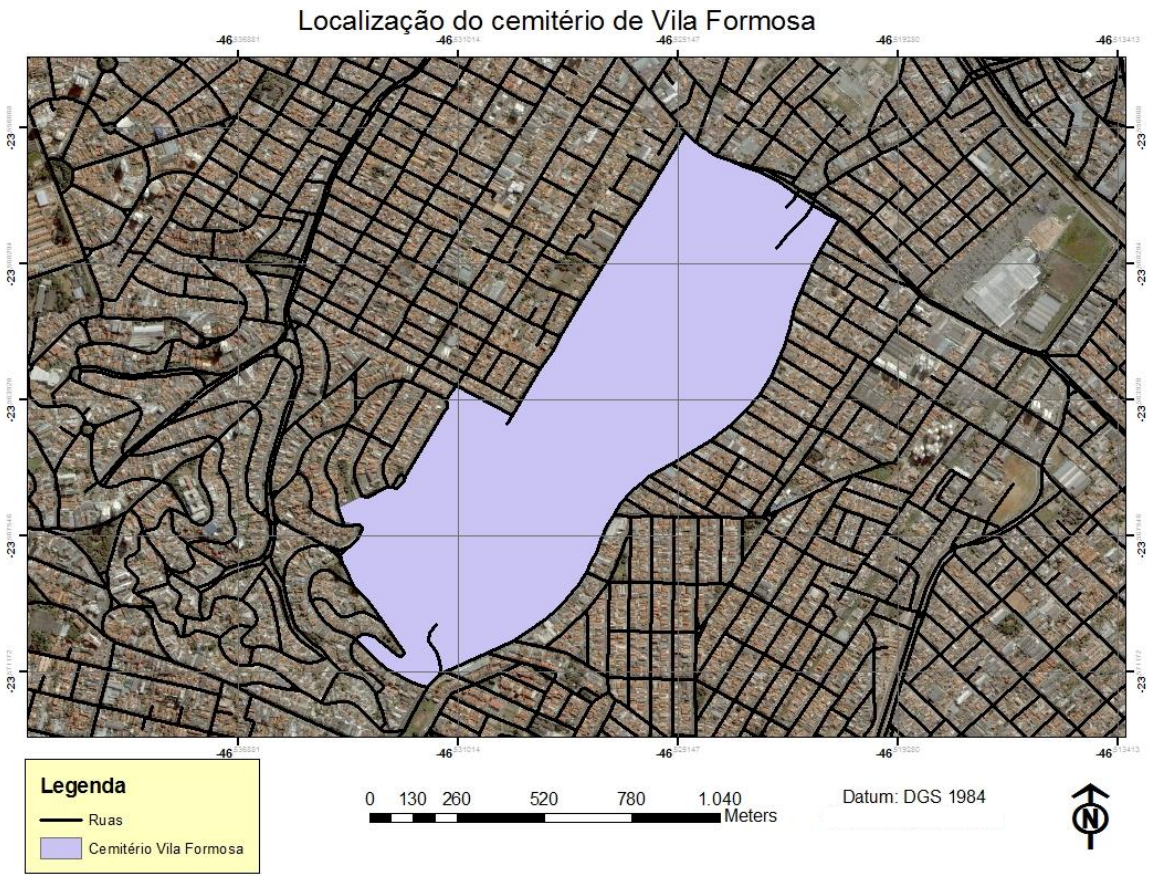

Figura 4: Imagem Orbital com a localização do cemitério de Vila Formosa.
Organizador: Luiz Barros (2016)

O cemitério de Areia Branca, situado à Av Ns. de Fátima, 768, no Bairro de Areia Branca, município de Santos, SP, e ocupa área aproximada de 48.000 m2 (Figuras 5).

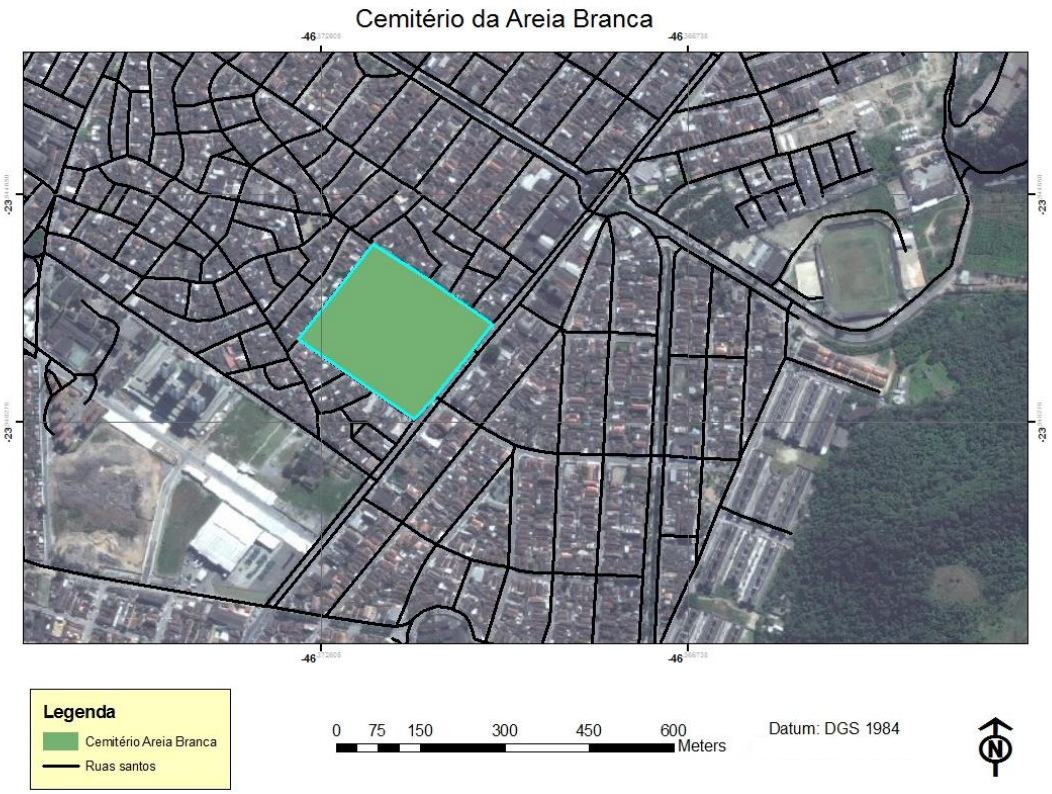

Figura 5: Imagem Orbital com a localização do cemitério de Areia Branca, Santos (SP). Organizador: Luiz Barros (2016)

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, do Estado de São Paulo, procede, também, com a caracterização Geológica e/ou Geomorfológica nas áreas dos 3 cemitérios estudados (figuras 6, 7, 8 e 9), O Instituto Agronômico de Campinas – IAC, com a caracterização pedológica (Figuras 10 e 11) e o Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo, com o levantamento hidrográfico (Figuras 12 e 13), nas áreas dos cemitérios de Vila Nova Cachoeirinha e de Vila Formosa.

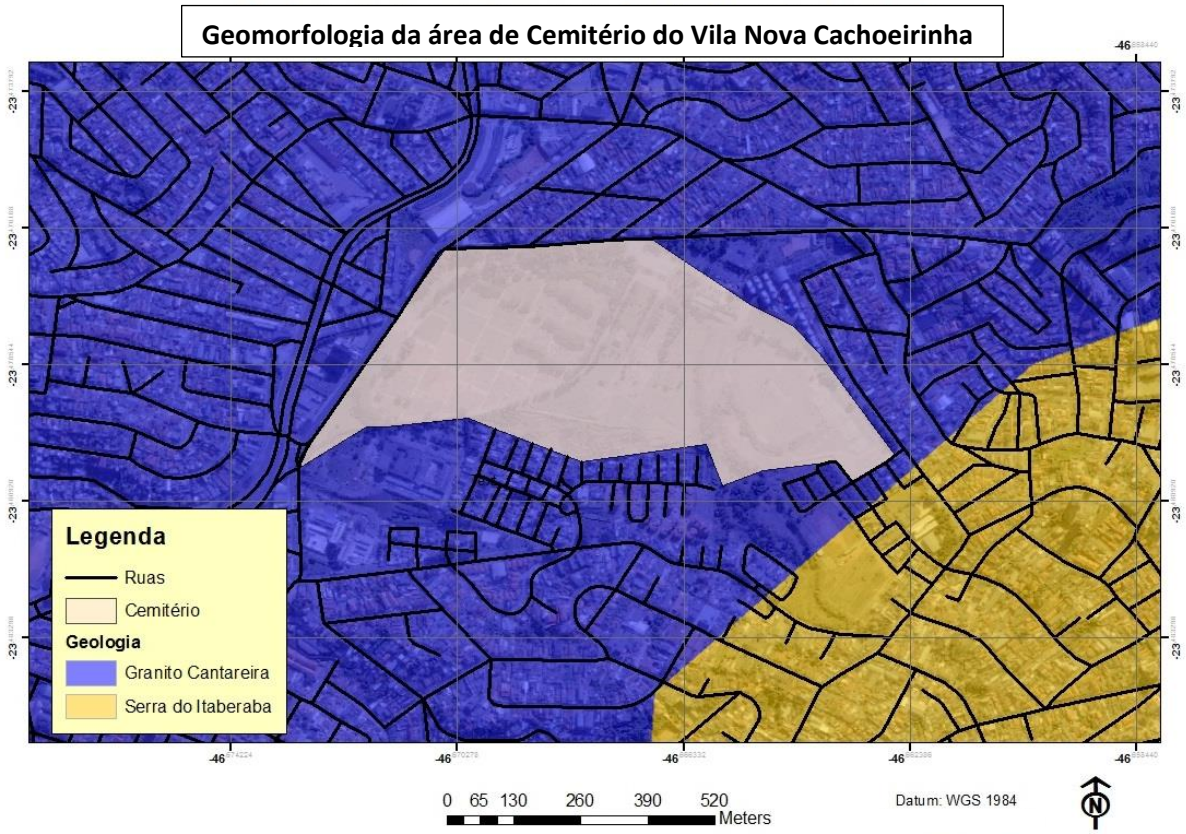

Figura 6: Caracterização geomorfológica na área de localização do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha. Fonte: IPT - Mapa geomorfológico do estado de são paulo, são paulo, 1981. Escala 1:500.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

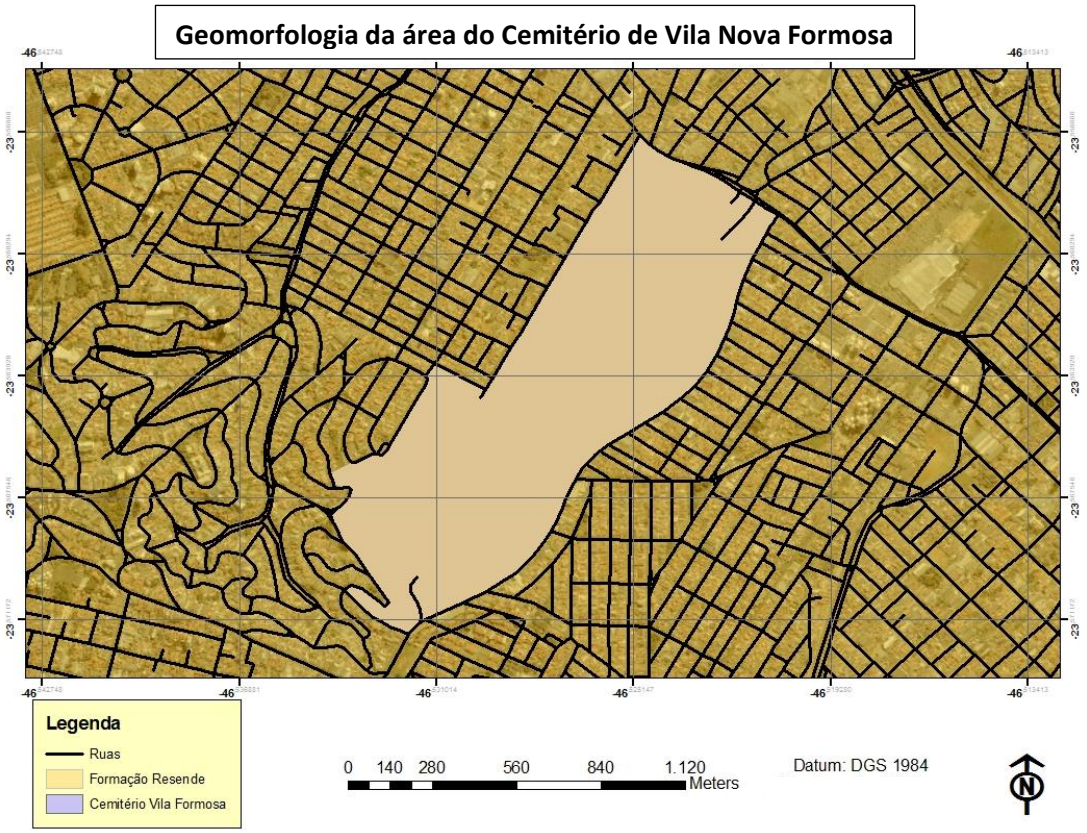

Figura 7: Caracterização geomorfológica na área de localização do cemitério de Vila Formosa. Fonte: IPT - Mapa geomorfológico do estado de são paulo, são paulo, 1981. Escala 1:500.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

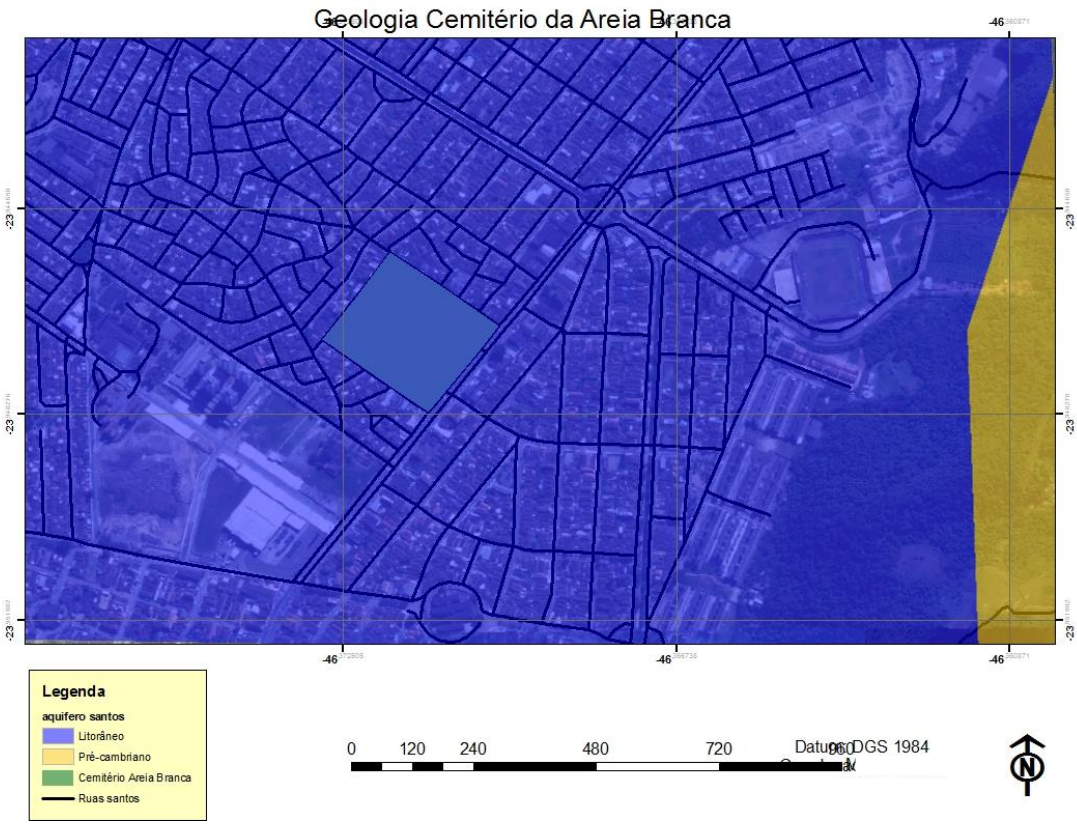

Figura 8: Caracterização geológica na área de localização do cemitério de Areia Branca. Fonte: IPT - Mapa geomorfológico do estado de são paulo, são paulo, 1981. Escala 1:500.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

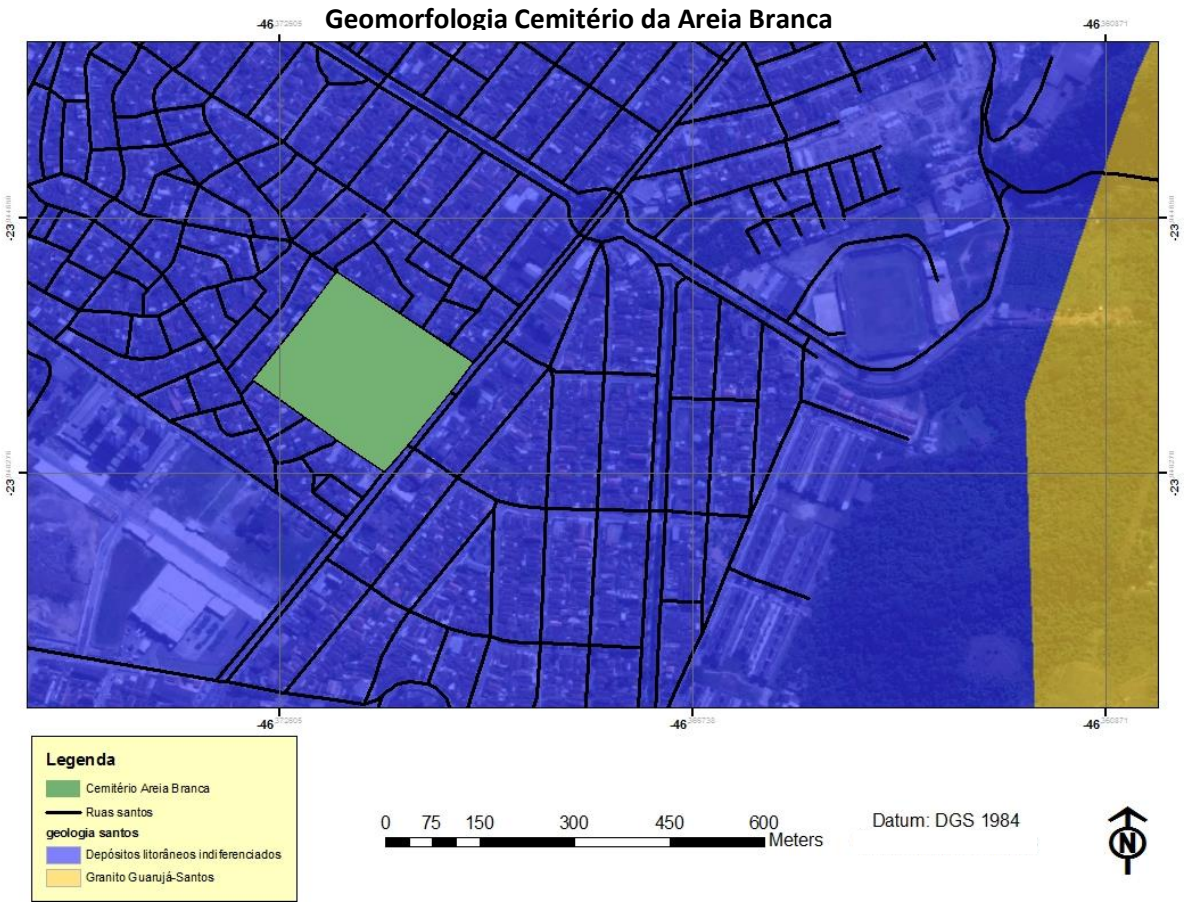

Figura 9: Caracterização geomorfológica na área de localização do cemitério de Areia Branca. Fonte: IPT - Mapa geomorfológico do estado de são paulo, são paulo, 1981. Escala 1:500.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

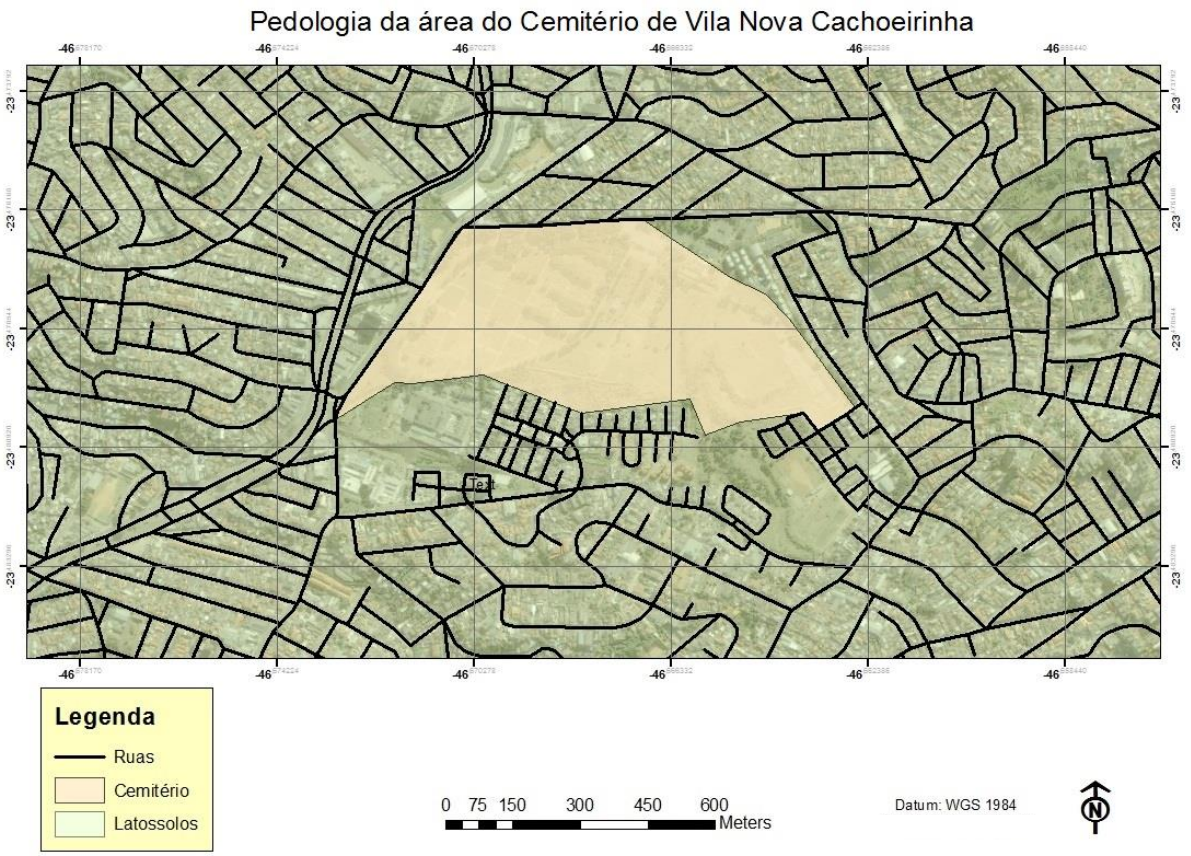

Figura 10: Caracterização Pedológica na área de localização do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha. Fonte: IAC. Mapa Pedológico do estado de São Paulo, Campinas, 1989. 1: 500.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

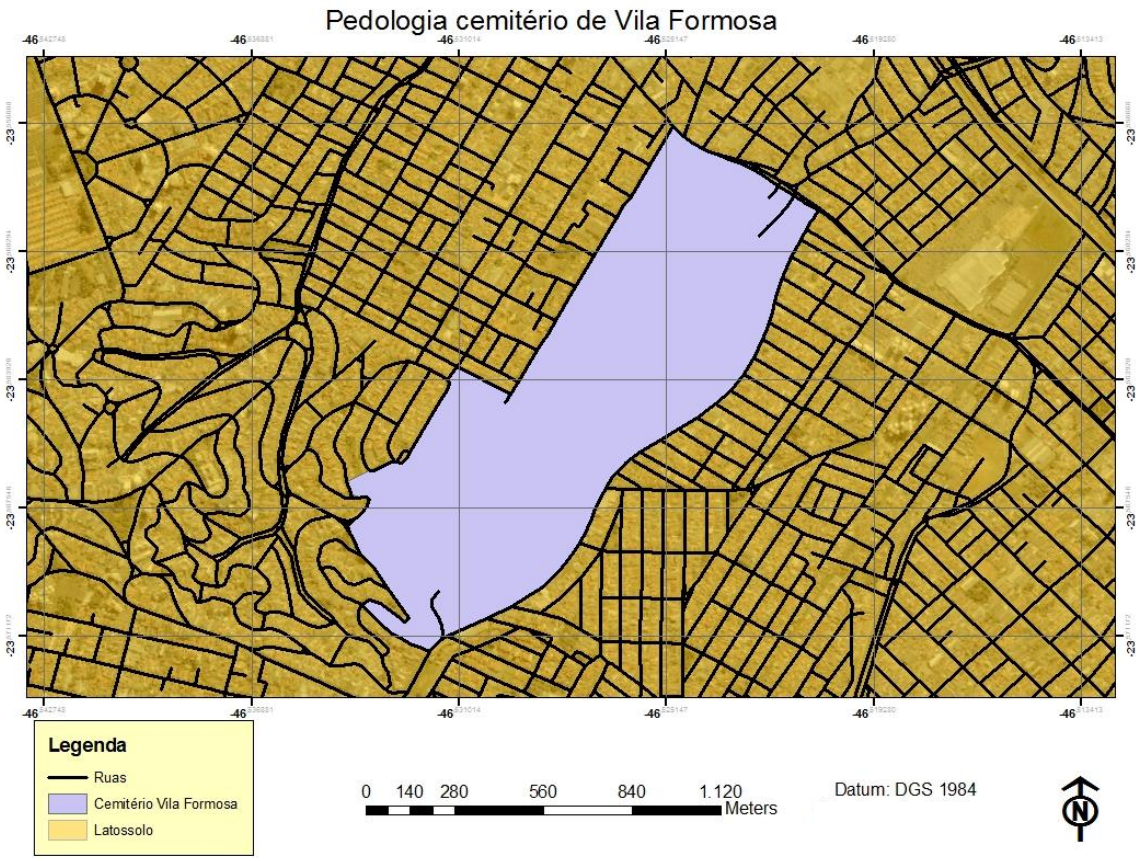

Figura 11: Caracterização Pedológica na área de localização do cemitério de Vila Formosa. Fonte: IAC. Mapa Pedológico do estado de São Paulo, Campinas, 1989. 1: 500.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

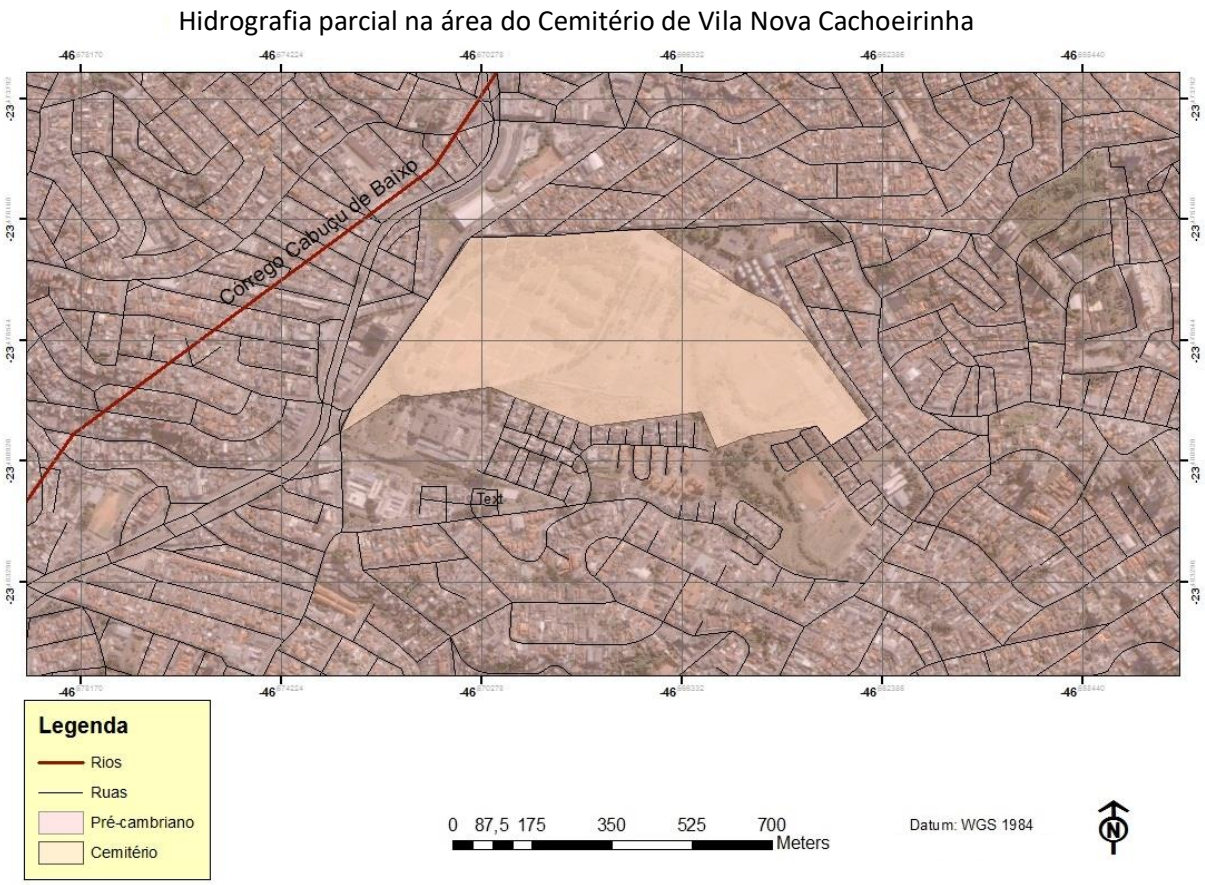

Figura 12: Caracterização Hidrográfica na área de localização do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha. Fonte: IGC - Rede hidrográfica do Estado de São Paulo, são Paulo, 1985. Escala: 1: 1.000.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

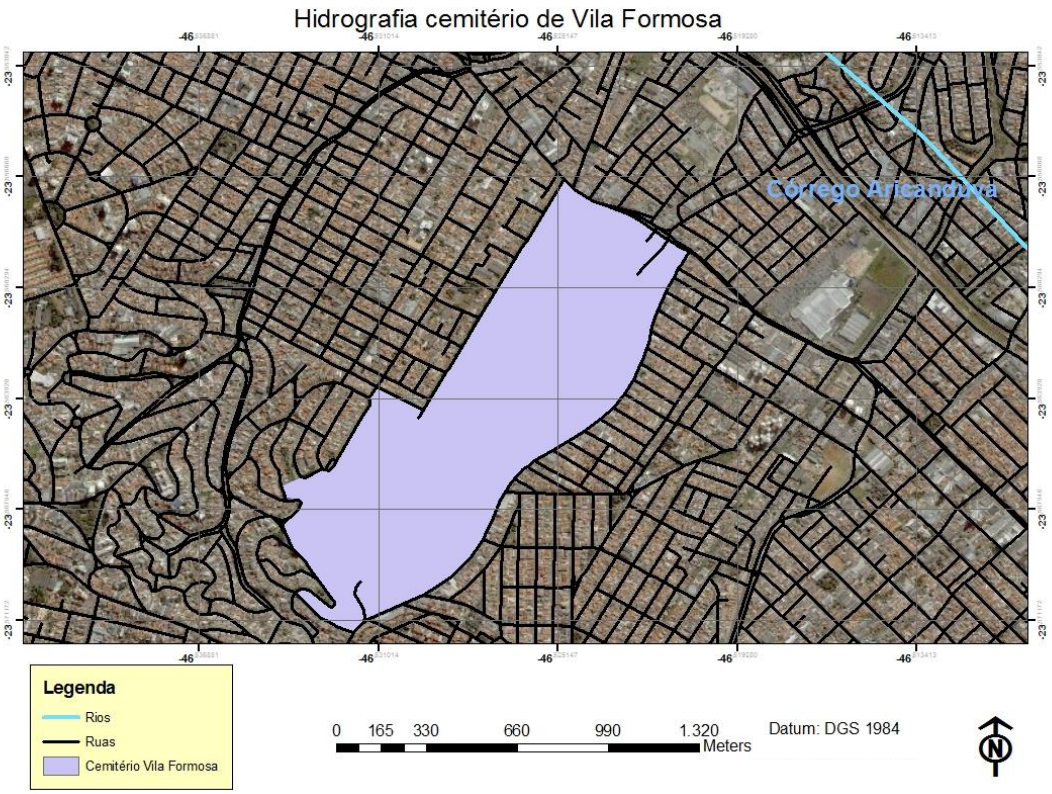

Figura 13: Caracterização Hidrográfica na área de localização do cemitério de Vila Formosa. Fonte: IGC - Rede hidrográfica do Estado de São Paulo, são Paulo, 1985. Escala: 1: 1.000.000. Organizador: Luiz Barros (2016)

Mais especificamente em relação ao solo, dada a importância desta variável, complementou-se com informações do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, que determina as três áreas como mancha urbana, sobre áreas de Cambissolos e Latossolos (Cemitérios de Vila Nova Cachoeirinha e Vila Formosa) e Mancha Urbana sobre áreas de Gleissolo Sálico e/ou Espodossolo Ferrocárbico (Cemitério de Areia Branca) (Figura 14).

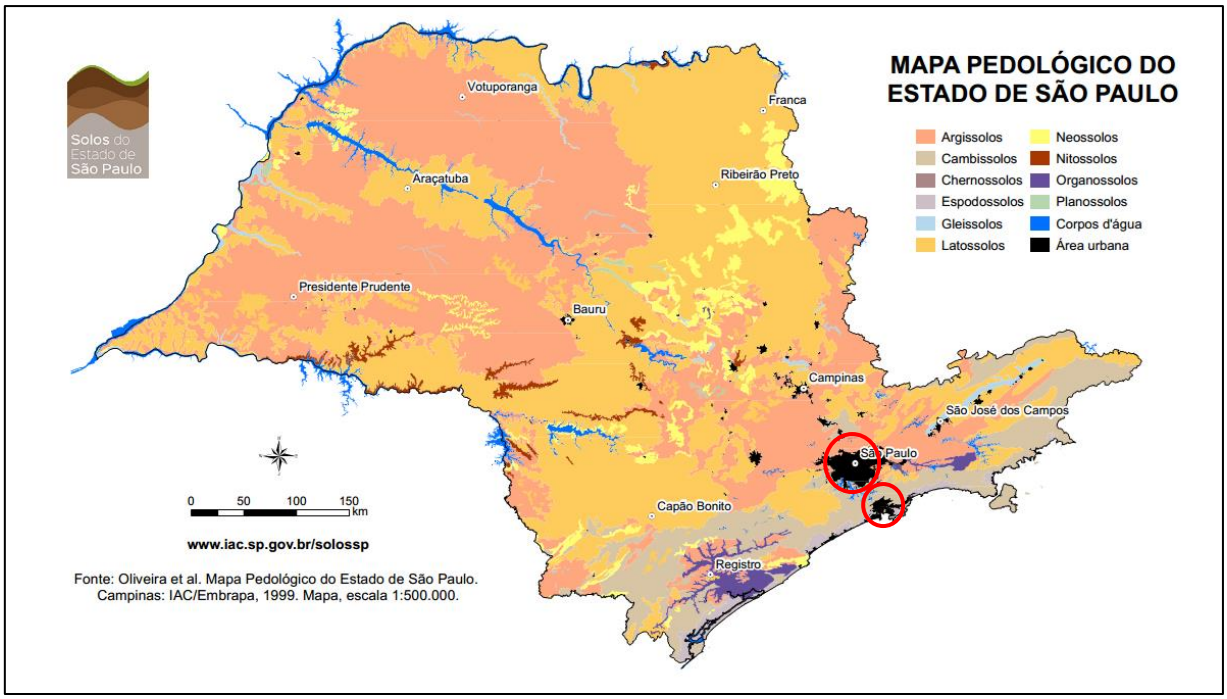

Figura 14: Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Disponível em:

http://www.iac.sp.gov.br/solossp/pdf/mapa_pedologico_Solos_Estado_de_Sao_Paulo.pdf

4.2 LEVANTAMENTO CLIMÁTICO ESPECÍFICO

Com a finalidade de demonstrar a necessidade de um levantamento climático mais preciso, especialmente com vistas aos dados pluviométricos, necessários para uma boa avaliação das potencialidades locais, que influenciam na espacialização das plumas de contaminantes, inserimos os dados relativos ao município de Santos, onde se localiza o Cemitério de Areia Branca.

O levantamento feito a partir de dados do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO, demonstra períodos com eventos de chuva extraordinários, como, por exemplo, entre os dias 17 e 19/03/2003, quando houve o total de 212mm; entre 23 e 26/03/2006, com o total de 171mm, entre 25 e 28/02/2010, o total de 147,8mm, entre 05 e 07/04/2010, o total de 299,9 mm (um dos mais extraordinários no período levantado), e o primeiro evento de

chuva, em fevereiro de 2014 com o total de 140,8mm em apenas 1 dia (Tabela 1).

Tabela 1: Levantamento climático reduzido de Santos (SP)									
Monitoramento Climatológico: Santos no período de 01/07/2002 até 21/02/2016									
Período	Temperatura Máxima Absoluta	Temperatura Mínima Absoluta	Média das Temperaturas Máximas	Média das Temperaturas Mínimas	Temperatura Média	Evapo-transpiração Potencial	Chuva	Chuva Acumulada Mensal	Dias Com Chuva no Mês
	(ºC)					(mm)			
01/07/2002 a 03/07/2002	26	16,3	24,5	18,5	21,5	6	0	0	1
04/07/2002 a 10/07/2002	26,6	13,6	23,6	17,2	20,4	13	0	0	1
(...)									
13/03/2003 a 16/03/2003	34,9	21,8	32,3	22,5	27,4	15	62	74	11
17/03/2003 a 19/03/2003	27	19,2	25,8	21,1	23,4	11	212	286	14
20/03/2003 a 23/03/2003	32,4	20,2	29,1	20,9	25	13	27	158	15
(...)									
20/03/2006 a 22/03/2006	32,3	23,7	30,6	24,2	27,4	14	1	74,5	8
23/03/2006 a 26/03/2006	37,2	20,8	32,8	23,2	28	21	171,1	245,6	11
27/03/2006 a 29/03/2006	30,6	21	28,9	21,9	25,4	12	53,4	299	14
30/03/2006 a 02/04/2006	32	19,6	28	20,4	24,2	15	66,8	1	1
(...)									
01/04/2010 a 04/04/2010	30,1	21,6	27,8	22,3	25	13	14,5	14,2	1
05/04/2010 a 07/04/2010	27,3	16,8	23,7	19,5	21,6	8	299,9	63	1
08/04/2010 a 11/04/2010	25,1	17,7	24	17,9	20,9	10	42,5	1,5	1
12/04/2010 a 14/04/2010	28,5	18	27,4	18,3	22,9	8	5,6	0	0
(...)									
30/01/2014 a 02/02/2014	34,9	19,2	32,9	21,8	27,3	23	8,2	0	0
03/02/2014 a 05/02/2014	36	20,2	35,3	21,5	28,4	18	0	0	0
06/02/2014 a 09/02/2014	37,5	20	35,2	20,8	28	24	0	0	0
10/02/2014 a 12/02/2014	34,6	19,6	33,7	20,1	26,9	16	0	0	0
13/02/2014 a 16/02/2014	36	20,8	30,6	21,6	26,1	19	140,8	36	1
17/02/2014 a 19/02/2014	29,2	16,6	28,8	19	23,9	12	47,4	4,6	1
20/02/2014 a 23/02/2014	34,6	17,3	32,6	19	25,8	19	2,8	2,6	1
24/02/2014 a 26/02/2014	30,4	20,6	30,4	21,2	25,8	10	0,3	0	0
27/02/2014 a 02/03/2014	35,6	20	31,4	20,9	26,2	19	70,4	30,4	1
(...)									
11/02/2016 a 14/02/2016	28,9	17,6	27,1	20,1	23,6	16	8,4	0	0
15/02/2016 a 17/02/2016	29,2	21,7	28,6	21,9	25,3	13	54,2	18,2	1
18/02/2016 a 21/02/2016	32	21,2	30,7	21,9	26,3	20	12,3	0	0
CIIAGRO ONLINE									

Tabela 1: Levantamento Climático Resumido de Santos (SP). Organizado por FIGUEIREDO FILHO (2016)

Esses dados demonstram eventos de chuva que propiciam a lixiviação superficial dos contaminantes e o aumento da carga hidráulica no solo pelo acúmulo de água nos locais rebaixados e túmulos. (Figuras 15 a 18)

Figura 15: Túmulo danificado expondo o solo e sujeito ao empoçamento de água. Cemitério da Areia Branca, Santos/SP – outubro de 2014. Autor: FIGUEIREDO FILHO

Figura 16: Empoçamento de água. Note que a água invade a área de sepultamentos, e que existe uma fenda no piso da rua que permite a infiltração de água. Cemitério da Areia Branca, Santos/SP – outubro de 2014. Autor: FIGUEIREDO FILHO

Figura 17: Empoçamento de água. É possível verificar que a água escoa superficialmente e acumula nos pontos mais baixos. Cemitério da Areia Branca, Santos/SP – outubro de 2014. Autor: FIGUEIREDO FILHO

Figura 18: Empoçamento de água. De acordo com o levantamento feito no CIIAGRO, o volume de chuva no período de 02 a 08 de outubro de 2014, quando foram feitas as fotos, foi de 9,9mm. Cemitério da Areia Branca, Santos/SP – outubro de 2014. Autor: FIGUEIREDO FILHO

Dependendo da situação de instalação do cemitério e das caracterísiticas de relevo, pode haver acúmulo de água mesmo nos eventos normais de chuva. Os eventos extraordinários ampliarão em muito os efeitos, que poderão ampliar a percolação do necrochorume no solo, a lixiviação dos contaminantes pela superfície, podendo atingir as águas superficiais e ampliar a área de contaminação de solo.

4.3- CEMITÉRIOS E MEIO AMBIENTE

Em 1984, PACHECO e REBOUÇAS, sugerem, entre outros importantes pontos, que seja elaborada legislação que regulamente a construção de cemitérios, demonstrando, à época, que no Brasil já havia a preocupação com a contaminação ambiental oriunda de cemitérios.

> Como são os problemas de qualidade os mais preocupantes, como consequência do desenvolvimento urbano e industrial, as recomendações que propomos nesse campo parecem-nos adequadas como forma de complementação no sentido de tornar a legislação brasileira mais adequada e dinâmica quanto à preservação das águas subterrâneas contra elementos poluentes e contaminantes.
>
> Deste modo, recomendamos:
>
> - a obrigatoriedade da observância das normas técnicas e especificações estabelecidas pela ABNT, na elaboração de projeto (...) - a regulamentação da construção dos cemitérios ...
>
> (PACHECO e REBOUÇAS, 1984, p. 517 e 518)

Bérgamo (1954) apud SILVA (2008, p. 5) defendeu a necessidade de estudos geológicos e sanitários das áreas de cemitérios e a verificação da possibilidade de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

PACHECO et al.. (1991, p.98 e p. 103) fizeram uma comparação entre três cemitérios, em situações geomorfológicas e pedológicas diferentes, e caracterizaram a importância do solo no processo de contaminação das águas subterrâneas. Sem dúvida, um dos trabalhos mais importantes até então realizados e um dos mais citados no Brasil e no Mundo.

WHO (1998) faz um levantamento dos trabalhos importantes executados em vários países na temática de impactos ambientais causados por cemitérios, demonstra a preocupação com a contaminação das águas subterrâneas por contaminantes químicos e biológicos, oriundos dos cemitérios, e sugere vários temas para pesquisas futuras. Conclui afirmando que, nos cemitérios, cadáveres humanos podem causar poluição das águas subterrâneas por aumentarem as concentrações de substâncias naturais orgânicos e inorgânicos a um nível suficiente para tornar as águas subterrâneas inutilizáveis ou não potáveis.

MATOS (2001) avaliou a ocorrência e o transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, simulando o transporte de vírus no aquífero, utilizando traçadores químicos e biológicos em colunas de solo do cemitério reproduzidas em laboratório, investigações com técnicas geofísicas, com sondagens elétricas, caminhamento eletromagnético e análises laboratoriais de água e de solo.

MENDES et al.. (1989) apud MATOS (2001, p. 4), foram os primeiros a aplicar técnicas geofísicas para estudar a contaminação em cemitérios, correlacionando

anomalias de condutividade elétrica aparente, em estudos eletromagnéticos, com a contaminação oriunda dos sepultamentos.

SILVA (2007, p.37) procede com uma Avaliação Ambiental Preliminar (AAP) e diagnosticou que o Cemitério de Itaquera (SP) é uma Área Suspeita de Contaminação (ASC), através de levantamento expedito, análises topográficas e geológicas, análises de solo e de águas de surgência (fontes) e de cisterna.

BRITO SOUZA (2012) estabelece o monitoramento da contaminação microbiológica do aquífero freático no local do cemitério Bom Jardim, Fortaleza (CE), através de modelagem computacional. Simulando o fluxo de contaminantes nas águas subterrâneas e consequente avaliação do transporte de microrganismos patogênicos presentes na pluma de contaminação, com software PMWIN PRO®, admitindo-se o transporte advectivo dos microrganismos patogênicos. Os resultados mostraram a pequena possibilidade da contaminação microbiológica ultrapassar os limites do cemitério.

NIEA (2009) elaborou um tipo de guia que se destina a informar os responsáveis pelo desenvolvimento de cemitérios sobre as questões que devem ser consideradas, em relação aos possíveis impactos ambientais, e estabelecendo normas para o local do sepultamento.

As informações devem incluir estudos geológicos e hidrogeológicos, o uso histórico da terra, a localização de recursos de água nas proximidades e as características de drenagem, localização de poços utilizados como água potável, incluindo nesses estudos os futuros locais onde serão feitos os sepultamentos.

4.4- CONTAMINANTES ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE CONTAMINAÇÃO

4.4.1- CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

A maioria dos trabalhos sobre cemitérios leva em consideração, principalmente, a contaminação microbiológica, ainda que em alguns trabalhos os contaminantes químicos, principalmente os originados pelo esgoto, também sejam considerados associados aos microbiológicos, oriundos desta fonte de poluição.

MARTINS et al. (1991, p. 48), considera, em suas análises, as condições higiênicas e as sanitárias, determinando como parâmetros os coliformes totais, as bactérias heterotróficas, microrganismos proteolíticos e lipolíticos, para as condições higiênicas e coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores, colifagos e salmonelas, para as sanitárias.

KNIGHT (1995, p. 13), estudando a potencial contaminação dos cemitérios na Austrália, referencia como contaminantes biológicos: coliformes fecais, estreptococos fecais e demanda bioquímica de oxigênio (5 dias) (DBO5).

RODRIGUES (2010, p. 4) leva em consideração as seguintes variáveis microbiológicas: coliformes totais e fecais, Streptococcos fecais, bactérias heterotróficas (22 º C e 36 º C), clostrídios e bactérias proteolíticas.

MATOS (2001, p. 53, 85 e 86) utiliza como parâmetros Bactérias heterotróficas, Bactérias proteolíticas, *Clostridium perfringes*, Coliformes totais e fecais e vírus humanos (adenovírus e enterovírus). Além desses parâmetros, foram introduzidos traçadores biológicos. O escolhido foi o colifago T4 por ser aquele

que melhor se enquadrou em termos de exigências normativas, maior concentração e manteve-se estável por mais tempo.

Apesar de ser voltado para contaminação por necrochorume de origem animal, FIGUEIREDO FILHO (2011, p. 110) estabelece como parâmetros, além dos determinados em outros trabalhos de contaminação por necrochorume humano, parâmetros relativos às zoonoses, que podem perpetuar no ambiente após a morte do animal, principalmente com origem em bactérias. Dessa forma, foram estabelecidos como parâmetros *Salmonella*, Coliformes totais, Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli,* Clostrídios sulfito redutores, *Clostridium perfringens*, Esporos de bactérias mesófilas anaeróbias e de bactérias termófilas anaeróbias e aeróbias, e Contagem de aeróbios mesófilos totais.

FIGUEIREDO FILHO, MANFREDINI e PACHECO (2011, p. 10 e 15), estabelecem novas formas de coleta, transporte e manutenção das amostras, algumas das quais se mostraram eficazes, trazendo à luz resultados diferenciados, em relação às formas tradicionais.

4.4.2- CONTAMINANTES QUÍMICOS E FÍSICOS

São raros os trabalhos que levam em consideração, conjuntamente, contaminantes químicos e físicos associados aos cemitérios. Um dos mais importantes autores são SPONGBERG e BECKS (1999, p.7), que relatam em seu trabalho como os contaminantes oriundos dos caixões e de práticas funerárias (como o embalsamamento) se alojam no solo, no subsolo e em águas subterrâneas de cemitérios.

RODRIGUES (2010, p. 4), leva em consideração as seguintes variáveis físico-químicas: temperatura, pH, condutividade eléctrica, nitritos, nitratos, íon de amónia, cloreto, oxidabilidade, fósforo total, cálcio, magnésio, dureza, sulfatos, sódio, potássio, zinco total, total de chumbo e COT.

Outros trabalhos levantados mantém a investigação apenas no âmbito de parâmetros de potabilidade estabelecidos pela ANVISA, pela OMS e por outros orgãos de referência de saúde.

4.4.3- FÁRMACOS

Os fármacos ainda não representam contaminantes investigados entre os possíveis oriundos dos cemitérios. Estuda-se atualmente sua presença no solo e em águas superficiais e subterrâneas, em estações de tratamento e em águas de abastecimento com origem, principalmente, nos fármacos descartados no ambiente, oriundos das residências (lixo, águas residuais e esgoto), lixões e aterros controlados, hospitais e, até mesmo, das atividades pecuárias.

Eles já constam dos pontos de preocupação de países desenvolvidos, principalmente os membros da União Européia, e estão presentes em muitos estudos no mundo e no Brasil (OTTERSTETTER, 1993; STAHLSCHMIDTALLNER, 1997 e KOLPIN, 2002).

4.5- COMPORTAMENTO DOS CONTAMINANTES NO SOLO E NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A propagação de microorganismos patogênicos, oriundos de cemitérios, pelo solo e pelas águas superficiais e subterrâneas, e a área relativa de espacialização da contaminação, é ainda um tema pouco estudado. Mesmo trabalhos que associam a espacialização de microorganismos patogênicos oriundos de outras fontes de contaminação, também são raros.

Encontram-se, mais comumente, trabalhos que associam o solo como ambiente depurador, possível de ser utilizado como uma das etapas no tratamento de esgotos e de águas contaminadas com determinadas toxinas e/ou microorganismos (KHALAPHALLAH, 2012; CAVINATTO e PAGANINI, 2007; WANIELISTA, 2009).

Também são raros os trabalhos que associam a espacialização dos contaminantes com fatores naturais, como relevo, tipo de solo e índice pluviométrico, estabelecendo apenas, nesses poucos trabalhos, a relação entre o solo e determinados contaminantes (BALES, 1989).

BALES (1989, p.2061) afirma que viroses entéricas humanas podem se deslocar a profundidades maiores que 64 metros e distâncias maiores que 1.600 metros, sob certas condições. Também afirma que 2 fatores controlam o destino dos vírus nas águas subterrâneas: a sobrevivência no subsolo e sua retenção pelo solo. A capacidade de retenção de umidade, pH e matéria orgânica influenciam a sobrevivência e a retenção. Tamanho de partículas do solo, capacidade de troca catiônica e teor de argila influenciam a retenção. Conclui afirmando, entre outras coisas, que partículas de vírus podem persistir e viajar por muitos metros,

em aquíferos arenosos, e que colifagos e patógenos humanos potenciais podem viajar mais rápido do que contaminantes químicos originários da mesma fonte.

MARTINS et al. (1991), seleciona três cemitérios em áreas com características geológicas distintas, mas em regiões geológicamente bem conhecidas, para se avaliar o tipo de resposta ao processo de poluição do lençol freático, em função da litologia. No Cemitério de Vila Formosa-CVF (São Paulo), há predomínio de sedimentos terciários da Bacia de São Paulo, onde ocorre alternância de solos argilosos e areno-argilosos. O Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha-CVNC (São Paulo), localiza-se em terreno predominantemente arenoso, com níveis mais argilosos. No Cemitério de Areia Branca-CAB (Santos, SP) há predomínio de sedimentos quaternários marinhos que são arenosos, com alta porosidade e permeabilidade.

> Com relação às características hidrogeológicas verificou-se que, no CVNC, o nível d'água variou entre 4 e 9 de profundidade, o que caracteriza a existência de um aquífero suspenso. Este tipo de aquífero também foi encontrado no CVF, onde o nível do lençol freático variou entre 4 e 12m. No CAB, localizado em área plana, o nível de água foi encontrado numa profundidade que variava de 0,60 a 2,20m e era influenciado, pelo regime de marés. (MARTINS et al., 1991, p. 49).

MARTINS et al. (1991), relaciona as condições geológicas (e pedológicas) ao nível de contaminação encontrado, e conclui que as diferenças geológicas e do nível do lençol freático influenciaram na qualidade bacteriológica das águas estudadas.

> O solo arenoso, que possibilita uma permeabilidade maior e o nível do lençol freático de pequena profundidade encontrados no

> CAB poderiam favorecer a passagem de bactérias do solo e dos túmulos para as águas subterrâneas. Isto poderia explicar os maiores níveis de coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores, de bactérias heterotróficas aeróbias e de bactérias lipolíticas, nesse cemitério, em relação aos demais. Neste tipo de terreno, parece haver uma condição de aerobiose (que pode ser verificada pela quantidade elevada de bactérias heterotróficas aeróbias), e passagem de matéria orgânica para o lençol freático, onde as proteínas seriam convertidas a nitrato, que se acumula nessas águas. (MARTINS et al., 1991, p. 49).

Também relaciona as características pedológicas com processos de retenção dos contaminantes, mas não ressalta que neste ambiente (o solo) passará a haver uma maior concentração desses patógenos:

> ... verifica-se que no CVF foram encontrados os níveis mais baixos de CT, EF, bactérias proteolíticas, contagem padrão de bactérias aeróbias e anaeróbias bem como de bactérias lipolíticas, o que indicaria que este tipo de região geológica, onde há alternância de solos argilosos e areno-argilosos, serviria como um filtro natural, retendo os microrganismos e a matéria orgânica no solo. (MARTINS et al., 1991, p. 50).

GAUDIO DE ALMEIDA, P. R. (2012, p. 26), relaciona as características pedológicas com a existência e manutenção de organismos patogênicos no solo.

> ...a maior porosidade em profundidades maiores pode colaborar para a reprodução dos patógenos no sentido de fornecer oxigênio às bactérias anaeróbicas facultativas, aumentando sua eficiência na produção da energia necessária à sua

> sobrevivência, permitindo maior circulação de gases entre os horizontes do solo, a troca de calor, bem como a circulação dos próprios agentes patógenos através dos espaços vazios, carregados principalmente pelos fluxos de água (...) Portanto, o solo analisado (latossolo de permeabilidade média) associado às condições climáticas da região em que foi coletado (...), seria inadequado para a disposição de carcaças animais por possuir características que possibilitam a circulação dos patógenos através dos fluxos de água que percolam através do solo, podendo atingir o aquífero.

COELHO (2004) em seu estudo sobre o decaimento de microrganismos indicadores de poluição por esgoto doméstico, objetiva “subsidiar futuros estudos de disposição de efluentes e cálculos de perímetros de proteção, a partir dos locais de infiltração”.

Em relação ao vírus:

> Assim, a temperatura é o fator individual mais importante na eliminação dos vírus, também em águas subterrâneas, sendo que se pode esperar 99% de redução a uma temperatura de 20ºC em dez dias, ainda que alguns enterovírus possam sobreviver por vários meses (Blanc & Nasser, 1995 apud Coelho (2004, p. 33).

Em relação às bactérias:

Também são relativamente limitadas as informações sobre a sobrevivência de bactérias em águas subterrâneas. (...) o período de sobrevivência desses organismos, de forma geral, é mais longo em águas subterrâneas do que em águas superficiais, em virtude da ausência de luz do sol e da baixa intensidade de competição por nutrientes disponíveis. Da mesma forma, a temperatura

constitui-se num fator importante, com as bactérias sobrevivendo por maior tempo a temperaturas mais baixas.

Seu levantamento bibliográfico é extenso e conduz a diversas hipóteses de sobrevivência dos microorganismos e à expansão da área abrangida pelos contaminantes nas águas subterrâneas:

> Estudos de campo já mostraram que em aqüíferos heterogêneos de areia e cascalho, as bactérias podem ser transportadas por dezenas ou centenas de metros. O transporte de microorganismos em fraturas e/ou fissuras se dá ainda mais rapidamente, e as distâncias percorridas pelos organismos podem chegar a quilômetros (Freeze e Cherry, 1979 apud Coelho, 2004, p. 36).

Também faz referência ao trabalho de Bales:

> Bales et al.. (1991) estudaram estes processos de adsorção dos vírus nas partículas sólidas e a reintegração dos vírus na solução utilizando colunas com esferas de silicato e bacteriófagos PRD-1 e MS-2. Uma vez que os vírus estavam aderidos às esferas, o estímulo à desagregação destes das esferas de silicato foi realizado com o aumento do pH da solução. Este trabalho ilustra a importância das perturbações químicas no transporte de biocolóides. Os autores afirmam que existem vários processos que contribuem para a aderência dos vírus e outros colóides nas partículas sólidas: atração e repulsão eletrostática, forças de Van der Waals, interações covalente-iônicas, ligações das moléculas de hidrogênio e efeitos hidrofóbicos (Coelho, 2004, p. 36).

CAMPOS (2007, p. 69), em seu trabalho sobre o potencial poluidor dos cemitérios, constrói, a partir de dados bibliográficos e de entrevistas com “especialistas”, uma tabela que relaciona as características do solo que influenciam a espacialização e a sobrevivência de bactérias e virus no solo (Figura 19):

Quadro 2 – Fatores influenciadores do movimento e sobrevivência de bactérias e vírus no solo e seus efeitos.

SIC

Fator	Efeito
Grau de umidade	Maior tempo de sobrevivência em solos úmidos e durante períodos de grande precipitação fluvial.
Temperatura	Maior tempo de sobrevivência em temperaturas mais baixas.
Adsorção	Sobrevivência ampliada com aumento da taxa de adsorção no solo.
pH	Período de sobrevivência reduzido em solos ácidos, com pH de 3 a 5. pH baixo favorece a adsorção de vírus. pH elevado resulta no desprendimento de vírus adsorvidos.
Luz do sol / evaporação	Menor período de sobrevivência na superfície do solo.
Matéria orgânica	Maior período de sobrevivência das bactérias e possibilidade de reprodução em presença de quantidades suficientes de matéria orgânica. Matéria orgânica solúvel compete com microrganismos por locais de adsorção nas partículas do solo, resultando em menor adsorção ou desprendimento de vírus já adsorvidos.
Antagonismo da microflora do solo	Maior tempo de sobrevivência em solo estéril. Microflora compete com as bactérias por nutrientes. Microrganismos aeróbios do solo afetam adversamente a sobrevivência dos vírus. Microrganismos anaeróbios não afetam a sobrevivência dos vírus.
Chuvas	Microrganismos retidos próximos à superfície do solo podem se desprender após chuvas fortes, por causa do estabelecimento de gradientes iônicos na coluna de solo.
Composição do solo	Bactérias e vírus adsorvem prontamente a argila sob condições apropriadas; quanto maior for o seu conteúdo no solo, mais intenso se torna o processo. Solos que contenham matéria orgânica também favorecem a remoção.
Carga hidráulica / taxa de fluxo	Microrganismos penetram mais profundamente no solo com o aumento da taxa de fluxo. Carga hidráulica se eleva naturalmente durante o período de chuvas.
Cátions	Os bivalentes favorecem a neutralização ou redução de forças repulsivas entre microrganismos e partículas do solo carregados negativamente, o que permite a ocorrência de adsorção.

Figura 19: Fatores influenciadores do movimento e sobrevivência de bactérias e vírus no solo e seus efeitos. Fonte: CAMPOS (2007)

Além da importância do solo como condicionante da espacialização de contaminantes a partir dos cemitérios, o quadro mostra a importância das chuvas, agindo em conjunto com o solo, ampliando ou reduzindo os efeitos.

5- DISCUSSÃO

Os trabalhos que se referem à espacialização da pluma de contaminação oriunda dos cemitérios são raros, idependentemente dos tipos de contaminantes considerados: físicos, químicos ou biológicos. No entanto, mesmo os raros trabalhos editados não associam a espacialização (ou a não espacialização) às condições físico-naturais de relevo, do clima ou dos tipos de solo, em seu conjunto.

Todos os trabalhos preocupam-se com a caracterização geológica, geomorfológica e hidrogeológica; alguns incluem a caracterização climática ou pedológica, mas nenhum associa sistemicamente estas características à espacialização.

A maioria dos trabalhos - e não são poucos - registra apenas a gama de contaminantes indicados como parâmetros para potabilidade da água.

Também é importante ressaltar nesse ponto, que o comportamento do necrochorume, por si só, não é o fator principal, em muitos casos.

Como acontece nos lixões e aterros controlados, é o percolado, uma mistura da água com o chorume, o principal contaminante.

No caso dos cemitérios, não deverá ser diferente. Faz-se necessário o entendimento da influência das águas superficiais, incluindo as das chuvas, para a espacialização das plumas, visto que, na maioria das necrópoles onde são encontrados problemas de contaminação, os túmulos estão mais sujeitos à penetração das águas pluviais e lixiviadas na superfície, quando não estão em contato com a zona saturada, como ocorre em alguns cemitérios:

> As áreas de cotas menos elevadas do cemitério são mais vulneráveis à contaminação, porque o nível freático está muito

> próximo ou até mesmo no nível da superfície. Alguns corpos estão muito próximos ou imersos nas águas subterrâneas, aumentando o risco de contaminação (MATOS et al., 1998, p. 7).

FIGUEIREDO FILHO (2011, p, 119), aborda o processo, semelhante ao que ocorre nos lixões e aterros controlados, em área de descarte de cadáveres e carcaças de animais:

> As valas abertas funcionam como um elemento de viabilização da recarga do aqüífero livre, pois acumulam a água nos grandes eventos que ocorrem e permitem que ela infiltre melhor. Isto também exerce um considerável aumento da carga hidráulica, o que amplia a drenagem de água pelo solo. No entanto, somar-se-á a esse processo e a esse fluido o necrochorume produzido, ampliando sua capacidade de percolação (semelhante ao percolado nos lixões) (...) Isso explica a alta concentração de patógenos nas águas subterrâneas e a extensão da contaminação ...

CASTRO (2008) relaciona o tipo de solo como causa da pouca espacialização dos contaminantes oriundos do cemitério de Bom Jardim, em Fortaleza. No entanto, os métodos geofísicos foram incapazes de identificar, na pluma de contaminantes, aquilo que era oriundo do cemitério e o que vinha da contaminação pela falta de saneamento em região periférica ao local de estudo. Em relação aos métodos de investigação geofísica, os estudos de SARAIVA (2011), provaram que o único método capaz de rastrear a evolução (espacialização) da pluma de contaminantes é a eletrorresistividade (com o caminhamento elétrico). Portanto, CASTRO (2008) consegue determinar a área

contaminada, mas não consegue determinar sua espacialização, e não consegue diferencir de outras, contaminadas por outras fontes (esgoto, no caso). O mesmo ocorre em relação aos métodos de investigação feitos com a coleta e análise das águas subterrâneas, pois os parâmetros utilizados não eram específicos apenas para a contaminação por cemitério. CASTRO (2008) usa como referência de parâmetros os utilizados por MATOS (2001), mas estabelece parcialmente os parâmetros e não usa traçadores (colifagos), como fez Matos.

BRITO SOUZA et al. (2012), segue pelo mesmo caminho que CASTRO (2008), utilizando métodos de investigação geofísica e monitoramento das águas subterrâneas por análises quimicas, físicas e microbiológicas. O objetivo foi estabelecer um método de avaliação das condições de espacialização da pluma de contaminantes com origem em cemitério a partir da ultilização de um software.

> "O software PMWIN PRO® foi utilizado para simular fluxo de águas subterrâneas e avaliar o transporte de microrganismos patogênicos presentes na pluma de contaminação" (BRITO SOUZA et al., 2012, p. 163).

O trabalho contribui, à medida que possibilita um cruzamento dos dados climáticos e pedológicos, com a área de contaminação e sua evolução. No entanto, como não estabelece parâmetros suficientes para uma avaliação mais criteriosa, os autores acabam elaborando hipóteses que justifiquem os resultados obtidos, diferentes nos poços internos ao cemitério e na área de entorno, do apurado no modelamento (Figura 20).

> Outro fator importante seria a composição mineralógica e granulométrica dos solos da região, onde se pôde constatar a indicação de solos argilosos. (...) os solos argilosos são os melhores tipos de solo como primeira linha de defesa no

> combate à contaminação microbiológica, por conta do acentuado caráter de filtração, adsorção e dispersão para a maioria das partículas de vírus e bactérias. Assim, em vista da faixa passível de contaminação, da presença de zona insaturada e presença de argilas nesta zona, pode-se propor que a má qualidade da água encontrada nos piezômetros (fora dos limites do cemitério) não tem o cemitério Bom Jardim como agente impactante. É razoável concluir que a contaminação seja proveniente do lançamento dos efluentes domésticos e fossas no solo na área analisada (BRITO SOUZA et al., 2012, p. 175)

Tabela 1. Análise microbiológica nos piezômetros do cemitério Bom Jardim.

Poços	01*	03*	04*	05*	06	07	08	09	10
Coliformes a 35°C (×102 NMP/100mL)	460	91	93	240	150	3,6	2400	240	23
Coliformes a 45°C (×102 NMP/100mL)	3,6	36	30	3,6	3,0	3,6	2400	230	9,1
Estreptococos fecais (×102 NMP/100mL)	93	1,5	3,0	23	3,0	93	150	3,0	3,0
Bactérias heterot. aeróbicas (×105 UFC/mL)	60	39	11	24	2,2	1,7	55	7,8	4,0
Bactérias heterot. anaeróbicas (×103 UFC/mL)	120	1,3	1,7	150	63	18	28	37	70
Bactérias proteolíticas (×102 NMP/100mL)	43	3,0	3,6	9,1	1100	15	240	93	460
Clostrídios sulfitos redutores a 46°C (UFC/mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Data da coleta: 14/11/2005; NMP = Número mais provável;
UFC = Unidades formadoras de colônias;
***** Poços no interior do cemitério.
Fonte: Castro (2008).

Figura 20: Tabela de análises nos poços do Cemitério Bom Jardim. Fonte: CASTRO (2008) apud BRITO SOUZA et al. ,(2012, p. 167).

Como pode ser observado, o poço de montante (09) apresenta, em alguns parâmetros, níveis de contaminação maiores do que o poço interno ao cemitério mais próximo (05) e, em outros parâmetros, acontece o contrário. Estes dados permanecem sem interpretação no estudo e não são levados em consideração nas conclusões finais.

LELI et al. (2012, p.48) fazem uma relação entre as normas existentes para implantação de cemitérios e para elaboração de EIA/RIMA e cria uma possibilidade de monitoramento dos impactos e a sua possível área de abrangência:

> Nas referências técnicas de licenciamentos ambiental de cemitérios consultadas, a Área Diretamente Afetada (ADA), dos Meios Naturais e Antrópico, é definida como a própria área do empreendimento e de seus componentes. Já, a Área de influência direta (AID) é a soma da ADA a uma faixa de terreno de 200m que circunda toda a ADA. A Área de Influência Indireta (AII) é delimitada pela bacia hidrográfica em que o empreendimento está localizado. Quando se refere à delimitação de áreas para o meio antrópico, a AID é delimitada pelo bairro, ou bairros, que utilizarão o cemitério, e a AII é delimitada pelo município deste empreendimento.

Uma contribuição importante em seu trabalho é a elaboração de tabelas que referenciam pontos importantes que devem ser observados e cumpridos na implantação dos cemitérios, na delimitação de sua área de influência e no monitoramento de possíveis impactos pós-implantação e funcionamento.

No que se refere aos impactos ambientais e à sua espacialização, LELI et al. (2012, p. 50 a 52), apresentam alguns conceitos que norteiam a elaboração de uma tabela para avaliação (Figura 21):

> ... indicador de impacto ambiental diz respeito aos elementos ou parâmetros que fornecem a medida da magnitude de um impacto ambiental (...) (FIRJAN, 2006 apud LELI et al., 2012) (...) Dividem-se em quantitativos (representado em escala

numérica) ou qualitativos (classificado em categorias ou níveis), podendo ser biológicos, físicos e químicos.

Tabela 3: Indicadores ambientais para cemitérios

Dimensão	Aspecto	Impacto	Indicador
Física	Dinâmica da água superficial	Transporte de sedimentos provenientes da construção de sepulturas e de erosão do solo exposto	Quantidade de processos erosivos e sedimentos depositados a jusante
	Características da água subterrânea	Contaminação das águas subterrâneas	cor, turbidez, pH, temperatura, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, cálcio, coliformes termotolerantes e totais
	Características do ar	Mudanças nas características do ar por emanação de gazes provenientes da decomposição dos cadáveres	Emissão de gases como CO_2, Gás sulfídrico, Metano, amônia, hidrogênio, odor
Biótica	Características da fauna	Presença de vetores como ratos, formigas e mosquitos	Quantidade de vetores
Socio-econômica	Infra-estrutura urbana	Alteração de tráfego, demanda de serviços e comércio, qualidade de serviços públicos	Quantidade de veículos em circulação, eficiência do transporte coletivo, quantidade de estabelecimentos comerciais, eficácia de serviços públicos
		Valorização ou desvalorização imobiliária	Evolução dos valores dos imóveis do entorno
	Qualidade de vida	Incomodo da população vizinha	Percentagem de satisfação da população com o empreendimento

Figura 21: Tabela com indicadores ambientais para cemitérios. Fonte: LELI et al. (2012)

Da mesma forma que em outros trabalhos levantados, LELI et al. (2012) estabelecem apenas os parâmetros “consagrados” e não leva em consideração alguns trabalhos que demonstram que a fauna microbiológica de patógenos é mais extensa do que a indicada:

> Características da água subterrânea: esse é o aspecto mais importante a ser considerado num cemitério, uma vez que a contaminação do lençol freático é o problema mais latente neste caso. (...) Os parâmetros a serem analisados são cor, turbidez, pH, temperatura, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, cálcio, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e totais. Estes parâmetros seguem os métodos descritos pela American Public

> Health Association (NEIRA et al.., 2008 apud LELI et al.., 2012, p.50).

Além disso, ficou demonstrado em outros trabalhos, como em FIGUEIREDO FILHO (2011, p. IV), que a contaminação pode ir além da área da fonte de poluição, levada por vetores aéreos e/ou terrestres e subterrâneos (urubus, animais predadores e carniceiros, tatus e outros), atingindo outras “bacias hidrográficas”, e não podendo ser limitada apenas à bacia em que se enquadra a fonte de poluição:

> A presença dos contaminantes em superfície, em locais mais distantes da área de descarte, indica que há uma grande interação dos vetores locais (animais silvestres e pássaros, principalmente carniceiros e formigas) com os cadáveres, partes e vísceras de animais sepultados. Pôde-se presenciar o desenterramento de partes sepultadas por lobos e urubus e a existência de trilhas de formigas que ligam a área à mata adjacente.
>
> Dada a condição pedológica e hidrogeológica do local, esses contaminantes podem, com certa facilidade, atingir as calhas de rio através do aqüífero livre, o que já pode estar acontecendo, visto que foi detectado aumento do nível de contaminantes nas águas do córrego Tijuco Preto, a jusante da área de descarte.

No caso das necrópoles humanas, os vetores locais variam de acordo com o local de implantação, principalmente entre áreas urbanas e áreas rurais, mas, principalmente, se diferencia em relação aos cuidados com a estruturação e a manutenção dos cemitérios.

SARAIVA (2011) é um dos autores que estabelece uma comparação entre os processos de contaminação por necrópoles humanas e áreas de descarte de animais (incluindo cemitérios de animais, como em FIGUEIREDO FILHO, 2010). SARAIVA (2011, p. 85) establece um comparativo entre diferentes métodos de investigação geofísica - eletromagnético, georradar e resistividade - para avaliação da evolução da pluma de contaminação oriunda de uma área de sepultamento de carcaças de animais (processo semelhante ao que ocorre em necrópoles humanas).

O autor conclui que a eletrorresistividade, particularmente com o caminhamento elétrico, mostrou-se eficaz e atingiu os objetivos de avaliação da evolução espacial da pluma de contaminação (necrochorume).

Infelizmente, nos parâmetros escolhidos na grande maioria dos trabalhos, não constam as formas resistentes de alguns patógenos: os esporos.

ACHA (1986) apud FIGUEIREDO FILHO (2010, p. 11),

> ... no seu trabalho sobre “Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales”, cita que o agente Clostridium botulinum (C.botulinum), responsável pelo Botulismo, tem como características agravantes ser formador de esporos e estes se multiplicarem rapidamente em cadáveres. Seus principais reservatórios, nessa forma, passam a ser o solo, sedimentos de rios e mares e os vegetais. Da mesma forma, o Bacillus antracis, responsável pelo Antraz (...) forma esporos quando exposto ao oxigênio e, nessa forma, é muito resistente, podendo permanecer no solo durante dezenas de anos.

BALES (1989, p. 2066), em seu estudo sobre a espacialização de patógenos em solo arenoso, traz à tona a realidade da possibilidade de espacialização. Utiliza como parâmetro Colifagos M2 e F2 e os seus hospedeiros bacterianos. No entanto, seu trabalho demonstra a dificuldade da reprodução das condições naturais em laboratório:

> "The results illustrate the inability of a solute tracer to provide estimates for dispersion and effective porosity that are applicable to a colloid such as a virus."[4]

O trabalho de Bales também conclui que as velocidades e distâncias de transporte desses patógenos são diferentes no solo e nas águas subterrâneas, devendo ser feitos estudos específicos para as águas subterrâneas.

Os estudos de Bales indicam a necessidade do entendimento da relação existente entre o solo e as águas subterrâneas.

BRITO SOUZA et al. (2012), de certa forma, também fazem essa relação, mas não demonstra em seu trabalho o nível de contaminação do solo, ou seja, ele informa a possibilidade da retenção de patógenos pelo solo, mas não faz a avaliação através de análises laboratoriais. Assim, não se pode afirmar que o solo reteve a contaminação oriunda dos corpos sepultados, e a que nível, e se essa contaminação realmente poderia ser mais extensa que a das águas subterrâneas, como BALES (1989) afirma.

SARAIVA (2011, p. 84), baseando-se em procedimentos listados por determinados autores (constantes de sua bibliografia), para locação dos poços

[4] Os resultados ilustram a incapacidade de um traçador de soluto de proporcionar estimativas para a dispersão e efetiva porosidade que são aplicáveis a um colóide como um vírus.

de monitoração, também encontra certa dificuldade em relacionar a contaminação do solo e das águas subterrâneas ao monitoramento geofísico:

> ... ocasionou a locação inadequada dos filtros dos poços de monitoramento. Conclui-se, analisando os resultados, que os poços deveriam ser instalados e amostrados em profundidades variáveis (...) tendo em vista a provável migração do necrochorume verticalmente, devido à sua maior densidade. Com a coleta de água em várias profundidades e em menores intervalos entre as campanhas (...) certamente se obteriam resultados correlacionáveis à pluma de contaminação. Com isso seriam possíveis a detecção e delimitação da pluma através das análises físico-químicas.

Saraiva reconhece que mais estudos em relação à espacialização da pluma, incluindo os fatores que influenciam nessa dinâmica, são necessários para que se possa proceder a métodos de avaliação eficazes:

> ... a falta de conhecimento bibliográfico sobre o comportamento do necrochorume no solo e água subterrânea, incluindo sua solubilidade, mobilidade na zona saturada, comportamento iônico e reação ao meio...
>
> SARAIVA (2011, p. 84)

Baseado nos experimentos de BALES (1989), pode-se inferir que o conhecimento do comportamento dos contaminantes em zona não saturada também é primordial para os futuros estudos sobre a espacialização da pluma oriunda dos cemitérios.

A Tabela 2 resume a diversidade de situações encontradas nos trabalhos levantados, dos contaminantes de origens diversas, no solo e nas águas subterrâneas, e a sua espacialização. Infelizmente, dada a enorme quantidade

de trabalhos, são muito raros aqueles que contribuem para o entendimento da dinâmica dos contaminantes no solo e nas águas subterrâneas e, consequentemente, da distância que a pluma pode atingir a partir do cemitério.

No entanto, existem dados relevantes que indicam que estudos sobre a espacialização dos contaminates devam ser feitos com extrema urgência, principalmente em áreas cemiteriais desprovidas das necessárias condições geotécnicas.

Entre esses dados está a persistência de bactérias em aquíferos confinados, levantado por KRONe et al. (1957), em até 5 anos, e a espacialização de vírus a 1600m da fonte de poluição (KESWICK and GERBA,1980) e de bactérias a quilômetros da fonte de poluição, por FREEZE e CHERRY (1979).

FIGUEIREDO FILHO (2011) detectou contaminação nas águas subterrâneas até onde estendeu os poços de monitoramento, centenas de metros além da fonte de contaminação, nas águas superficiais, a mais de 300m além dos poços de monitoramento, na superfície e no subsolo, centenas de metros além da fonte de contaminação, a jusante e a montante da área investigada.

Quadro resumo de contaminantes biológicos e sua espacialização de acordo com o meio				
Contaminantes	Autores	Ambiente	Persistência	Espacialização
Bactérias entéricas	Krone et al. (1957) apud COELHO (2004)	aqüífero confinado	3 meses a 5 anos	30 metros
Bactérias entéricas	Wesner e Baier (1970) apud COELHO (2004)	aqüífero confinado		30 metros
Bactérias genéricas	Freeze e Cherry (1979) apud COELHO (2004)	aqüíferos heterogêneos de areia e cascalho		centenas de metros
Bactérias genéricas	Freeze e Cherry (1979) apud COELHO (2004)	fraturas e/ou fissuras		quilometros
vírus	Keswick and Gerba (1980) apud Bales (1989)	solo e águas subterrâneas		1600 metros
bactérias	Matos (2001)	solo argiloso		alguns metros
vírus	Matos (2001)	solo argiloso		dezenas de metros
Salmonella sp e outros	Figueiredo Filho (2011)	Latossolo Vermelho Amarelo de textura média		centenas de metros
Bactérias e esporos	Figueiredo Filho (2011)	Águas subterrâneas		centenas de metros

Tabela 2: Espacialização de contaminantes biológicos. Autor: Figueiredo Filho

5.1- MAPEAMENTO DA ÁREA CONTAMINADA (MODELO TEÓRICO)

5.1.1- ESCALA ESPACIAL DA CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA

Levando em consideração os dados obtidos com o levantamento bibliográfico, incluindo os trabalhos que obtiveram resultados a partir de pesquisas empíricas, pudemos determinar que a influência dos fatores físico-geográficos - formas de relevo, características pluviométricas e características pedológicas - é determinante na espacialização das plumas de contaminação oriundas dos cemitérios.

A influência das formas de relevo é a menor, entre os três parâmetros analisados. O relevo, associado à pluviosidade, pode permitir a maior lixiviação dos contaminantes pela superfície, podendo atingir os corpos d'água de superfície e ampliar a contaminação superficial com posterior infiltração no solo em área muito além daquela do cemitério. No entanto, nessa hipótese, o cemitério estaria sem isolamento por muros, o que não é comum. Resta, portanto, a lixiviação contida apenas no espaço cemiterial.

Como segunda hipótese, a forma de relevo pouco interfere no acúmulo de água nas áreas rebaixadas e nos túmulos, aumentando a carga hidráulica e a facilidade de percolação dos contaminantes. Independente da forma de relevo, isso poderá acontecer se as características de construção e manutenção do cemitérios puderem permitir (vide imagens do cemitério Areia Branca).

As características pluviométricas têm maior importância na medida em que viabiliza a lixiviação e a percolação pelos túmulos, dos contaminantes. Deve-se, nesse ponto lembrar da associação solo-águas subterrâneas X tipo de contaminante, levando em consideração que o contaminante pode estar

presente no solo e não ter sido lixiviado para as águas subterrâneas, mas - por força de determinados períodos e/ou eventos de chuva - passarem às águas subterrâneas e/ou superficiais, como foi demonstrado em FIGUEIREDO FILHO (2011).

Há também uma relação indireta - notada nesse trabalho - que é a presença de contaminantes a montante da área contaminada pela oscilação do nível do freático, à época das grandes chuvas. Os contaminantes, presentes apenas no solo, entram em contato com a água subterrânea pela elevação do nível do freático e são lixiviados para além da área fonte da contaminação, em todas as direções e a montante.

Dessa forma, chuva e solo estão intimamentes ligados.

As características pedológicas são determinantes para a espacialização da pluma de contaminação.

É o solo que determina a contaminação das águas (superficiais ou subterrâneas). É o solo o “armazenador” dos contaminantes e o “fornecedor” para ás águas.

È impressionate a quantidade de estudos que não levam esse fato em consideração.

A contaminação, presente no solo, pode, a qualquer momento, estar presente nas águas, mas não estará presente nas águas se não estiver presente no solo, ou seja, não há contaminação na água se não a houver no solo.

Independentemente das caracteríscas pedológicas, pode haver contaminantes presentes, em maior ou menor grau, mas, diretamente relacionado a essas características, pode ou não haver perpetuação dos contaminantes.

Nesse ponto, novamente precisa ser lembrado que não existem apenas os contaminantes exigidos pela ANVISA ou OMS, como determinantes de “poluição” ou como parâmetros verificadores de potabilidade.

Trabalhos que levam em consideração outros parâmetros - físicos, químicos e biológicos - levantaram que, mesmo não havendo presença de contaminantes que são adotados como parâmetros de potabilidade da água, existe a de outros que, inclusive, representam a possibilidade de riscos epidemiológicos.

Assim, a presença ou não de contaminantes está relacionada também à “forma” resistente assumida pelo contaminante, como é o caso de bactérias esporulantes. Esses microorganismos “esperam” condições ideais para voltar à atividade, e podem estar presentes no solo e/ou nas águas.

Ressaltamos, que a variação de área de abrangência da contaminação, depende do tipo de contaminante, das suas condições de reprodução, sobrevivência e de formas resistentes que possa assumir.

Assim, mesmo encontrada uma variedade de contaminantes em um determinado cemitérios, pode-se ter maior espacialização de um determinado contaminante e menor de outros.

A partir desses dados, determinamos os potenciais teóricos de espacialização de plumas de contaminação oriundas dos três cemitérios analizados: Vila Nova Cachoeirinha, Vila Formosa e Areia Branca.

5.1.1.1 – CEMITÉRIO DE VILA NOVA CACHOEIRINHA

De acordo com os dados levantados, o Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha localiza-se em área urbana de grande concentração demográfica, e suas condições atuais de edificação não permitem a espacialização superficial dos

contaminantes a não ser por vetores terrestres e urbanos. Nesse caso, sem uma análise mais apurada dos envolvidos (pássaros, roedores, insetos e outros) e seus hábitos, seria leviana qualquer tentativa de incluir esse potencial no mapeamento.

Em relação às águas subterrâneas, pela condição pedológica e geomorfológica, e com base em MATOS (2001), pode-se apenas inferir que a espacialização não vai além de algumas dezenas de metros.

De outra forma, o Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha está em área de solos parcialmente vulneráveis, como em MARTIN et al. (1991)

“O CVNC, localiza-se em terreno predominantemente arenoso, com níveis mais argilosos”.

E, ainda, de acordo com o Mapa Pedológico do estado de São Paulo, do Instituto Agronômico de Campinas – IAC, o cemitério localiza-se em área de Latossolos. Desta forma, de acordo com FREEZE e CHERRY (1979) apud COELHO (2004) e FIGUEIREDO FILHO (2011), a espacialização nas águas subterrâneas pode atingir “centenas de metros” além da área do cemitério (Figura 22), como definimos.

Pelas constatações feitas em FIGUEIREDO FILHO (2011), a espacialização dos principais contaminantes a montante e a jusante sofre influência da oscilação do nível do freático. No momento de maior elevação do nível da água, a contaminação se alastra a montante da fonte de poluição.

A influência do relevo não está clara. Sabe-se da lixiviação superficial e do aumento da carga hidráulica em áreas de acúmulo, mas não fica claro como o fluxo de água no solo, na zona insaturada, interfere no comportamento e na espacialização dos contaminantes. Assim, no caso do cemitério de Vila Nova

Cachoeirinha, não se pode inferir sobre a influência do relevo, com maior declividade, neste cemitério. A espacialização a montante deve-se principalmente à variação do nível do freático.

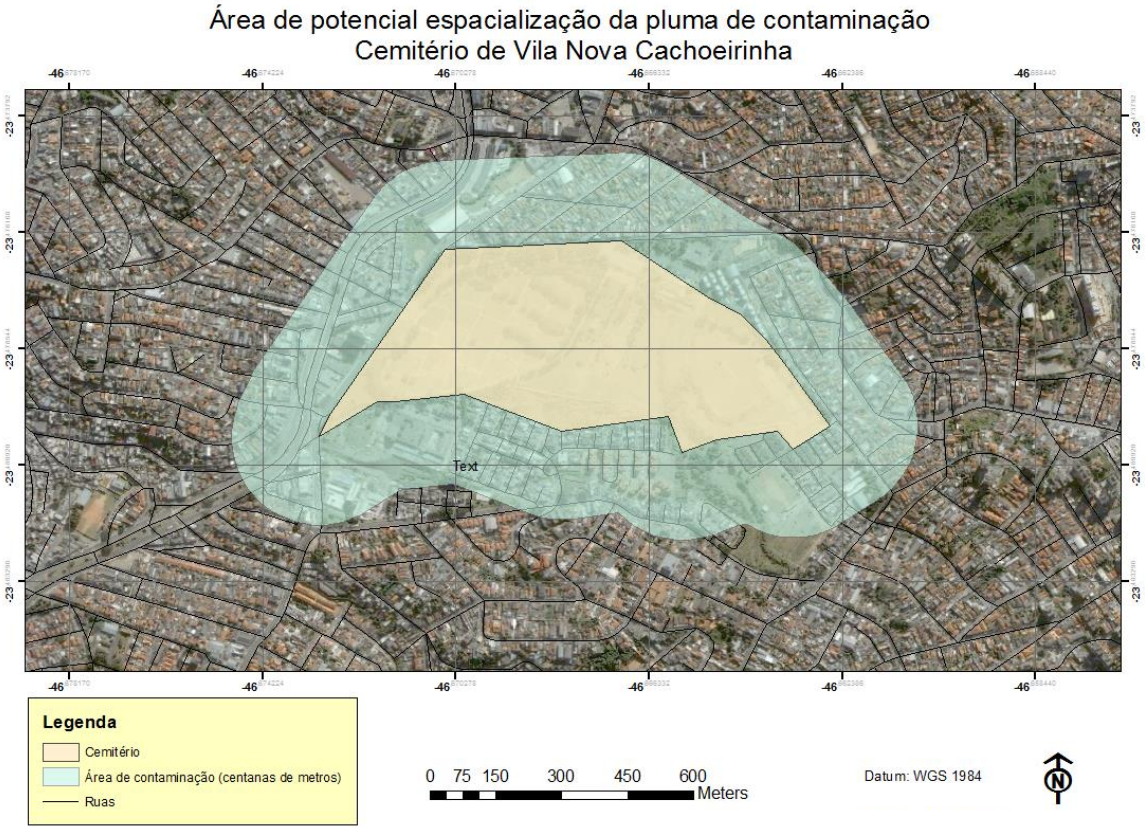

Figura 22: Modelo teórico de espacialização da pluma de contaminação oriunda do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha (~200 m). Organizador: Luiz Barros (2016)

5.1.1.2 – CEMITÉRIO DE VILA FORMOSA

As condições atuais do Cemitério de Vila Formosa - em área urbana de grande concentração demográfica - da mesma forma que no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, não permitem a espacialização superficial por lixiviação dos contaminantes e, portanto, não será incluída essa variante no processo de formulação do modelo.

Em relação às águas subterrâneas, pela condição pedológica e geomorfológica, e com base nos trabalhos levantados, assim como no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, pudemos inferir que a espacialização pode ir a centenas de metros (Figura 23), observadas condições diferentes de relevo daquelas encontradas no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha.

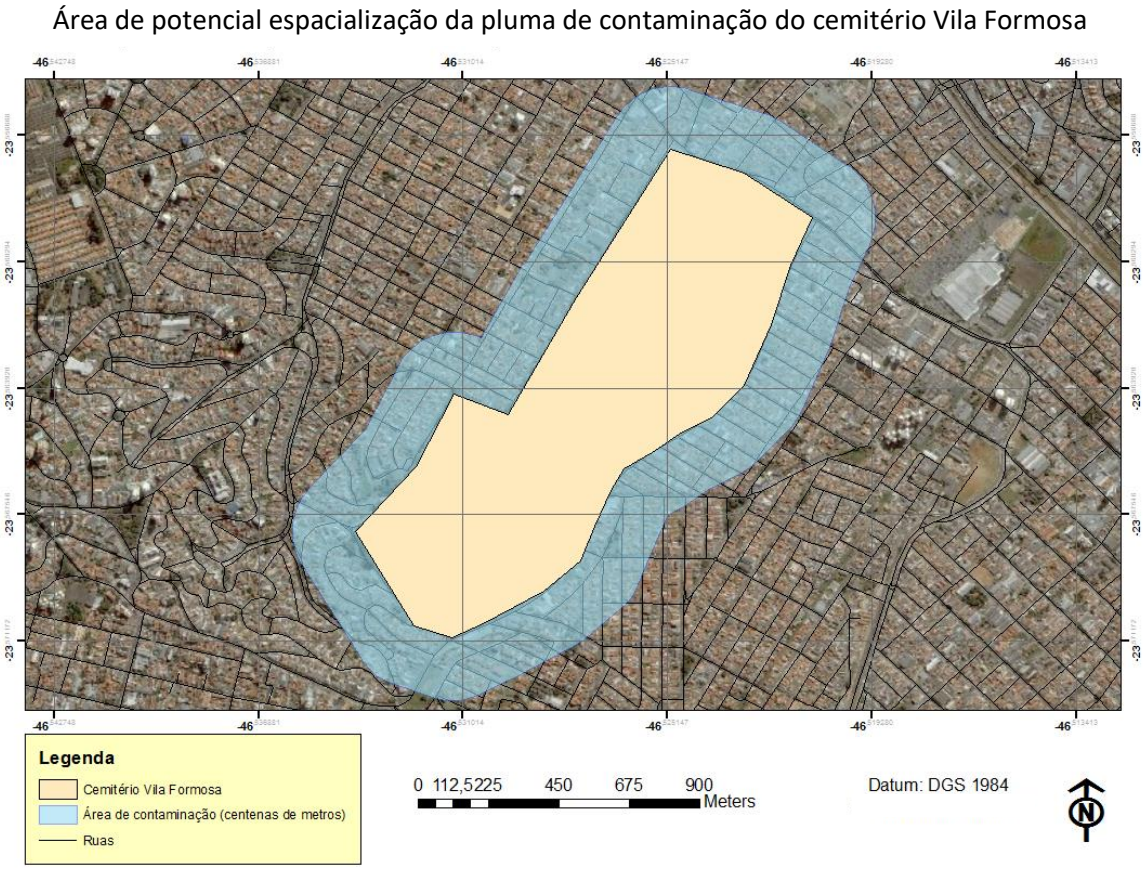

Figura 23: Modelo teórico de espacialização da pluma de contaminação oriunda do Cemitério de Vila Formosa (~200 m) . Organizador: Luiz Barros (2016)

5.1.1.3 – CEMITÉRIO DE AREIA BRANCA

O cemitério de Areia Branca localiza-se em área de solo extremamente “vulnerável”: sedimentos quaternários marinhos que são arenosos, com alta

permeabilidade (MARTIN et al., 1991), de grande pluviosidade (Tabela 1) e de pequena declividade. De acordo com os trabalhos levantados, essa é a situação em que pode ocorrer a maior espacialização no solo e nas águas subterrâneas, podendo atingir entre 1600 m a “quilômetros” (KESWICK and GERBA (1980) apud BALES (1989) e FREEZE e CHERRY (1979) apud COELHO (2004)).

O cemitério encontra-se em área urbana, de grande concentração demográfica e grande impermeabilização no entorno, o que diminui fortemente a lixiviação dos contaminantes. No entanto, pela situação encontrada, a percolação dos contaminantes na área do cemitério é grande e poderá ser espacializada pelo solo e pelas águas subterrâneas.

Nesse sentido, a bibliografia levantada demonstrou que a espacialização no solo pode ocorrer de forma diferenciada daquela das águas subterrâneas e, dependendo do modo como ocorra a espacialização pelo solo, poderá atingir as águas subterrâneas. Isto dificilmente ocorrerá no entorno desse cemitério devido à enorme urbanização e impermeabilização do solo, mas poderá atingir áreas mais distantes, incluindo o estuário e o oceano (Figura 25).

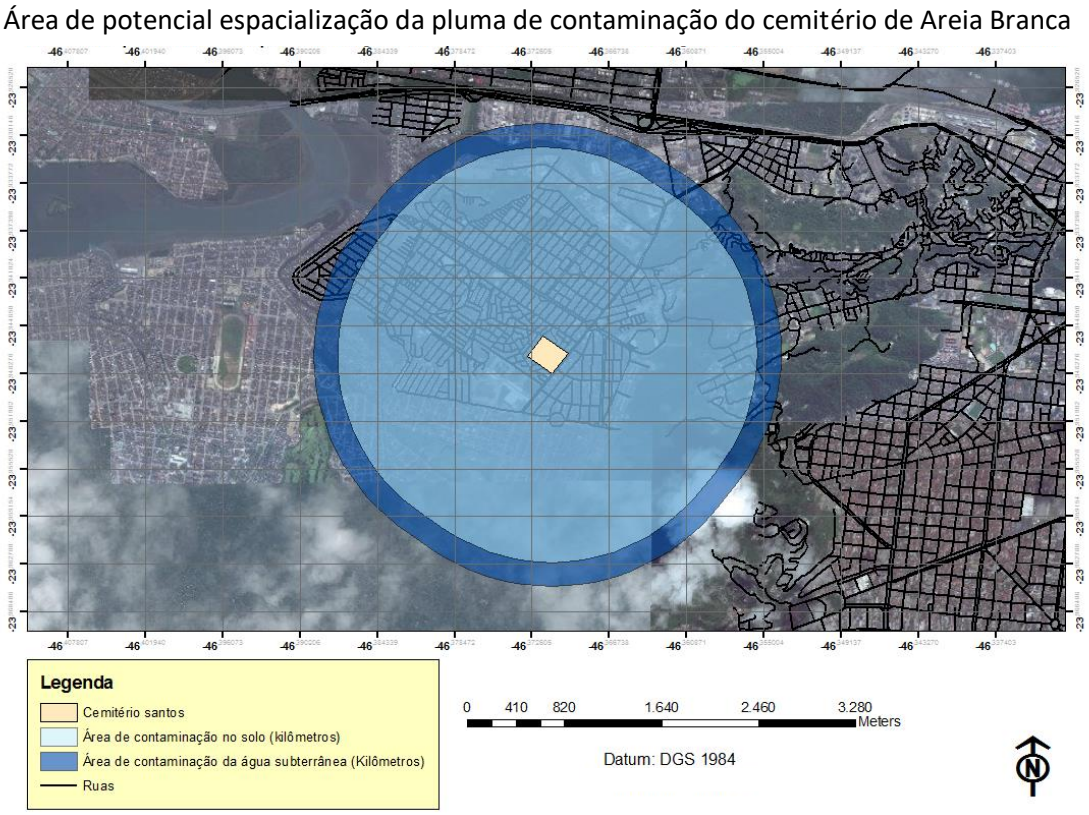

Figura 24: Modelo teórico de espacialização da pluma de contaminação oriunda do Cemitério de Areia Branca (~1600 m). Organizador: Luiz Barros (2016)

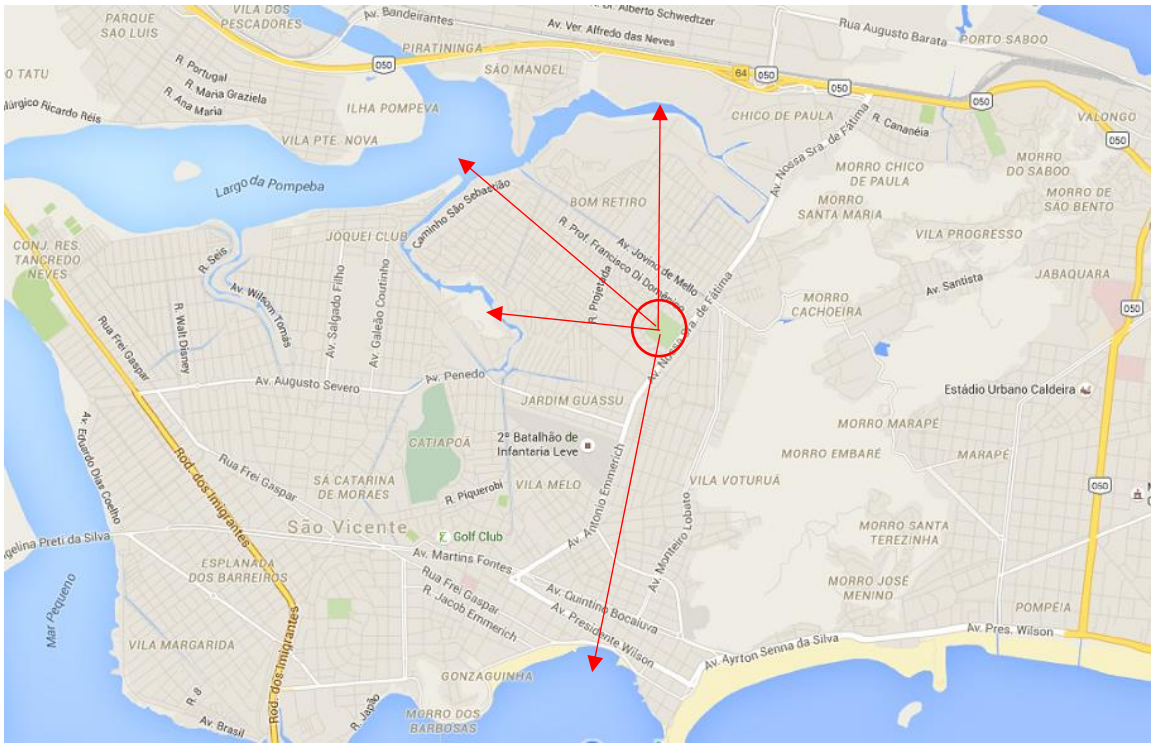

Figura 25: Possibilidades de expansão da pluma de contaminação às águas superficiais. Organizador: Figueiredo Filho (2016)

6- CONCLUSÕES

Ao realizar esse estudo, procuramos enfatizar os fatorem que nos permitissem verificar como se comportam os contaminantes oriundos dos cemitérios, nos ambientes armazenadores e propagadores da contaminação: o solo e as águas subterrâneas e superficiais.

Com base no entendimento da dinâmica da paisagem e, consequentemente, dos contaminantes no solo e nas águas, levantamos a hipótese de que alguns fatores geográficos influenciariam na contenção ou potencialização das plumas de contaminação oriundas dos cemitérios, particularmente, nos três analisados: Vila Formosa (São Paulo-SP), Vila Nova Cachoeirinha (São paulo-SP) e Areia Branca (Santos-SP), trabalhando com três variáveis de apoio à hipótese central: relevo, solo e clima (pluviosidade).

Na revisão bibliográfica, detectamos que é muito pequeno o número de trabalhos que abordam, de forma consistente, as variáveis clima e relevo. A maioria se limita a apenas informar o tipo de clima, com médias mensais de temperatura e pluviosidade, e alguma característica geomorfológica, não usando esses dados para a interpretação de sua influência na dinâmica ambiental. É o caso de MIGLIORINI (1994, p. 28), em relação ao clima, e de CAMPOS (2007, p. 96), quanto aos aspectos geomorfológicos.

Em relação à variável solo, a grande maioria dos trabalhos, como MARTIN et al. (1991, p. 49) e CASTRO (2008), procede com a caracterização do tipo de solo encontrado no local, mas é ínfimo o número de trabalhos que verifica se há contaminação no solo e a relaciona às outras variáveis.

Assim, verificamos que a análise individual desses fatores fisico-geográficos não possibilita a verificação das possibilidades de espacialização da pluma de contaminantes, pois não permite que seja construído um modelo fiel à realidade. Essa, inclusive, é uma constante em muitas análises feitas nos trabalhos e resultados levantados, que não identificam as possibilidades de espacialização.

Dessa forma, utilizamos os dados encontrados, priorizando os trabalhos que apresentavam indícios importantes para efetivarmos nossas análises, e, sistemicamente, relacionamos as variáveis com a espacialização da pluma de contaminação.

A análise que compreende a atuação sistêmica do relevo, do solo e da pluviosidade, permitiu que detectássemos quais são os mecanismos que possibilitam e potencializam a transmissão dos contaminantes do solo para as águas subterrâneas e superficiais e sua espacialização nesses ambientes.

Relevo, solo e pluviosidade, analisados de forma sistêmica, relacionados a determinados tipos de contaminantes, possibilitam a elaboração de cenários e modelos complexos, mas extremamente esclarecedores, possibilitando entender a dinâmica dos contaminantes nos ambientes (solo e águas) e responder a algumas das questões que vêm preocupando pesquisadores e orgãos de saúde pública.

Assim, com base nesse novo cenário, elaborado a partir do olhar sistêmico que relaciona as três variáveis analisadas, obtivemos as seguintes conclusões:

De forma sistêmica, as variáveis ambientais apontadas, relevo, solo e clima (pluviosidade), atuam potencialmente para a ampliação extraordinária da

espacialização da pluma de contaminação. Isso foi por nós avaliado no caso do cemitério de Areia Branca, em Santos (SP), onde, em relevo plano, encontram-se solos arenosos (sedimentos quaternários marinhos, arenosos), de grande permeabilidade, e média anual pluviométrica acima de 2000 mm. Além disso, Santos (SP) apresenta eventos climáticos extremos, com chuvas acima de 100 mm em apenas 1 dia. Estes dados, dependendo do tipo de contaminante encontrado, podem indicar uma das combinações mais favoráveis à espacialização da pluma de contaminação, podendo atingir quilômetros a partir da fonte. No entanto, a pequena distância entre o nível do freático e a superfície faz com que a contaminação local se amplie, mas diminua com a distância, pois o solo representa a interface que mais influencia na espacialização e, nesse caso, ele é pouco espesso.

Assim, concluímos que as variáveis podem apresentar, cada uma, um risco maior ou menor de expansão da pluma de contaminantes, de acordo com o tipo de contaminante.

Existe a necessidade do levantamento completo das variáveis e da análise sistêmica, que estabelecerá, no cenário apresentado, como os contaminantes poderão se comportar nos diversos modelos que poderão ser confeccionados.

Concluímos que não bastam um “instantâneo” da situação ambiental e a verificação da existência ou não de contaminantes nas águas subterrâneas. É necessário um levantamento histórico pluviométrico do local de estudo e é necessário verificar se há contaminantes no solo, pois o fato de não haver, no momento do estudo, contaminantes nas águas subterrâneas, não significa que

não os haja no solo, e que estes não sejam transmitidos, no futuro e por eventos pluviométricos, para as águas subterrâneas.

De forma geral, pudemos concluir que, dos elementos naturais envolvidos na possibilidade de potencialização na espacialização da contaminação oriunda dos cemitérios, o solo e a pluviosidade são os fatores que exercem a maior influência, pois, associados, produzem variáveis que podem ampliar a dinâmica dos contaminantes.

Concluímos que o relevo pode potencializar a contaminação superficial, ampliando o arrasto superficial de contaminantes em situações de maior declividade, associado principalmente à pluviosidade. O solo tem menor influência nessa situação.

No entanto, os cemitérios possuem muros que impossibilitam o avanço dos contaminantes para áreas externas.

A percolação de contaminantes da superfície e dos túmulos, para o solo e para as águas subterrâneas, é maior em locais com topografia plana e de pouca declividade, quando associada à pluviosidade e às características do solo.

Concluímos que o acúmulo de água nos túmulos - o principal fator de potencialização do aumento da carga hidráulica e de percolação de contaminantes - é mais intimamente relacionado à pluviosidade do que ao relevo e ao solo, pois independe da forma de relevo.

Levantamos que a espacialização de contaminantes no solo acontece de forma diferente das águas subterrâneas, e que suas características podem propiciar um ambiente adequado ou nocivo ao crescimento e manutenção dos patógenos. O solo é um competente armazenador de contaminantes, liberando-os para as águas subterrâneas de acordo com determinadas condições e situações.

A partir dessa premissa, concluímos que a gama de contaminantes a ser levantada em cada estudo deve incluir as formas resistentes (como os esporos de bactérias) e parâmetros ainda não abordados, como é o caso de termófilas e de contaminantes químicos oriundos de fármacos e radioativos, ambos inerentes ao corpo sepultado e a processos medicinais que o indivíduo teve em vida.

Concluímos, portanto, que o solo irá determinar a “continuidade ou persistência da vida” e que o solo, principalmente associado às características pluviométricas, é o fator determinante da espacialização de contaminantes oriundos dos cemitérios. A presença ou não de contaminantes nas águas subterrâneas é consequência da sua presença no solo. Não pode haver estudos de análise de contaminação nas águas, superficiais e/ou subterrâneas, sem a análise da contaminação no solo.

Concluímos que há a espacialização da contaminação a partir da oscilação do nível do freático, já que o solo, como armazenador de contaminantes, pode liberá-los para as águas subterrâneas a partir do contato nas épocas de elevação do nível. Isso também confirma a necessidade de levantamentos históricos da pluviosidade no local estudado e da oscilação do nível das águas subterrâneas.

Também concluímos que existe uma maior “fragilidade” à contaminação nos dois ambientes (solo e águas) e potencialidade à espacialização por grandes distâncias (quilômetros), em locais que associam topografia mais plana, maior pluviosidade (ou com existência de eventos extraordinários), e solo mais arenoso e espesso, variando com o tipo de contaminante.

Esse é o caso do Cemitério de Areia Branca (com solo menos espesso), no qual a pluma de contaminação pode atingir (ou já atingiu) as águas e solo do sistema estuarino e do oceano.

Por fim, concluímos que a hipótese se comprava totalmente e que há influência do relevo, em menor grau, da pluviosidade, em maior grau, e do solo, preponderantemente, sempre analizando-os em conjunto, de forma sistêmica, na espacialização das plumas de contaminação oriundas dos cemitérios, contendo-as ou potencializando-as.

7- SUGESTÕES

É primordial que nos trabalhos futuros incluam-se análises do solo, com todos os parâmetros que são adotados para as águas subterrâneas, adotando-se áreas para amostragem concordantes e discordantes das áreas de monitoramento de águas subterrâneas, e em área mais extensa, para verificar se a área de contaminação do solo vai além da área de contaminação das águas subterrâneas.

Também é essencial que se faça um levantamento mais pormenorizado das condições pluviométricas, identificando no levantamento de chuvas diárias a existência ou não de “grandes eventos”. Não basta o levantamento de médias anuais e a caracterização climática.

O uso de traçadores é muito indicado, como se pode verificar em alguns trabalhos, como o de MATOS (2001) e BALES (1989). Eles possibilitam a separação da contaminação por outras fontes próximas ao cemitério.

É muito importante que se execute monitoramento geofísico, com técnicas variadas, incluindo-se a eletrorresistividade, com o caminhamento elétrico.
Devem-se incluir traçadores não biológicos, com resposta “elétrica” diferenciada, para que se possa ampliar a utilização dos métodos de investigação geofísica.

Os fármacos e radioativos devem ser incluídos nos parâmetros de pesquisa. Não há trabalhos nesse sentido, mas os trabalhos que identificam a contaminação por fármacos em águas servidas já são muitos, no mundo e no Brasil.

Deve ser feito o levantamento de saúde da população do entorno, com as estatísticas de tipos de doenças e sua frequência de ocorrências.

Apesar da dificuldade para obtenção de dados, o levantamento das estatísticas de doenças ocorridas nas populações residentes na periferia dos cemitérios, pode trazer à luz a real situação de espacialização da pluma de contaminantes com fonte em cemitérios. Ressalta-se aqui que essa população, se sofrendo com problemas oriundos dos contaminantes do cemitérios, poderá estar sofrendo os efeitos pela contaminação no solo, independente da contaminação pelas águas superficiais e/ou subterrâneas.

É muito importante que se proceda a uma análise imediata em um cemitério que possua as características potencializadoras da espacialização da pluma de contaminantes em relação ao relevo, ao tipo de solo e à pluviosidade.

A malha de poços e de amostras de solo deverá ser significativamente extendida à periferia do cemitério.

As amostras deverão ser coletadas em profundidades variadas do solo e da água subterrânea.

Os corpos hídricos de superfície devem ser analisados a montante e a jusante, com o maior número de parâmetros possível (vide FIGUEIREDO FILHO, 2011).

Deve ser verificado se as áreas ou faixas de proteção sanitária, à volta dos cemitérios, estão sendo aplicadas. No entanto, pelas conclusões aqui apontadas, deve haver estudos que determinem a variação na extensão dessas

áreas de acordo com a vulnerabilidade à contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Os estudos que estabeleceram as diversas fontes de contaminação, entre elas os cemitérios, conduziram à necessidade de Licenciamento Ambiental para a implantação de empreendimentos que se enquadrem como fontes potenciais de contaminação. No caso dos cemitérios, as Resoluções CONAMA 335/2003 e 368/2006 devem ser obrigatoriamente observadas.

8- BIBLIOGRAFIA

ADEMA, Administração Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.adema.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=8

ALMEIDA, F.R.; ESPÍNDULA, J.C.; VASCONCELOS, U; CALAZANS, G.M.T. **Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o cemitério da Várzea em Recife-PE**. Revista Águas Subterrâneas, 2006. v.20, n.2, p.19-26.

BALES, Roger C.; GERBA, Charles P.; GRONDIN, Gerald H.; JENSEN, Stephen L. **Bacteriophage transport in Sandy soil and fractured tuff**. Applied and Environmental Microbiology. American Society for Microbiology, Aug. 1989. P. 2061-2067.

BALES, R. C., LI, S., YEH, T.-C. J., LENCZEWSKI, M. E. and GERBA, C. P. **Bacteriophage and microsphere transport in saturated porous media: Forced-gradient experiment at Borden, Ontario**. Water Resour. Res., 33(4), 639–648, 1997.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para assuntos jurídicos da Casa Civil: LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981 — **POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/manual-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/7-manual-de-gerenciamento-das--acs

BRASIL. Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

BRITO SOUSA, Mauro César de; HOLANDA DE CASTRO, Marco Aurélio; CASTRO, David Lopes de; ALENCAR NETO, Mariano da Franca; SOUSA LOPES, Bruno Leonardy. **Modelagem do fluxo de contaminantes em aquífero freático na área do cemitério Bom Jardim, Fortaleza, CE, Brasil**. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 7, n. 2, 2012.

CAMPOS, Ana Paula Silva. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-25112007-172840.

CASTRO, D. L. **Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza - CE**. 2008. Revista Brasileira de Geofísica, v. 26, n. 3, p. 251-271. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2008000300001

CAVINATTO, Adriana de Souza; PAGANINI, Wanderley da Silva. **Os microrganismos nas atividades de disposição de esgotos no solo: estudo de caso.** Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 12, n. 1, p. 42-51, Mar. 2007. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em outubro/2014. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000100006.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS, CIIAGRO. **Monitoramento Climático**. Disponível em http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/MenuMonClim.htm

COELHO, Virginia Maria Tesone; DUARTE, Uriel. **Estudo do decaimento de microrganismos indicadores de poluição em aqüífero freático causada pelo tratamento de esgoto doméstico por processo de infiltração – diagnóstico físico-químico do meio.** Revista Águas Subterrâneas, suplemento do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, 2004. Disponível em: http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23468

COELHO, Virginia Maria Tesone. **Potencial de contaminação de aqüífero freático por esgoto doméstico-quantificação do decaimento bacteriológico.** 2007. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-18122007-110918/.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. 1988, São Paulo, 150p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997**. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, nº 247, Brasília, DF, 22-12-1997.

_____. **Resolução CONAMA nº 335 de 03 de abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da União, nº 101, Brasília, DF, 28-05-2003.

_____. **Resolução CONAMA nº 368 de 28 de março de 2006**. Altera dispositivos da Resolução nº 335 de 03 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da União, nº 061, Brasília, DF, 29-03-2006.

_____. **Resolução CONAMA nº 402 de 17 de novembro de 2008**. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335 de 03 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da União, nº 224, Brasília, DF, 18-11-2008.

COSTA, J.V. Botelho da. **Caracterização e Constituição do Solo**. Lisboa; Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

DYMINSKI, A. S. . **CONTAMINAÇÃO DE SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2006**. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Notas de Aula).Disponível em:

http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019_Contaminacao_de_solos.pdf. Consultado em jan/2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ESTADOS UNIDOS. Departament of Agriculture. Soil Survey Division, Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil Taxonomy**. Washington, D.C. 754p. 1975.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr Augusto. **Contaminação do solo e das águas subterrâneas por sepultamento de carcaças de animais no solo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-29082012-115144/>.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr A.; MANFREDINI, S.; PACHECO, A. **Novas Metodologias para Coleta e Manutenção de Amostras de Água para Análises Microbiológicas**. II Internacional Congresso n Subsurface Environment. São Paulo, 2011.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr A.; PACHECO, A. **Cemitérios de animais domésticos e impactos ambientais.** XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Luiz – MA, 2010. Disponível em: http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22941

GAUDIO DE ALMEIDA, P. R. **Ensaios laboratoriais em latossolo vermelho amarelo e a relação das características pedológicas com a manutenção de patógenos no solo**. 2012. Trabalho de Graduação Individual – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

KHALAPHALLAH, Rafat. **Greywater treatment for reuse by slow sand filtration : study of pathogenic microorganisms and phage survival**. Other. Ecole des Mines de Nantes, 2012.

KNIGHT, M. J.; DENT, B.B.. **A watery grave – The role of hidrogeology in cemetery practice.** Australian cemeteries and crematoria Association 1995, National Conference in Sidney. Reproduced in Institute of Burial & Cremation Administration, Summer 1996.

KOLPIN, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B., and Buxton, H.T., 2002, *Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000--A national reconnaissance*: Environmental Science and Technology, v. 36, no. 6, p. 1202-1211.

LELI, Isabel Terezinha, ZAPAROLI, Fabiana Cristina Meira, SANTOS, Vanessa Cristina dos, OLIVEIRA, Meyre, VIEIRA REIS, Fábio Augusto Gomes. **Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais**. Boletim de Geografia da UEM, Santa Catarina, v.30, n.1, p. 31-43, 2012. Disponível em http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/issue/view/625

MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S. et al.. Qualidade bacteriológica de água subterrânea em cemitérios. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 1991.

MATOS, B. A.; PACHECO, A. **Ocorrência de microorganismos no aqüífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha**. In: Congresso Mundial de Águas Subterrâneas, 2000, Fortaleza - CE. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2000. p. 1-11.

MATOS, Bolivar Antunes. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aqüífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. 2001. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-19122001-082301/>. Acesso em: 2013-07-21.

MATOS, B. A.; PACHECO, A.; BASTIANON, D.; BATELLO, E. **Caracterização hidrogeológica do aquífero freático no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo.** In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, FLORIANÓPOLIS. Resumo dos Trabalhos, 2002. Disponível em: *aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22673/14876*

MATOS, Bolivar Antunes, BASTIANON, Douglas, BATELLO, Edson, PACHECO, Alberto, PELLIZARI, Vívian, MENDES, J. Milton. **Contaminação do aquífero**

livre em cemitérios: estudo de caso. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, 1998. Anais. Disponível em: http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22290

MIGLIORINI, Renato Blat. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos |b estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo**. 1994. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-02042014-110435.

NORTHERN IRELAND ENVIRONMENT AGENCY, NIEA. **Cemeteries, Burials & The Water Environment: Guidance Notes**. 2009. Disponível em: http://www.doeni.gov.uk/niea/cemeteryguidance.pdf. Consultado em julho/2013.

OTTERSTETTER, H. **Consideraciones sobre el manejo de residuos de hospitales en America Latina**. In: Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares. Cascavel, 1993

PACHECO, Alberto, **Cemitério e Meio Ambiente**. Tema de Livre Docência, Instituto de Geociências, USP, São Paulo. 2000

PACHECO, Alberto. **Meio Ambiente & Cemitérios**. Editora Senac, São Paulo, 2012.

PACHECO, A. et al.. **Cemeteries: a potential risk to groundwater**. Water Science and Technology. Oxford, U.K. v. 24, p. 97-104. 1991

PACHECO, A; REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Recomendações para uma legislação brasileira de águas subterrâneas**. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 3, Fortaleza, 2-6 Set. 1984.

RODRIGUES, L., PACHECO, A. **Groundwater contamination from cemeteries cases of study.** In Environmental 2010: Situation and Perspectives for the European Union. Paper C 03. 2003. Porto, Portugal.

SARAIVA, Fernando Augusto. **Avaliação de métodos geofísicos no comportamento espacial de plumas de necrochorume**. 2011. Tese (Doutorado em Hidrogeologia e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-26072011-155842/>.

SILVA, Francisco Carlos da. **Avaliação ambiental preliminar do Cemitério de Itaquera, segundo a resolução CONAMA 335/2003, Município de São Paulo**. Dissertação de mestrado, 2007. Guarulhos. Disponível em: http://hdl.handle.net/123456789/129

SILVA, Francisco Carlos da, SUGUIO, Kenitiro, PACHECO, Alberto. Avaliação ambiental preliminar do cemitério de Itaquera, segundo a resolução CONAMA 335/2003, município de São Paulo. Revista UnG – Geociências V.7, N.1, 2008, 31-47, Guarulhos. Disponível em: http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/viewFile/376/465

SPONGBERG, Alison L. e BECKS, Paul M.. **Inorganic Soil Contamination From Cemetery Leachate**. In Water, Air and Soil Pollution 117: 313-327, 1999. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. Disponível em:

http://connection.ebscohost.com/c/articles/16604097/inorganic-soil-contamination-from-cemetery-leachate. consultado em 2007.

STAHLSCHMIDT-ALLNER, Petra, ALLNER, B, RÖMBKE, J, KNACKER, T. Endocrine disrupters in the aquatic environment. ECT-Oekotoxikologie GmbH, Böttgerstr. 2-14, D-65439, Flörsheim, Germany, 1997.

WANIELISTA M. Stormwater Irrigation Volume III: **Transport of the Cyanotoxin Microcystin in Groundwater Beneath Stormwater Ponds: Results of Soil Column Experiments**. Florida Dept. of Environmental Protection, FDEP Project No. S0134, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO, Regional Office for Europe. **The Impacto of Cemeteries on the Environment and Public Health**, 1998. Disponível em: http://whqlibdoc.who.int/euro/1998-99/eur_icp_ehna_01_04_01%28a%29.pdf. Consultado em julho/2013.