

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MAXUEL CIRILO DE OLIVEIRA

**A INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO NA VERTENTE DE AFLUENTE DO RIO CLARO
NO MUNICÍPIO DE ARARUNA – PR**

CAMPO MOURÃO

2022

MAXUEL CIRILO DE OLIVEIRA

**A INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO NA VERTENTE DE AFLUENTE DO RIO CLARO
NO MUNICÍPIO DE ARARUNA – PR**

**The influence of the cemetery on the afluyente side of the Rio Claro in the
municipality of Araruna - PR**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação
de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Marcilene Ferrari Barriquello Consolin.

Coorientador(a): Nelson Consolin Filho.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MAXUEL CIRILO DE OLIVEIRA

**A INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO NA VERTENTE DE AFLUENTE DO RIO CLARO
NO MUNICÍPIO DE ARARUNA – PR.**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação
de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26/maio/2022

Estela dos Reis Crespan
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Eudes José Arantes
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Nelson Consolin Filho
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcilene Ferrari Barriquello Consolin
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir chegar até este momento com saúde e vida.

Agradeço à orientadora Profa. Dra. Marcilene Ferrari Barriquello Consolin e Co-orientador Prof^o Dr. Nelson Consolin Filho, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória, por estarem comigo apoiando e trabalhando esse tema importante e ainda pouco difundido. Agradecer, ao Prof^o Dr. Eudes José Arantes pelo apoio em trabalho de campo realizado.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, filhos em especial, por estarem presentes em todos os meus momentos de conquistas pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Agradeço aos meus amigos, Sidval geógrafo, na indicação de material de apoio e estudo; Rodrigo Gonçalves Ferreira eng^o civil, pelo apoio de organização deste trabalho; ao Isaac Fialho e Jair servidores públicos de Araruna pelo apoio de campo; a Kelli França de Oliveira Vigilância Sanitária de Araruna, pelo apoio técnico; à Ana Flávia Bilmayer enga. Ambiental; Fabio Henrique B. Dias eng^o químico, Fábio Retwa eng^o agrônomo e Gabriel M. Ugarelli eng^o agrônomo, pelo apoio técnico.

Agradeço, a Secretaria do Curso pela cooperação e a UTFPR Campus de Campo Mourão por permitir o uso dos laboratórios, equipamentos e materiais.

Enfim agradeço a todos que influenciaram positivamente para que esse trabalho fosse finalizado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua,

Projeto CAPES/ANA AUXPENº.2717/2015, e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR pelo apoio recebido

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Cada dia torna-se mais notória a necessidade de perceber a água como um bem econômico, em que sua gestão deverá basear-se em princípios, deficiência econômica, de forma que satisfaça a procura sob uma ótica de sustentabilidade.

(BARROS; AMIN, 2008)

RESUMO

Os cemitérios são fontes potenciais de impactos ambientais, principalmente quanto ao risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por microorganismos que proliferam durante os processos de decomposição dos corpos além das substâncias químicas liberadas. Esta água contaminada, por sua vez, frequentemente acaba sendo utilizada pelas populações vizinhas aos cemitérios na sedentação de animais, culturas, etc. O principal contaminante proveniente dos cemitérios é o necrochorume. O objetivo deste estudo foi constatar se existe contaminação em solo e/ou água superficial no cemitério municipal de Araruna, considerando suas características de localização, tipo de solo, proximidade com pequenas propriedades e nascente de afluente. Foram abertas trincheiras em três profundidades diferentes na lateral de covas onde o enterro de corpos humanos foram realizados sem nenhum controle de obras civis ou seja, diretamente no solo. Além disso, foram realizadas coletas de água superficial em nascente e afluente distante aproximadamente 60 metros da área do cemitério. As amostras de água e solo foram avaliadas considerando os padrões estabelecidos na resolução CONAMA 420/2009 para o solo e Resolução CONAMA 357/2005 para as amostras de águas. A análise dos metais em água foram realizadas no Laboratório da UFPR – Campus de Campo Mourão –PR. O resultado encontrado mostrou alterações que podem estar relacionadas com as características do solo local, mas não se descarta a possibilidade de interferência pela existência de um cemitério localizado à montante deste ponto de coleta cerca de 60 metros. As análises de metais em solo foram realizadas em laboratório terceirizado. Os resultados que se apresentam em relação aos metais no solo considerando seus perfis de 0 à 1,00 metro de profundidade apontam para alterações à medida de que se aprofunda o solo até ao ponto de enterramento dos corpos humanos, onde os resultados apresentados são superiores aos de referência podendo estar relacionado à decomposição humana por tratar-se de um solo de maior permeabilidade e da presença de elementos de metais na urna funerária.

Palavras-chave: cemitério; necrochorume; contaminação; água.

ABSTRACT

Cemeteries are potential sources of environmental impacts, mainly in terms of the risk of contamination of groundwater and surface water by microorganisms that proliferate during the processes of decomposition of bodies, in addition to the chemical substances released. This contaminated water, in turn, frequently ends up being used by the populations neighboring the cemeteries for animals, crops, etc. The main contaminant from cemeteries is necrochorume. The objective is to verify if the municipal cemetery of Araruna, considering its characteristics of location, type of soil, proximity with small properties and source of affluent, may be contaminated in soil and/or surface water. Holes were drilled at three different depths on the sides of graves with the burial of human bodies without any control of civil works, that is, directly in the ground. In addition, the collection of surface water in spring and tributary distant approximately 60 meters from the cemetery area. The water and soil samples were evaluated considering the standards established in CONAMA Resolution 420/2009 for the soil and CONAMA Resolution 357/2005 for the water samples for analysis of heavy metal patterns were carried out at the UFPR Laboratory - Campo Mourão Campus -PR. The result found showed changes that may be related to the characteristics of the local soil, but the possibility of interference due to the existence of a cemetery located upstream of this collection point about 60 meters is not ruled out. Soil metal analyzes were performed in an outsourced laboratory. The results presented in relation to metals in the soil, considering their profiles from 0 to 1.00 meters in depth, point to changes as the soil deepens to the point of burial of human bodies, where the results presented are superior to the ones presented. reference, which may be related to human decomposition because it is a soil with greater permeability and the presence of metal elements in the funerary urn.

Keywords: cemetery; necroleachate; contamination; water.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1: A composição do Necrochorume | 26 |
| Figura 2 : Esquema de formação de plumas de contaminação..... | 28 |
| Figura 3: Esquema de contaminação do aquífero freático pelo necrochorume. | 29 |
| Figura 4: Localização do cemitério municipal de Araruna – PR | 35 |
| Figura 5: Coleta de água na nascente | 36 |
| Figura 6: Calibragem do equipamento AAS | 38 |
| Figura 7: Coleta de solo | 39 |
| | |
| Gráfico 1: Composição corporal humana | 30 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Resultados da análise de metais das amostras de água coletadas | 41 |
| Tabela 2: Resultados da análise de parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas em Agosto/21 | 43 |
| Tabela 3: Resultados analíticos Microbiológico das amostras de água | 44 |
| Tabela 4: Resultados da análise de metais no solo | 46 |
| Tabela 5: Resultados da Análise de Condutividade do Solo | 48 |
| Tabela 6: Granulometria /Física do Solo – Agosto/2021 | 49 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CETESB | Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental |
| Coef. | Coeficiente |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| NBR | Normas Brasileiras |
| SDE | Sem Denominação Especial |
| UFC | Unidades Formadoras de Colônias |
| UTM | Unidade T Mercador |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| WHO | World Health Organization |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|----|-------------|
| Ca | Cálcio |
| B | Boro |
| Mg | Magnésio |
| Zn | Zinco |
| Cu | Cobre |
| Pb | Chumbo |
| Mn | Manganês |
| Fe | Ferro |
| Na | Sódio |
| T | Temperatura |
| V | Volume |
| P | Pressão |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 OBJETIVOS | 17 |
| 2.1 Geral | 17 |
| 2.2 Específicos | 17 |
| 3 JUSTIFICATIVA | 18 |
| 4 REVISÃO DE LITERATURA | 20 |
| 4.1 Poluição causada por cemitério | 20 |
| 4.2 Cemitérios, meio ambiente e saúde pública | 24 |
| 4.3 Legislação vigente | 30 |
| 4.3.1 Legislações aplicáveis às áreas de cemitérios | 32 |
| 4.4 Análise de metais | 33 |
| 5 MATERIAL E MÉTODOS | 35 |
| 5.1 Caracterização da área de estudo | 35 |
| 5.2 Coleta de amostras de água | 36 |
| 5.3 Análise de metais nas amostras de água | 37 |
| 5.4 Coleta e análise solo | 38 |
| 6 RESULTADOS | 41 |
| 6.1 Análise e determinação de metais na água | 41 |
| 6.2 Análise microbiológica da água | 44 |
| 6.3 Análise do solo | 46 |
| 7 PRODUTO | 50 |
| 8 CONCLUSÃO | 51 |
| REFERÊNCIAS | 53 |

1 INTRODUÇÃO

O enterro de seres humanos, remonta a cerca de 100 mil anos antes da nossa era. A partir de 10 mil anos a.C. as sepulturas começaram a ser agrupadas, aparecendo desta forma, os primeiros Cemitérios (PACHECO *et al.*, 2008).

No entanto, é apenas na Idade Média, que a palavra cemitério adquire algum significado, quando se começa a enterrar os mortos nas igrejas paroquiais, abadias, mosteiros, conventos, colégios, seminários e hospitais (PACHECO; MATOS, 2000). Por volta de 1884, o Prof. Ricardo Jorge especulava sobre este problema, afirmando que não existia nenhum risco de contaminação, enquanto o Dr. Arruda Furtado referia o perigo da inquisição das águas. De 1863 a 1867, foi diagnosticado febre tifóide a habitantes de Berlim, devido à existência de um cemitério junto da população. Outro caso negativo ocorreu em Paris, onde as águas de poços perto de cemitérios apresentavam características menos impróprias para consumo. No entanto, em 1938, investigadores franceses mostraram discordância entre o risco efetivo dos cemitérios (DECRETO nº 44220, 1962).

A palavra cemitério do grego *koimetérion*, “dormitório”, do latim *coemeteriu*, designava, a princípio, o lugar onde se dorme, quarto, dormitório. Sob a influência do cristianismo, o termo tomou o sentido de campo de descanso após a morte. O cemitério também é conhecido como necrópole, carneiro, sepulcrário, campo-santo e vários eufemismos, como “cidade dos pés-juntos” e “última morada”.

Aquela palavra teve uma evolução semântica ao longo do tempo, impondo-se definitivamente na língua francesa, desde o século XVI. Em inglês, o emprego da palavra *cemetery* na linguagem corrente parece mais tardio. *Churchyard* ou *graveyard* só foram substituídas por *cemetery* (Ariês, 1977). Segundo Bayard (1993), na terminologia hebraica, o cemitério é designado por termos bastante surpreendentes: *Berth Olam* (casa da eternidade) e *Beth há'hayim* (casa da vida) (PACHECO; MATOS, 2000).

Contudo, a concepção atual, só começou a ter sentido, a partir do século XVIII, quando por razões sanitárias, começou-se a efetuar inumações e tumulações, longe das áreas urbanizadas (PACHECO; MATOS, 2000).

Os cemitérios de cadáveres humanos são monumentos à memória daqueles que morreram e que os vivos fazem questão de perpetuar.

Consequentemente, ao longo do tempo, este tipo de construção adquiriu a condição de inviolabilidade no que tange à pesquisa científica nos seus diferentes aspectos. Entretanto, sociólogos, antropólogos, folcloristas e outros têm dado excelentes contribuições para um melhor conhecimento dos hábitos, costumes e práticas funerárias.

Se houve uma consolidação científica da pesquisa sobre a temática da morte, outro tanto não se poderá dizer sobre a questão “cemitérios e meio ambiente”. Os cemitérios nunca foram incluídos nas listas de fontes tradicionais de contaminação ambiental, nunca foram objeto de um estudo deste tipo, apesar da existência de alguns relatos históricos sobre contaminação das águas subterrâneas e poços de abastecimento público (MULDER, 1954 *apud* BOUWER, 1978; SCHRAPS, 1972 *apud* PACHECO, 2000; RAGON, 1981 *apud* PACHECO, 2000). A questão sobre cemitérios precisa ser conhecida em todos os seus aspectos, principalmente, quando o cadáver humano possa ser causa de alterações ambientais e pôr em risco a saúde dos seres vivos. O corpo humano médio de 70 kg é composto por 16.000 g de carbono, 1.800g de nitrogênio, 1.100 g de cálcio, 500 g de fósforo, 140 g de enxofre, 140 g de potássio, 100 g de sódio, 95 g de cloreto, 19 g de magnésio, 4,2 g de ferro e 70 a 74% de água sendo que o da mulher situa-se entre um quarto e dois terços dos valores para o homem (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998; MATOS, 2001).

Depois de morto, o corpo humano se transforma. Passa a ser um ecossistema de populações formado por artrópodes, bactérias, microrganismos patogênicos e destruidores de matéria orgânica e outros, podendo pôr em risco o meio ambiente e a saúde pública. Sendo os cemitérios repositórios de cadáveres e laboratórios de decomposição, apresentam riscos que exigem cuidados técnicos e científicos na sua implantação e operação (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998; MATOS, 2001).

Em geral, a localização dos cemitérios é feita em terrenos com baixo valor econômico, em que as características geológicas e hidrogeológicas não são devidamente avaliadas, ocorrendo, por vezes, problemas sanitários e de higiene (PACHECO *et al.*, 2008).

Segundo Silva e Malagutti Filho (2008), os cemitérios nunca foram incluídos nas listas de fontes tradicionais de contaminação ambiental, apesar da existência de

alguns relatos históricos em Berlim e Paris na década de 70, constatando que a causa de epidemias de febre tifoide estava diretamente relacionada ao posicionamento dos cemitérios à jusante de fontes de água, como aquíferos freáticos e nascentes. Entretanto, Silva e Malagutti Filho (2010) afirmam que a partir da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 335 de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil, esses estabelecimentos passam a ser vistos como fontes de contaminação do ambiente, e sua implantação está sujeita ao atendimento dos critérios legais (BRASIL, 2003).

Do ponto de vista sanitário e higiênico, muito tem sido discutido ao longo destes últimos séculos. No entanto, as investigações e conclusões têm sido muito incipientes, pois para além da diversidade das características hidrogeológicas e da taxa de óbitos, existe um preconceito com o término do ciclo de vida do Homem.

No entanto, no que tange à questão técnico-operacional para a implantação e operação de cemitérios destinados a sepultamento no subsolo, como empreendimentos otimizados, é preciso atender requisitos e condições técnicas e científicas, visando a proteção e a preservação do ambiente (CETESB, 1990; PACHECO, 2000; SILVA, 2001).

No território nacional, a contaminação dos aquíferos, proveniente dos cemitérios, é pouco conhecida, pois existem poucos estudos sobre esta temática.

O estudo desenvolvido ajusta-se à área de concentração em Instrumentos da Política de Recursos Hídricos e linha de pesquisa Ferramentas de Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos. Pretendeu-se com este estudo avaliar a ocorrência de possíveis fontes de impactos ambientais causados por cemitérios. Realizou-se esta avaliação através de análises físico-química e bacteriológica de água coletada em nascente e do corpo hídrico de afluente do Rio Claro, nas proximidades do cemitério municipal, bem como de solo coletado no cemitério localizado na cidade de Araruna –PR.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a ocorrência de possíveis fontes de impactos ambientais causados por cemitérios através de análises do solo e águas da nascente existente à jusante nas proximidades comuns do cemitério de Araruna – PR.

Pensar o impacto ambiental, degradação ou contaminação do meio ambiente decorrentes das ações antrópicas, e suas relações econômicas apontadas como agentes destas interferências.

2.2 Específicos

- Levantar a situação legal da implantação deste cemitério perante a Legislação/Ambiental.
- Identificar possíveis fontes de contaminação com a coleta de solos e água para análise laboratorial na área de influência deste cemitério.
- Avaliar as ocorrências de degradação ambiental causada pela eliminação do necrochorume dos corpos enterrados no cemitério da cidade de Araruna – PR., área de influência de afluente do Rio Claro, buscando uma análise ambiental em conformidade com os parâmetros da Legislação Ambiental.

3 JUSTIFICATIVA

Os estudos relacionados aos impactos de Cemitérios têm despertado as autoridades que atuam na proteção do meio ambiente em exigências que venham atender a legislação ambiental vigente e as Resoluções do CONAMA em relação à cemitérios. Apesar de um longo período sem que se preocupasse com esta questão, pois não se tinha a concepção e a proporção dos impactos promovidos pelos cemitérios nas águas e no solo.

A pesquisa de maior impacto sobre contaminação de águas subterrâneas por cemitério no Brasil é de Pacheco *et al.* (1991), que estudou três cemitérios dos municípios de São Paulo e de Santos e constatou a contaminação do lençol freático por microrganismos – coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores e outros – oriundos da decomposição dos corpos sepultados por inumação no solo.

Infelizmente, os estudos com os cemitérios são muito recentes, demorou muito para perceber-se que os cemitérios seriam um local de geração de contaminação ao meio ambiente. Apesar dos estudos existentes, muito pouco se tem ações práticas em relação ao controle ambiental para este tipo de empreendimento. Na atual conjuntura, estudos são aprofundados à medida que a implantação de cemitérios possa comprometer os espaços geográficos e seus recursos naturais.

Os atuais cemitérios vêm sendo implantados com certo controle ambiental seja os de jardins, horizontal e ou vertical. Mas, ainda é muito grande a quantidade de cemitérios implantados em um tempo que antecede à legislação ambiental e que não trazem em suas infraestruturas de obras civis nenhum controle ambiental, gerando problemas que afetam ao meio ambiente e a saúde humana.

Diante desses problemas citados anteriormente, torna-se pertinente estudar os efeitos de possíveis contaminações causadas pela permanência de cemitério em área de influência de corpo hídrico Rio Claro no Município de Araruna –PR. Serão considerados os aspectos físicos, químicos e biológicos nos ambientes terrestre e aquático. O padrão de uso e ocupação do solo de características arenítica de uma região determina os tipos de resíduos produzidos, os quais irão impactar em maior ou menor grau os cursos hídricos que recebem esta carga. Esperam-se como

impactos positivos: avanço e consolidação de estudos sobre a qualidade das águas, elemento chave para a sustentabilidade dos recursos hídricos e qualidade de vida humana.

O presente trabalho teve como objetivo analisar as concentrações dos metais, boro, cobre, manganês, sódio, ferro e zinco em solo ocupado por cemitério.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Poluição causada por cemitério

Com o advento da Legislação, despertando para as consequências de contaminação ao solo e água dos cemitérios existentes em locais inadequados com níveis freáticos baixos, solos com características de permeabilidade elevada, sem nenhum critério de enterramento dos corpos humanos, ou seja, diretamente no solo, trouxe a tona toda uma discussão e de ações necessárias para minimizar e inibir a continuidade desta prática promovendo critérios técnicos de sistemas de controle ambiental para este tipo de atividades nos diversos municípios existente neste país.

Mesmo com a existência das Resoluções CONAMA, não existe o controle do estado nas construções e as obrigações são passadas da federação para o estado, e deste para o município, que geralmente não possui corpo técnico capaz de acompanhar o processo (PACHECO, 2006).

É importante entender que os Municípios são os que diretamente estão vinculados a implantação e gestão dos cemitérios. Assim, a gestão pública municipal deve ser proativa no sentido de promover ações que venham minimizar possíveis impactos ambientais causados pelos cemitérios. Este trabalho vem justamente fazer isso, despertar sobre os problemas causados pelos cemitérios, tendo como referência de estudo o Cemitério Municipal de Araruna - PR, como poderia ser outros de diversos lugares deste país, mas, que tem como finalidade a elaboração de manual de orientação técnica para os municípios que geralmente não possui um corpo técnico como cita Pacheco (2006), para que este Manual seja um material de apoio para a implantação, controle e gestão dos cemitérios nos diversos municípios com população de até 30 mil habitantes.

Conforme informações recolhidas para este estudo, a maioria dos corpos humanos enterrados na parte à montante e frontal do Cemitério de Araruna - Pr, considerando o ponto de coleta de solo ocorreram em sepulturas com construções de obras civis favorecendo em uma maior proteção ao solo deste local. No entanto, alguns sepultamentos neste mesmo local ocorreram diretamente sob o solo em uma profundidade de aproximadamente 1,0 metro. Nesta condição, a possibilidade de contaminação pode ocorrer, uma vez que a pluma de contaminação indica o

transporte de líquidos contaminante a uma profundidade de até 3,2 metros (CAMPOS, 2007; MATOS, 2001).

Silva e Malagutti Filho (2010) afirmam que a partir da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 2003) nº 335 de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil, esses estabelecimentos passam a ser vistos como fontes de contaminação do ambiente, e sua implantação está sujeita ao atendimento dos critérios legais

Inicialmente, a Resolução CONAMA nº 335/03 “dispunha que a área de fundo das sepulturas deve manter uma distância mínima de um metro e meio do nível máximo do aquífero freático”. Esta distância não é considerada suficiente para manter livre de contaminação o lençol freático segundo pesquisa realizada por Matos (2003). A pesquisa comprova que os vírus foram transportados no mínimo 3,2 metros na zona não saturada até alcançar o aquífero. Em solos mais permeáveis é necessário que a distância seja, no mínimo, de 10 metros, estabelecida na Resolução CONAMA nº 368/06 (CAMPOS, 2007; MATOS, 2001).

De acordo com Aquino e Cruz (2010), um corpo humano em decomposição, com peso entre 70 e 80 kg, libera cerca de 30 litros de necrochorume. O necrochorume é um líquido potencialmente poluidor e que altera as características físico-químicas e biológicas do solo de origem (MAJGIER; RAHMONOV, 2012).

Considerando a carga de contaminação que um corpo humano pode em relação ao seu peso e a liberação de líquidos (necrochorume) promover a contaminação do solo e água dependendo das condições do ambiente em que este corpo humano foi enterrado. O que se tem colocado em pauta nas discussões está na concentração desta massa composta por bactérias, vírus, patogênicos em geral que podem se disseminados através do solo dependendo da sua permeabilidade.

Segundo Jonker e Olivier (2012), a maior parte da contaminação decorrente das atividades cemiteriais é originada a partir de cargas minerais, que são liberadas, e de subprodutos como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), amônio (NH₄), nitrato (NO₃), além de aminas biogênicas, como a cadaverina e a putrescina.

A carga de minerais em um corpo humano carrega substâncias com potencialidade de contaminação capaz de provocar danos significativos em

ambientes aquáticos seja superficial e ou subterrâneos. Assim, o controle ambiental efetivo nos cemitérios com ações e práticas de proteção ambiental são fundamentais para a garantia na qualidade do solo e das águas existentes seja no espaço cemiterial, bem como em seu entorno (JONKER; OLIVIER, 2012).

Além do necrochorume oriundo da decomposição dos corpos, há também o necrochorume proveniente da decomposição dos caixões e de seus adereços, dos tecidos utilizados para vestir o corpo morto e da cama do caixão. Os tecidos utilizados para fins funerários são produzidos com materiais de difícil degradação, além de também receberem tratamento com ligantes químicos (WILLIAMS *et al.*, 2009). Já a madeira utilizada para os caixões é normalmente tratada com conservantes, tais como cloreto de polivinila, creosoto ou inseticidas (MININNI *et al.*, 2007; JONKER; OLIVIER, 2012), bem como vernizes e seladores (JONKER; OLIVIER, 2012), que ao se degradarem liberam substâncias tóxicas nocivas (SPONGBERG; BECKS, 2000).

Os ambientes com solos de características areníticas são ambientes de grande fragilidade, onde a condição granulométrica permite uma maior permeabilidade e condução hídrica. Com isso, os diversos elementos químicos podem permear pelos poros do solo levando substâncias tóxicas proveniente tanto dos corpos humanos como também de produtos residuais em decomposição conforme citado por Jonker e Olivier (2012). Em geral estas substâncias podem infiltrar contaminando o solo. Em alguns casos, por conta da falta de espaço físico nos cemitérios a remoção destes materiais como: restos de caixão, panos, metais, etc. são dispostos à céu aberto permanecendo no ambiente de superfície sofrendo oxidação e lixiviação e aços intempéricos, gerando poluição visual, bem como ao ambiente terrestre.

A escolha do local de estudo deste cemitério, levou em conta as características areníticas do solo e declinação. Estas características foram determinantes, pois como cita Olivier e Olivier (2001) a infiltração deste tipo de solo permite uma maior interferência de perfis mais profundos no solo e podem causar contaminações por substâncias geradas a partir da decomposição humana enterradas diretamente no solo.

Diante da multiplicidade de substâncias que compõem o necrochorume e da potencialidade contaminante das mesmas, é de grande importância a análise de

aspectos geológicos e hidrogeológicos na escolha de locais para a instalação de cemitérios (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2008), uma vez que o solo funciona como filtro na retenção dos metais, dos microrganismos e das demais substâncias resultantes do processo de decomposição dos corpos (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998).

O necrochorume se apresenta como uma substância viscosa, levemente mais densa que a água (1,23 g/cm³), cor acinzentada ou acastanhada, forte odor desagradável, 60% de água, 30% de sais minerais, 10% de substâncias orgânicas degradáveis como bactérias e vírus, aminas biogênicas como a 1,4 butanodiamina (putrescina) e 1,5 pentanodiamina (cadaverina), pH entre 5 e 9, temperatura entre 23°C e 28°C e grau variado de patogenicidade (PACHECO *et al.*, 1993; MARINHO, 1998; SILVA, 2000; MATOS, 2001; REZENDE, 2004; CAMPOS, 2007).

A geração de necrochorume é um processo natural que ocorre pela decomposição humana. Verifica-se que, o controle ambiental para conter a possibilidade de contaminação de solo e águas deve ser estabelecido pelos Municípios com práticas e técnicas de obras civis aplicadas nas sepulturas, principalmente para locais com solos de características físicas de permeabilidade fragilizada. Apesar de que culturalmente e ou religiosamente, algumas pessoas discordem de realizar o enterramento de corpos humanos em túmulos enclausurados é necessário que o enterramento não aconteça diretamente no solo sem nenhuma proteção.

Faz-se necessário para garantir a qualidade do solo e das águas a elaboração de uma legislação municipal com este objetivo, bem como uma ação de educação ambiental orientando a comunidade dos riscos ambientais que possam ocorrer, evitando assim, a proliferação de doenças.

A escolha da área adequada para a instalação de um cemitério é essencial para que o controle ambiental seja efetivado. É necessário a realização de estudos pela gestão municipal, seguindo as normas e resoluções estabelecidas em licenciamento ambiental, este estudo está sujeito a proporção populacional atendida no município. Estes estudos são necessários para estabelecer na análise do licenciamento ambiental e determinar critérios de controle ambiental necessários para este empreendimento e/ou atividade. Na proposta deste estudo, os critérios

mínimos de estudos necessários para cemitérios estão baseados na população equivalente à 30 mil habitantes.

Estudos hidro geológicos, sondagem e percolação, planialtimétricos, obras civis de drenagem, infraestrutura sanitária e de esgotamento sanitário, fazem parte para que o licenciamento ambiental seja concretizado no momento da licença prévia, instalação e operação conforme Resolução CONAMA nº 237/97, CONAMA nº 001/86, Resolução CEMA nº 107/20 etc.

Solos argilosos, com grande área superficial específica e alta capacidade de troca de cátions (CTC) são os mais adequados, por maximizar a retenção de metais e líquidos humorosos (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998), os quais podem conter em sua composição organismos patogênicos que, caso percolem até atingir o lençol freático, podem se tornar agentes de contaminação ambiental e causar problemas de saúde pública (MACHADO, 2006).

Machado (2006) cita a maximização a retenção de metais e líquidos humorosos no solo argiloso. Os solos com características areníticas desempenham uma capacidade de fluidez de líquidos de maneira muito mais veloz, facilitando a infiltração e percolação de substância tóxicas até atingir águas superficiais e /ou subterrâneas. Considerando a vertente no sentido norte (montante) e sul (jusante) da área que na qual se encontra o cemitério de Araruna –PR, com desnível do terreno em 6,0 metros até a nascente de afluente SDE do Rio Claro.

4.2 Cemitérios, meio ambiente e saúde pública

Um dos grandes dilemas da atualidade, debatidos em diferentes encontros expostos a todo o momento pela mídia é a necessidade de conservar diversos recursos naturais a fim de assegurá-lo para as gerações futuras; fazendo um uso sustentável destes. Dentre diversas formas de poluição e contaminação que podem ser o agente agressor ao meio ambiente, neste trabalho será destacada a poluição que tem como agente causador o necrochorume, líquido proveniente do processo de decomposição dos corpos, proveniente da atividade cemiterial.

De acordo com Pacheco (2000), “os cemitérios são um risco potencial para o ambiente.” Logo, esse problema vem se agravar em virtude de que a maioria dos cemitérios foram construídos em lugares que apresentam valor imobiliário baixo sem

quaisquer usos de estudos geotécnicos prévios. O não estudo das condições geológicas e hidrogeológicas podem vir ainda mais a contribuir para a exposição da população residente nas proximidades das necrópoles aos riscos provenientes da atividade cemiterial.

Ainda vivo o ser humano vive em estado de equilíbrio como o seu meio, no entanto após o seu falecimento, seu corpo tende a iniciar o processo de putrefação, sendo esta a destruição dos tecidos do corpo por enzimas e bactérias. Passando assim pelo que conhecemos como fenômenos transformadores destrutivos, no entanto, cada fenômeno ou estágio estando sujeito a durabilidades diferentes em virtude das variações peculiares de acordo com as diversas condições ambientais.

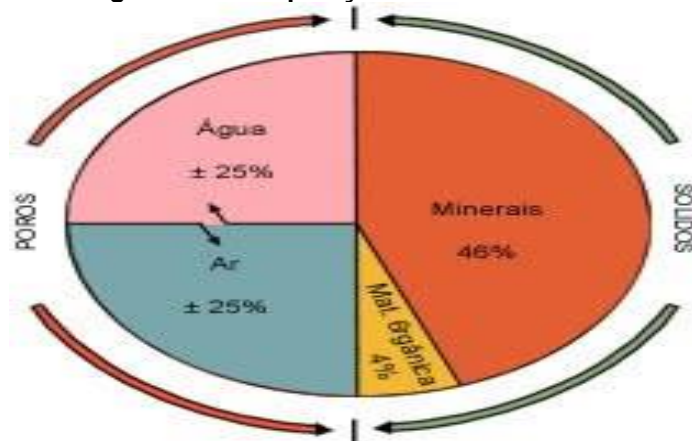
Após o óbito, cada corpo decomposto libera em torno de 30 a 40 litros de necrochorume, neologismo conhecido técnica e cientificamente por produto da coliquação, criado por analogia ao chorume dos resíduos orgânicos dos aterros. É possível definir o necrochorume como uma solução viscosa, composta em sua maior parte por água, rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, sua formação se dá em virtude do processo de decomposição dos cadáveres.

O necrochorume é o principal responsável pela poluição ambiental causada pelos cemitérios. Nele pode conter quantidades elevadas de diferentes tipos de bactérias e muitos tipos de vírus causadores de doenças que podem ser veiculadas hidricamente (Figura 1).

Dentre as muitas características do necrochorume, cabe salientar:

- Cor acinzentada ou acastanhada;
- Viscosidade maior que a água;
- Odor forte;
- Densidade média de $1,23 \text{ g/cm}^3$

Figura 1: A composição do Necrochorume



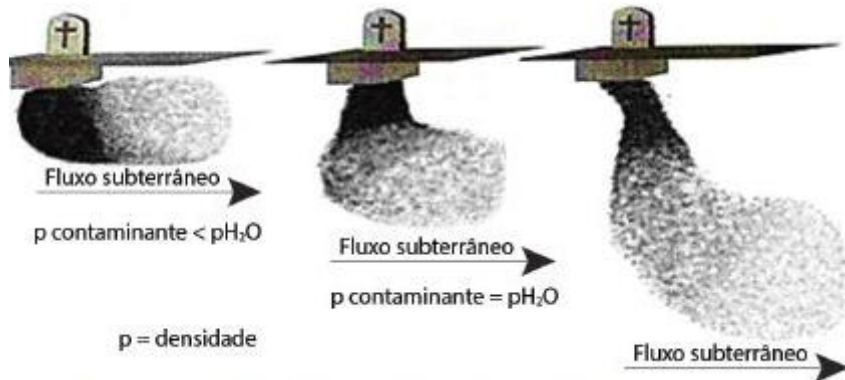
Fonte: LOPES (2000, p. 3)

O necrochorume é viscoso, de cor castanho-acinzentada, forte cheiro e grau variado de patogenicidade (ALMEIDA; MACEDO; 2005). Apresenta densidade média de $1,23 \text{ g/cm}^3$ (mais denso que a água), e a relação entre o volume de necrochorume produzido e o peso do corpo é igual $0,60 \text{ L/Kg}$ (LOPES, 2000). Segundo Almeida e Macedo (2005), a decomposição das substâncias orgânicas do corpo pode produzir diaminas como a cadaverina ($\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2$) e a putrescina ($\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_2$), que ao ser degradadas geram NH_4^+ , substância que apresenta toxicidade em altas concentrações. A cadaverina e putrescina são danosas também por serem responsáveis pela transmissão de doenças infecto-contagiosas como a hepatite e a febre tifóide. Essas substâncias podem se proliferar em um raio superior a 400 metros de distância do cemitério, a depender da geologia da região (LOPES, 2000). Depois de morto, como foi citado, o corpo humano fica infestado de bactérias, vírus e microorganismos patogênicos. A contaminação pelo necrochorume pode ser pelo aumento da carga orgânica no meio ambiente, que desencadeia uma série de alterações à harmonia do ecossistema, ou pode ser ainda pela disseminação de microorganismos como bactérias e vírus. Estes têm a capacidade de infiltração no solo com ajuda hídrica, podendo contaminar o corpo d'água abaixo do cemitério. Os vírus e as bactérias possuem resistência muito elevada no solo e principalmente na água. Podem causar epidemias se atingirem de fato a via aquática subterrânea. Segundo World Health Organization – WHO (1998), os organismos típicos presentes no aquífero subterrâneo que causam doenças são *micrococcaceae estreptococcos*,

bacilos e entrobacterias. Segundo WHO (1998), em três cemitérios do Brasil localizados no estado de São Paulo, foram detectadas bactérias do grupo coliforme nas águas subterrâneas. Os vírus são mais facilmente fixados pelas partículas do solo do que as bactérias, por isso estas últimas atingiram o lençol freático.

Segundo Lance e Gerba citados por WHO (1998), vírus com carga negativa inferior a um determinado nível são imediatamente adsorvidos enquanto vírus com uma forte carga negativa são movidos a locais mais distantes. Esta diferença é explicada pela constituição e propriedades químicas do solo. A argila possui grãos muito pequenos carregados eletronegativamente. Quando vírus muito carregados de elétrons passam pelos grãos de argila são repulsados porque têm cargas iguais. Já os vírus poucos carregados conseguem ficar retidos nos grãos por afinidade química (Troca catiônica). Por esta razão é fundamental o estudo do solo abaixo do local onde será implantado o novo cemitério. A Resolução CONAMA 368/06 já expõe este pensamento ao obrigar que a distância do lençol freático às covas precisa ser maior para solos mais permeáveis, como a areia e o cascalho. Os caixões também são importantes no processo de manutenção da qualidade ambiental do sistema. Eles devem ser construídos de materiais que se decompõem rapidamente e não liberam subprodutos químicos persistentes no ambiente. Os cemitérios podem causar poluição ambiental nos aquíferos subterrâneos e no solo da região não somente em virtude da toxicidade do necrochorume e dos microorganismos patogênicos presentes. O aumento da concentração natural de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes anteriormente ou no solo já é um fator que deve ter seu risco analisado. Alterações em um ambiente natural devem ser consideradas importantes e acompanhadas de perto pelos órgãos ambientais pois podem tornar o solo ou o aquífero inutilizáveis.

Figura 2 : Esquema de formação de plumas de contaminação



Fonte: Campos (2007, p. 32)

A penetração do necrochorume (Figura 2) no subsolo poder vir a implicar na contaminação das águas subterrâneas e superficiais, quando estas entram em contato com o processo de decomposição dos cadáveres. A contaminação por materiais originados das atividades cemiteriais as águas subterrâneas e superficiais podem ocorrer, segundo Migliorini (1994) “por causa da existência de artrópodes, microorganismos patogênicos e destruidores de matéria orgânica, bactérias, vírus e substâncias químicas liberadas.

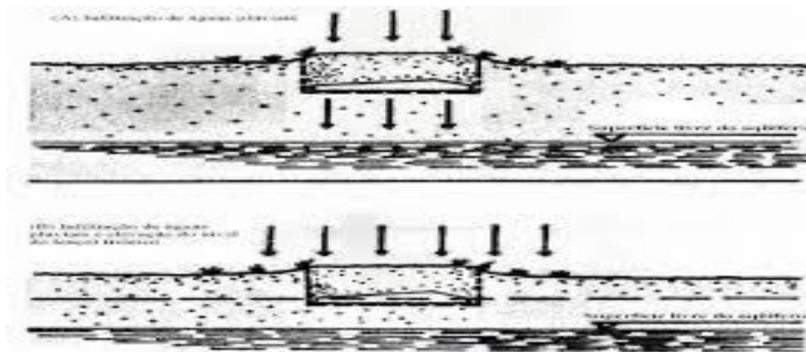
Podendo o necrochorume alcançar as águas subterrâneas e estas vindas a serem captadas por poços feitos pela população que residem ao entorno dos cemitérios, estas estarão sujeitas a vários riscos de saúde. A água é vital para toda a vida existente no planeta. Os humanos não podem sobreviver mais do que poucos dias sem ela, e a qualidade desta é importante para que seja garantida a manutenção da saúde humana. De acordo com Campos (2007) “as doenças de veiculação hídrica são doenças em que a água é o agente infeccioso, ou seja, os microorganismos patogênicos que atingem a água por intermédio de excretas de pessoas ou de animais infectados.” De acordo com Pacheco (2007) pessoas que morrem de doenças infecto-contagiosas, para além de outros microorganismos, podem estar presentes no necrochorume os patogênicos, com bactérias e vírus, agentes transmissores de doenças responsáveis pela causa mortis.

A água subterrânea forma-se quando as gotas de chuva se infiltram no solo e em outros materiais superficiais não-consolidados, penetrando até mesmo em

rachaduras e fendas do substrato rochoso. Ela é extraída pela perfuração de poços e bombeamentos para a superfície.

Os mais variados tipos de microorganismos patogênicos podem estar presentes no necrochorume, e ao entrarem em contato com as águas subterrâneas podem vir a comprometer a qualidade da mesma contaminando-a com os mais variados tipos de microorganismos.

Figura 3: Esquema de contaminação do aquífero freático pelo necrochorume.

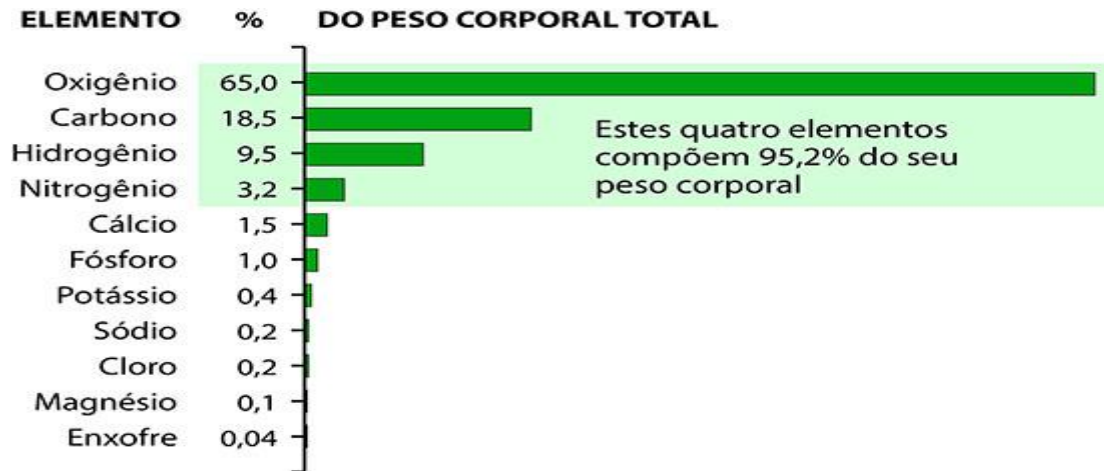


Fonte: Pacheco (2000, p. 59)

Esta água contaminada envolve (Figura 3), assim, questões diretamente relacionadas à saúde pública; visto que, poder vir a comprometer a saúde da população de reside em torno das necrópoles com os mais variados tipos de doenças. Para isso é de demasiada importância os diagnósticos ambientais feito de modo multidisciplinar estudando em conjunto a geografia e as disciplinas que perpassam a área da saúde, a fim de conhecer mecanismos de funcionamento dos mais diversos ambientes e doença, para de modo preventivo, seja possível, prevenir a questão da saúde que envolve áreas ao entorno das necrópoles.

O corpo humano médio de 70 kg é composto por 16.000 g de carbono, 1.800g de nitrogênio, 1.100 g de cálcio, 500 g de fósforo, 140 g de enxofre, 140 g de potássio, 100 g de sódio, 95 g de cloreto, 19 g de magnésio, 4,2 g de ferro e 70 a 74% de água (Gráfico 1) sendo que o da mulher situa-se entre um quarto e dois terços dos valores para o homem (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998; MATOS, 2001).

Gráfico 2: Composição corporal humana



Fonte: PACHECO (2006)

4.3 Legislação vigente

A Legislação mais atual que discorre sobre os aspectos construtivos de cemitérios é recente no Brasil. Somente em 3 de abril de 2003 foi divulgada a Resolução nº 335 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios (BRASIL, 2003). Três anos mais tarde, em 28 de março de 2006, foi publicada a Resolução CONAMA nº 368 que altera a Resolução anterior e dispõe sobre pontos considerados equivocados ou ineficientes para o controle da contaminação. Em outros países como Inglaterra, França e Holanda as legislações sobre as distâncias de cemitérios e poços para abastecimentos de água potável existem desde a década de 50 do século passado. Mesmo com a existência das Resoluções CONAMA, não existe o controle do estado nas construções e as obrigações são passadas da federação para o estado, e deste para o município, que geralmente não possui corpo técnico capaz de acompanhar o processo (PACHECO, 2006). A seguir serão apresentados alguns itens das resoluções que possuem relevância para este projeto. Inicialmente, a Resolução CONAMA nº 335/03 “dispunha a área de fundo das sepulturas deve manter uma distância mínima de um metro e meio do nível máximo do aquífero freático”. Esta distância não é considerada suficiente para manter livre de contaminação o lençol freático segundo pesquisa realizada por Matos (2001). A pesquisa comprova que vírus foram transportados no mínimo 3,2 metros na zona não saturada até alcançar

o aquífero. A Resolução CONAMA 368/06 repete o mesmo valor da distância das sepulturas ao nível máximo do aquífero, mas complementa que este nível máximo deve ser medido na época de cheia. A distância de 1,5 metros será aplicada para solos com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s. Em solos mais permeáveis é necessário que a distância seja, no mínimo, de 10 metros.

Ainda segundo o CONAMA: “É proibida a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de Mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas” (BRASIL, 2006). São obrigados também a adoção de técnicas e práticas que permitam a troca gasosa do corpo em putrefação com o meio, para que haja condição de adequada para sua decomposição. Obriga-se ainda o estudo da fauna e flora para construções acima de cem hectares, recuo da área de sepultamento em relação ao perímetro do cemitério, dentre outras especificações. Os órgãos estaduais podem também criar novas exigências de forma a aumentar a segurança ambiental no processo de licenciamento ambiental. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (2008) exige a apresentação de curvas de nível do local de implantação do cemitério que indiquem ruas, equipamentos urbanos, fontes, drenos, poços e mananciais. Estabelece ainda como obrigatório o projeto do empreendimento com ruas, passagens internas para pedestres, posição das sepulturas e edificações. A CETESB além de exigir o conhecimento nível do lençol freático no período de cheia – recomendado pelo CONAMA – exige também o conhecimento do fluxo das águas subterrâneas. Este procedimento é importante para o caso de uma contaminação, pois é possível conhecer sua fonte e para onde está sendo carregado. Todas as obrigações e recomendações da Resolução CONAMA 335/03 deveriam ser aplicadas até setembro de 2003 e as da Resolução CONAMA 368/06 até março de 2008. Estas servem para o licenciamento de novos cemitérios, mas obriga os já existentes a se adequarem nas Resoluções. Contudo, poucos cemitérios atenderam à solicitação do CONAMA. O não cumprimento da Resolução CONAMA 368/06 implica em sanções penais e administrativas. (PACHECO, 2006).

4.3.1 Legislações aplicáveis às áreas de cemitérios

Os primeiros passos para a regularização de legislação para os cemitérios no Brasil originam em meados do século XVI no Rio de Janeiro. Esta regulamentação se amparou em mudanças, costumes e hábitos culturais, onde a igreja definia a organização do espaço geográfico para a implantação dos cemitérios, pois eles se concentravam nas imediações e entorno destas igrejas.

No século XIX, a preocupação com outros aspectos além da ordenação espacial foram se acrescentando às implantações dos cemitérios fazendo com que estes fossem sendo implantados o mais longe possível do espaço urbano, pois os cemitérios antigos sofreram com a pressão imobiliária e atualmente são muitos que se encontram inseridos no interior dos centros urbanos no Brasil. As legislações foram sendo estabelecidas e aplicando normas e critérios de implantação, funcionamento, e gestão destes cemitérios.

Da década de 1960 aos anos 2000, a regulamentação para cemitérios se embasava nas leis orgânicas municipais. A participação da sociedade organizada e as instituições acadêmicas com os estudos sobre a questão foram determinantes para que a legislação para cemitérios fosse elaborada de maneira a atender a proteção humana e ao meio ambiente.

A legislação ambiental para cemitérios é muito recente, sua atribuição tem colaborado para o controle ambiental, com a proteção dos recursos hídricos contemplada pela Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (Lei nº 9.433/97).

A Resolução nº357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, considerando em seu Art. 4º que as águas doces de Classe 3 podem ser destinadas ao abastecimento público após tratamento convencional ou avançado, as de Classe 2 após tratamento convencional, as de Classe 1 após tratamento simplificado, e as de Classe Especial com desinfecção, alterando assim a Resolução anterior de enquadramento das águas, criada no ano de 1986 (BRASIL, 2005).

No âmbito estadual, a Legislação do Estado do Paraná faz referência à proteção de mananciais de abastecimento em sua Lei nº 8.935/89, que dispõe sobre

requisitos mínimos para as águas provenientes de bacias mananciais destinadas ao abastecimento público e adota outras providências. Esta Lei contempla os responsáveis pela fiscalização e execução para assegurar a qualidade das águas, as instalações de empreendimentos ou atividades proibidas nas áreas de manancial, e define os quesitos para edificações residenciais e industriais pré-existentes nestas áreas. Em seu texto cita que as áreas contendo mananciais de abastecimento público devem ser alvo de atenção específica, contemplando estratégias de proteção, aspectos legais e gerenciais, no entanto, também carece de normas e definições específicas que tratem diretamente sobre o tema e sua aplicação (PARANÁ, 1989).

Quando se observa as questões legais diante da legislação, percebe-se que ao longo dos tempos não se aplicava uma legislação com o objetivo de apresentar diretrizes de controle uma vez que os cemitérios nem sempre foi visto como um espaço gerador de problemas ambientais.

No entanto, verifica-se que a legislação ambiental para cemitérios é muito recente com poucas alterações e/ou inserções pelo pouco tempo de estudos sobre esta questão. Alguns estudos realizados no país foram parâmetros de definição para normas e diretrizes necessárias para o controle ambiental deste segmento.

A Resolução CONAMA 335/2003 em seu contexto, traz toda uma estrutura de aparato legal, mas que disciplina e direciona para práticas e ações necessárias para que os cemitérios não venham a ser um espaço pontual de disseminação de contaminações no solo e nas águas.

4.4 Análise de metais

A espectrometria de absorção atômica (AAS – do inglês Atomic Absorption Spectrometry) pode ser usada com chama (FAAS – do inglês Flame Atomic Absorption Spectrometry) com chama em forno de grafite (GFAAS – do inglês Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry) ou com atomização eletrotérmica em forno de grafite (ETAAS – do inglês Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry). Ambas são medidas de absorção de radiação do espectro eletromagnético, e diferem-se no modo com que os átomos ou moléculas são excitados (KRUG, 2004). Essa técnica possui limites de detecção de concentração

considerados muito bons, onde a primeira (FAAS) encontra concentrações na faixa dos mg/L (ppm), enquanto as outras (GFAAS e ETAAS) podem ser utilizadas para concentrações mais baixas como $\mu\text{g/L}$ (ppb) e conseguem detectar elementos traço em ínfimas concentrações (SKOOG, 2006). De forma teórica, a técnica pode ser definida pelo estudo das interações que acontecem entre a radiação eletromagnética absorvida pelos elementos presentes em uma amostra de interesse. Isso ocorre devido a capacidade de um átomo com os elétrons no estado de menor energia poder ser excitado por uma fonte externa de energia térmica, ocorrendo o que é chamado de transição eletrônica, ou estado excitado do átomo que ocorre principalmente na camada de valência. Como os átomos tendem a permanecer no estado fundamental de menor energia, o elétron acaba retornando para o nível anterior e devolve a energia absorvida em forma de radiação eletromagnética, que pode interagir absorvendo um comprimento de onda específico criado pela lâmpada do aparelho, podendo assim ser medido. Quanto maior for a quantidade de átomos na amostra, maior será a quantidade de luz absorvida, que ao ser medida de acordo com a lei de Beer, possibilita encontrar a quantidade do elemento presente na mesma (KRUG, 2004). Esta técnica permite estipular quantitativamente uma extensa diversidade de amostras sólidas, gasosas e principalmente na forma líquida, possuindo capacidade de detecção para mais de 60 elementos com sensibilidade dentro dos limites baixos de detecção e com certa rapidez de análise. Por esse motivo é considerada uma técnica analítica bem-sucedida e largamente utilizada, principalmente na determinação de metais em componentes biológicos, onde a maior desvantagem é a impossibilidade de realizar a análise simultânea de mais de 6 elementos em alguns equipamentos disponíveis (MUSTRA, 2009).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

A área do Cemitério Municipal de Araruna –PR., caracterizado pelo lote nº Chácara nº 19-A, subdivisão da chácara 14, 15, 16, 17, 18-B e 19 situado no quadro suburbano da cidade de Araruna –PR, com área de 36.271 m², está localizado nas coordenadas UTM 22K 347137 E / 7351772 S, rodovia PR-558 Bento Fernandes Dias e Rua Humberto de Campos. Esta área compartilha em seu uso em comum o cemitério e o viveiro de produção de mudas

A coleta de solo ocorreu na área do cemitério localizado nas coordenadas UTM 22K 347137 E / 7351772 S, altitude do terreno 233 metros. Já a coleta de água ocorreu em nascente existente no imóvel localizada nas coordenadas UTM 22K 347062 E / 7351630 S, altitude do terreno de 599 metros, (fonte: SIRGAS, 2000) (Figura 4).

Figura 4: Localização do cemitério municipal de Araruna – PR



Fonte: Adaptado de Google Earth (2021, p. 1)

5.2 Coleta de amostras de água

Este trabalho buscou investigar água de córrego próximo ao cemitério no sentido de avaliar os parâmetros microbiológicos e metais. Para tanto foram analisadas 03 amostras, comparando-se os resultados obtidos com os padrões de qualidade em relação as classes estabelecidas no enquadramento para águas doces determinado pela Resolução – CONAMA, nº 357/2005, Classe III. Considerando os padrões microbiológicos para águas *in natura* não há nenhuma padronização específica e sim em relação a potabilidade de acordo com a Portaria MS nº 518/04, Portaria MS nº 29.014/04. Sendo estabelecidos os resultados de acordo com sua classificação e sua destinação.

Realizou-se a coleta de água para análise em uma nascente e afluente hídrico sem denominação especial SDE, a uma distância de aproximadamente 100 metros do local de enterramento de corpos humanos no cemitério municipal de Araruna –PR (Figura 5). Para análise laboratorial microbiológica com o uso de recipientes esterilizados, coletou-se 200 mL de água e imediatamente destinado ao laboratório Acqua Sollus para este procedimento. Já para análise e determinação de metais, coletou-se água em recipientes preservados de 500 mL sendo mantido em refrigeração à -3°C e posterior análise em laboratório da UTFPR Campus de Campo Mourão.

Figura 5: Coleta de água na nascente



Fonte: Autoria própria (2021)

5.3 Análise de metais nas amostras de água

Realizou-se as análises de chumbo (Pb), cobre (Cu), alumínio (Al) e ferro (Fe) em espectrofotômetro de absorção atômica com chama marca Analytik Jena, modelo NOVAA300 como mostrado na Figura 6. O software é fornecido juntamente com o aparelho pela marca e nesse caso é a versão utilizada foi a nº 4.7.8.0. Preparou-se as soluções analíticas contendo Fe, Pb, Cu e Al a partir de soluções-padrão comerciais com concentração de 1000 ± 2 mg/L (SpecSol) dos respectivos íons, com diluição rigorosa em água deionizada. Essas diluições foram 08 utilizadas para construção da curva de calibração no equipamento como mostrado.

Padrão analítico de diluição da solução estoque para construção da curva de calibração para análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica. Elementos Diluição para curva de calibração em mg/L:

- Chumbo: 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 10,0.
- Cobre: 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 10,0.
- Alumínio: 0,0; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 10,0.
- Ferro: 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 10,0.

As condições operacionais do espectrofotômetro de absorção atômica foram pré-definidas no comprimento de onda característico para cada elemento químico com lâmpada específica, largura de fenda, intensidade da lâmpada e correção de ruído, o tipo de chama utilizado foi de ar/acetileno para os elementos Fe, Pb e Cu, e para o Al utilizou-se chama N₂O/acetileno. Os parâmetros foram ajustados a cada medida e estão dispostos. Parâmetros de operação para análise por Espectrometria de Absorção Atômica.

Figura 6: Calibragem do equipamento AAS



Fonte: Autoria própria (2021)

5.4 Coleta e análise solo

Realizou-se a coleta de solo (Figura 7) no interior do cemitério ao lado de cova UTM 22K 347137 E / 7351772 S, onde ocorreu o enterro de corpo humano a cerca de 08 meses. Esta coleta ocorreu com o uso de um instrumento denominado trado com 1,5 m de altura, sendo que as coletas seguiram o seguinte critério: 0,20 m de profundidade, 0,50 m de profundidade e 1,20 metro de profundidade. Coletou-se em torno de 1kg de solo, sendo que enviou-se 400 gramas imediatamente para o laboratório Acqua Sollus para análise microbiológica.

Figura 7: Coleta de solo

Fonte: Autoria própria (2021)

Com a chegada do solo no laboratório como primeiro passo realizou-se a secagem por um período de 14 a 16 horas, após direcionou-se este material para uma estufa de circulação de ar com temperatura à 65 °C. Com o solo já totalmente seco levou-se para um moedor martelo para moagem onde o material é separado em peneiras de até 2,0 mm.

Na sala de cachimbagem, utilizou-se cachimbos de acordo com as amostragens e seus respectivos parâmetros, sendo que para cada parâmetro de análise um determinado cachimbo com dimensões volumétricas são utilizadas neste caso utilizou-se cachimbo de 5,0 g. Para esta análise utilizou-se método de absorção atômica, solução extratora de acordo com os parâmetros de análises requerida, sendo que os resultados são baseados em material diluído e líquido. Utilizou-se alguns equipamentos como: diversos espectrofotômetros; vortéis; bancadas com soluções extratoras evitando a contaminação cruzada. Método utilizado segundo o Manual de Métodos de Análise da Embrapa Solos. 3ª edição rev. ampl. Rio e Janeiro, 2017.

Armazenou-se o restante do solo coletado em refrigerador com temperatura - 3°C para futura análise para determinação dos metais no laboratório da UTFPR Campus de Campo Mourão –PR.

6 RESULTADOS

6.1 Análise e determinação de metais na água

A Tabela 1 mostra os resultados das análises utilizando Equipamento de Espectrometria de Absorção Atômica para a determinação de metais nas amostras de água.

Tabela 1: Resultados da análise de metais das amostras de água coletadas

| Metais | Valores de Referência (Resolução CONAMA 357) | Fevereiro 2021 | | | Agosto 2021 | | |
|--------|---|----------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 |
| | (mg/L) | | | | | | |
| Zn | 0,18 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cu | 0,90 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pb | 0,01 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Mn | 0,10 | 0,26 | 0,38 | ND | 0,26 | 0,38 | ND |
| Fe | 0,30 | 0,69 | 0,82 | ND | 0,06 | 1,59 | 0,10 |
| Mg | 0,50 | - | - | - | 14,46 | 13,31 | 6,82 |
| Na | - | - | - | - | 2,59 | 1,76 | 7,88 |

Amostra 1 – água coletada no afluente do Rio Claro ; Amostra 2 – água coletada no afluente do Rio Claro; Amostra 3- água de torneira. ND – Não Detectado

Fonte: Autoria própria (2022)

Conforme os resultados da Tabela 1 podemos observar que as concentrações de manganês e ferro nas amostras 1 e 2 encontram-se acima dos valores máximos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doce Classe I e II.

A Sociedade Brasileira de Toxicologia revela que o manganês, elemento essencial ao metabolismo humano, pode levar a quadros de neurotoxicidade e estar associado a doenças como Parkinson e Alzheimer (CARNAÚBA, 2016).

Este resultado remete a uma análise que vai de encontro com características físicas do ambiente de coleta. Considerando os solos com característica argilosa seria comum a presença em excesso de ferro e manganês, mas o solo deste local de coleta é de característica arenítica (arenito caiuá) com perfis onde a presença do silte é predominante. Como citado anteriormente, de acordo com Ucisik e Rushbrook (1998) e Matos (2001), o corpo humano médio de 70 kg é composto por 16.000 g de carbono, 1.800g de nitrogênio, 1.100 g de cálcio, 500 g de fósforo, 140 g de enxofre, 140 g de potássio, 100 g de sódio, 95 g de cloreto, 19 g de magnésio, 4,2 g de ferro e 70 a 74% de água sendo que o da mulher situa-se entre um quarto e dois terços dos valores para o homem, destaca-se a presença de ferro nessa composição.

Em uma análise dos resultados encontrados, pode-se inferir que a alteração encontrada nos valores do metal ferro pode ser devido a contaminação por necrochorume. De acordo com Matos (2001) a presença do necrochorume provoca um acréscimo na quantidade de sais minerais, aumentando a condutividade elétrica da água, levando também a um aumento da concentração de íons como cloreto.

Devemos considerar que a presença em excesso do ferro e manganês também pode ser devido a existência de uma rocha em ponto de declive que aflora para o sentido da nascente eliminando pelo processo de lixiviação elementos Fe e Mn. Outra explicação pode estar vinculada a questão de que a referida área se encontra das proximidades de área de transição de solos argilosos e arenosos, no entanto, não se descarta a hipótese de contribuição, pela concentração de corpos humanos enterrados, uma vez que o corpo humano contém em sua composição estes elementos químicos.

De acordo com os resultados da análise para magnésio as amostras 1 e 2 apresentaram resultados maiores em comparação com a amostra 3. O parâmetro não possui valor de referência estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005.

Em relação a análise para sódio, a amostra 3 apresentou resultado mais elevado em comparação com as demais amostras 1 e 2. O parâmetro não possui valor de referência estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005. Porém a concentração deste metal encontrada nas águas está abaixo do limite para consumo humano estabelecido pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde (colocar na lista de referência), que estabelece o valor máximo da concentração de Na de 200 mg/L.

De acordo com a análise para chumbo, os resultados se apresentaram negativos, portanto, não detectável (ND).

Na Tabela 02 estão colocados os resultados obtidos de condutividade, pH, turbidez e OD para as amostras de água coletadas.

Tabela 2: Resultados da análise de parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas em Agosto/21

| Parâmetros | Amostra1 | Amostra 2 | Amostra 3 |
|---|-----------------|------------------|------------------|
| | 350 | 204 | 172 |
| Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | | | |
| pH | 5,7 | | |
| Turbidez (UNT) | 3,56 | 34,4 | 0,37 |

Amostra 1 – água coletada na nascente do Rio Claro; Amostra 2 – água coletada no afluente do Rio Claro; Amostra 3- água de torneira.

Fonte: Autoria própria (2022)

As amostras de água mostram que, em geral são levemente ácidas com pH de 5,91 e 5,17. Os valores de condutividade elétrica são expressivos, a amostra 1 apresentou 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a amostra 2 apresentou 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Matos e Pacheco (2000) encontraram condutividade elétrica de amostras de água de poços de 51 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 72,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Também observaram em seu estudo que as amostras de água dos locais onde o nível freático encontra-se mais próximo da superfície apresentam maior pH, maior condutividade elétrica, menor quantidade de oxigênio dissolvido do que as amostras dos poços onde os níveis freáticos estão mais profundos. Os resultados obtidos corroboram com Matos e Pacheco (2000) que inferem que esses resultados podem estar relacionados ao fato de que as águas mais próximas dos sepultamentos estão mais contaminadas do que aquelas que estão mais protegidas.

6.2 Análise microbiológica da água

Na Tabela 3 estão relacionados os resultados encontrados com a análise microbiológica das amostras de água coletadas.

Os resultados desta coleta de água para análise microbiológica tiveram como referência a contagem de coliformes totais e termotolerantes, orientados pelo SMEWW, 23 ed. 2017. Foi utilizado o método 9222B com meios de cultura Endo Agar LES. Já os resultados de Bactérias Heterotróficas foram baseados pelo SMEWW, 23 ed. 2017. Utilizando o método 9215 B o meio de cultura utilizou a Tryptone glucose extract agar, com determinação quantitativa pela técnica de inoculação em profundidade. LQ: 1 UFC/ml. E Normas e Procedimentos APHA Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 9215. 9215 A e B. 23rd.ed. 2017 ESCOPO DA ACREDITAÇÃO – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – ENSAIO ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. A este documento são aplicáveis as definições do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), do DOQ-Cgcre-020, da ABNT NBR ISO/IEC 17000 e da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

Tabela 3: Resultados analíticos Microbiológico das amostras de água

| Parâmetros Microbiológicos | Valores de Referência (Portaria de Consolidação nº05/2017) | Amostra1 (UFC/100ml) | Amostra 2 (UFC/100ml) | Amostra 3 (UFC/ml) |
|-----------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Coliforme Totais | Ausente | 289 | 1100 | < 1 |
| Coliforme Termotolerantes | Ausente | 179 | 967 | < 1 |
| Bactérias Heterotróficas | Até 500 | 680 | 730 | < 1 |

Amostra 1 – água coletada na nascente do Rio Claro; Amostra 2 – água coletada no afluente do Rio Claro; Amostra 3- água de torneira.

Fonte: Autoria própria (2021)

A contaminação causada por materiais cemiteriais em águas subterrâneas e superficiais podem ocorrer, de acordo com Megliorini (1994) “por causa da

existência de artrópodes, microorganismos patogênicos e destruidores de matéria orgânica, bactérias, vírus e substâncias químicas liberadas”.

A avaliação destes resultados demonstra que a água deste pequeno córrego não encontra-se adequada para o consumo, bem como seu uso para atividade que sejam destinadas à produção de alimentos de consumo humano.

Observa-se uma elevação na contagem de bactérias heterotróficas o que significa a presença de bactérias patogênicas que podem provocar infecções. Quanto aos Coliformes Termotolerantes e Totais, estes deveriam encontrar-se ausentes, mas, a contagem nesta análise aponta para um resultado bastante alterado o que indica patógenos danosos à saúde humana.

Neste local, não observou-se a presença de lançamentos de esgotos sem tratamento ou tratado. Estudos realizados por outros pesquisadores também corroboram com os resultados encontrados nas amostras de água analisadas.

De acordo com Pacheco e Matos (2000) estudos realizados pelo Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS) e do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, investigaram a relação entre cemitérios e meio ambiente. Os estudos foram realizados em várias necrópoles dos municípios de São Paulo e de Santos, entre as quais está o maior cemitério da América Latina, constataram a contaminação do aquífero freático por microorganismos como os eolifonnes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores e outros, oriundos da decomposição dos corpos sepultados por inumação e atingiram o aquífero através do necrochorume.

Antunes *et al.* (1998), realizaram um estudo de investigação no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha que fica localizado na zona norte do município de São Paulo utilizando sondagens elétricas, caminhamentos eletromagnéticos, furos de sondagem onde fizeram coletas de amostras de solo e água para análises química, física e bacteriológica. Os resultados mostraram que alguns corpos estão muito próximos ou imersos nas águas subterrâneas, aumentando o risco de contaminação. Estas águas estão contaminadas por microorganismos. A amostra de água subterrânea que foi coletada apresentou baixo índice de indicadores de poluição fecal (coliformes totais e fecais), porém bactérias anaeróbias (clostrídios sulfito redutores) foram encontrados em maior número (900 NMP/100 mL), demonstrando uma provável contaminação oriunda das covas. Também foram encontrados altos

números de bactérias lipolíticas e proteolíticas em amostras de solo podendo indicar a percolação do necrochorume na zona não-saturada.

Assim é possível que, as alterações destes parâmetros encontradas nas amostras de água analisadas possam estar relacionados a vestígios de necrochorume.

6.3 Análise do solo

Existem 92 elementos que ocorrem naturalmente na Terra. Nos seres vivos, apenas 11 desses elementos são encontrados em quantidades maiores do que apenas traços. Em outras palavras, qualquer elemento presente em quantidade igual ou menor a 0,01% é considerado um elemento traço. Nos vertebrados, tais como os seres humanos, existem dois elementos adicionais que ocorrem em quantidades maiores do que traço – estes são o iodo e o ferro.

Os resultados envolvem, a coleta de solo no interior da área do cemitério e água de nascente e afluyente nas proximidades, com análises laboratoriais e os resultados estão mostrados a seguir na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados da análise de metais no solo

| Coletas | | Fevereiro 2021 | | | Agosto 2021 | | |
|----------------|---------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Amostras | | 1 *0-0,20 m | 2 *0-0,50 m | 3 *0-1,00 m | 1 *0-0,20 m | 2 *0-0,50 m | 3 *0-1,00 m |
| pH | | 4,74 | 5,32 | 5,43 | 6,66 | 5,87 | 5,81 |
| Micronutriente | Valor de referência | mg Kg ⁻¹ | | | | | |
| Cobre (Cu) | 400 | 194 | 191 | 687 | 1.140 | 510 | 590 |
| Zinco (Zn) | 1000 | 821 | 1.800 | 1.390 | 420 | 460 | 490 |
| Ferro (Fe) | 21 a 30 | 12,61 | 16,36 | 21,34 | 8,52 | 4,77 | 2,98 |
| Manganês (Mn) | 3,1 a 5,0 | 12,22 | 26,14 | 52,95 | 17,41 | 19,73 | 7,44 |
| Boro (B) | 0,1 a 0,3 | 0,14 | 0,19 | 0,15 | 0,44 | 0,33 | 0,28 |
| Enxofre (S) | | 13,12 | 11,92 | 6,04 | 7,56 | 8,43 | 6,89 |
| Fosfóro (P) | | 1,09 | 2,19 | 0,69 | 2,45 | 2,90 | 1,10 |
| | | cmol _c dm ⁻¹ | | | | | |
| Cálcio (Ca) | | 1,77 | 2,59 | 2,66 | 4,23 | 3,43 | 2,05 |
| Magnésio (Mg) | | 0,58 | 0,60 | 1,37 | 0,82 | 0,50 | 0,28 |
| Potássio (K) | | 0,01 | 0,02 | 0,13 | 0,04 | 0,09 | 0,01 |

| | | | | | | |
|------------|---|---|---|------|------|------|
| Sódio (Na) | - | - | - | 0,18 | 0,14 | 0,10 |
|------------|---|---|---|------|------|------|

Fonte: Acqua Sollus, 2021/Conama 420/09; Embrapa/2001. *Profundidade.

Para os metais analisados na Amostra 1 não foram encontradas concentrações acima daquelas reportadas nas referências.

Os resultados mostrados na Tabela 4 indicam uma concentração baixa de potássio, isso pode ser explicado devido ao potássio participar nos processos de troca iônica por ser facilmente adsorvido pelas argilas.

De acordo com os resultados observou-se que na primeira coleta em fevereiro de 2021 as amostras 2 e 3, com profundidade de coleta de 0-0,50 m e 0-1,00 m, respectivamente, apresentaram para o metal zinco valores de concentração superiores aos valores de referência da Resolução CONAMA nº 420/09.

Para as amostras 1, 2 e 3, observou-se que a concentração do metal manganês está acima do valor de referência especificado em Embrapa (2001) para este tipo de solo. A amostra 3 também apresentou concentração superior aos valores de referência encontrados na Resolução CONAMA nº 420/09 para o metal cobre. Tudo que se apresenta alterado em termos de substância inorgânicas no solo pode se caracterizar como algo contaminante, não atuando na fotólise da água existente neste ambiente.

De acordo com os resultados obtidos, a amostra 3 que foi coletada em maior profundidade (1,00 m) apresentou alterações nas concentrações dos metais quando comparado as referências, deve-se destacar que essas alterações podem estar relacionadas a profundidade em que foi coletada essa amostra já que a mesma se encontra em profundidade próxima aos corpos enterrados e em decomposição.

Diante destes resultados e verificando a composição corporal humana e todo processo de decomposição ao ser enterrado com a geração de necrochorume pela ação cadaverina e putreficina e eliminação de amônia neste ambiente, as alterações em cobre e zinco poderia ser explicado pelo material utilizado (urna funerária) e o manganês pela própria decomposição, pois esta é necessário para o funcionamento normal do cérebro, sistema nervoso, sistema enzimático e órgãos.

Segundo Silva e Malagutti Filho (2008) “há o aumento de substâncias inorgânicas como compostos nitrogênio e fósforo, na concentração de sais minerais (Cl^- , HCO_3^- , Ca^{+2} , Na^+), e conseqüentemente na condutividade elétrica, no pH e na alcalinidade e dureza da solução do solo”.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para a condutividade dos solos coletados.

Tabela 5: Resultados da Análise de Condutividade do Solo

| Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Profundidade 0-0,20 m | Profundidade 0-0,50 m | Profundidade 0-1,00 m |
| (mS seg⁻¹) | | |
| 18,07 | 11,23 | 8,18 |

Fonte: Acqua Sollus, 2021

A análise das amostras apresentou alto valor de condutividade elétrica quando comparado com a literatura, Machado *et al.* (2006) encontraram condutividade elétrica de 1,9 a 13,7 mS m⁻¹ com um valor médio de 5,2 mS m⁻¹ na camada de solo de 0-5 cm em um Latossolo Vermelho distroférico. Benites e Mendonça (1998) obtiveram valor de condutividade elétrica próximo a 1,7 mS m⁻¹ em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico argiloso.

Este comportamento pode ser explicado comparando-se os resultados encontrados para os micronutrientes analisados nas amostras 1, 2 e 3 respectivamente, observou-se altas concentrações dos metais cobre, zinco, ferro e manganês encontrados nessas amostras, que pode estar relacionado com a contaminação por necrochorume. Salienta-se que o valor de condutividade elétrica apresentado é o somatório das condutividades individuais das espécies presentes no solo. Outros micronutrientes como o cálcio, magnésio, potássio, fósforo também contribuem para a condutividade total. Especialmente o teor de sódio, que é um forte condutor de eletricidade, pode estar relacionado com o resultado encontrado, observou-se que o teor de sódio diminuiu com a profundidade do solo analisado assim como o valor da condutividade.

O tipo de solo e a quantidade de argila presente neste solo produzem efeitos nas medidas de condutividade. De acordo com as análises realizadas o solo é do

tipo argissolo com teor de argila de 18,00 % para a amostra 1, 14,00% para a amostra 2 e 12,00% para a amostra 3 (Tabela 6). Pelos resultados observou-se que houve uma correlação linear entre os teores de argila presentes nas amostras e suas respectivas condutividades elétricas, quando o maior teor de argila maior valor de condutividade, destacando que a argila tem a propriedade de reter mais água também de conduzir mais eletricidade que areia e silte. Estudos realizados por pesquisadores no sudeste da Austrália mostraram que existe alta correlação entre a condutividade elétrica e o teor de argila (WILLIAMS; HOEY, 1987). Molin e Rebello (2011), realizaram um estudo e obtiveram a indicação clara de que a condutividade elétrica responde às variações na textura do solo como também em seus teores de umidade.

A Tabela 6 apresenta a granulometria das amostras de solo analisadas.

Tabela 6: Granulometria /Física do Solo – Agosto/2021

| Amostras | Valor de Referência (%) | Argila (%) | Silte (%) | Areia (%) |
|----------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 1 (0 – 20 cm) | 100,00 | 18,00 | 8,00 | 74,00 |
| 2 (0 – 50 cm) | 100,00 | 14,00 | 6,00 | 80,00 |
| 3 (0 – 1,00m) | 100,00 | 12,00 | 10,00 | 78,00 |

Fonte: Acqua Sollus, 2021/Conama 420/09; Embrapa/2001

7 PRODUTO

Como produto final deste trabalho, foi elaborado um manual para gestão de cemitérios, considerando a proporcionalidade populacional de 30 mil habitantes no Município. Pretende-se que este manual, venha atender as necessidades de apoio técnico e de gestão com práticas que venham proporcionar uma gestão com controle ambiental e a proteção dos recursos naturais, uma vez que os Municípios tem dificuldades de possuir em seu corpo técnico profissionais que detenham de conhecimentos técnicos e de procedimentos para a implantação e gestão de cemitérios. Critérios de apresentação do projeto técnico básico ambiental para cemitério; Critério de apresentação de plano de controle ambiental para cemitério; Termo de referência com as diretrizes para apresentação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos gerados em cemitérios; Procedimentos para a implantação de cemitérios; Infra estrutura de obras civis para cemitérios; Gestão administrativa para os cemitérios; Controle ambiental de cemitérios; Das punições administrativas

Este manual, está contemplado com informações básicas e técnicas suficientes para nortear as ações da gestão municipal, objetivando que o mesmo possa conduzir a gestão do cemitério em seu município de maneira a atender todas as normas e regulamentações deste segmento.

Com este material de apoio pretende-se que os gestores públicos municipal possam nortear as ações de controle ambiental colaborando para que o empreendimento cemiterial não ofereça danos e/ou impactos ambientais significativos ao meio ambiente e a saúde humana.

8 CONCLUSÃO

As considerações finais neste trabalho se apresentam de maneira à apresentar resultados que possam explicar possíveis causas de contaminação ambiental no cemitério objeto desta dissertação. Os resultados apresentados, demonstram que apesar dos cemitérios serem apontados como um espaço de possíveis contaminação ao solo e águas, dependendo de suas características de localização contribui para a amenização de possíveis danos ambientais. Por isso, o procedimento de licenciamento ambiental licença prévia é a mais importante das etapas de licenciamento ambiental, quando na definição desta localização para a implantação de cemitérios. Os resultados em geral, apontaram para resultados de pouca interferência em solo e água existente nas proximidades, não sendo parâmetros para outros cemitérios, pois cada caso é um caso à ser estudado. As análises do solo e água considerando os metais pesados realizadas apontaram para valores em que as características do solo deste local foram determinantes para os resultados apresentados. No entanto, não ficou excluído que possíveis alterações nos resultados possam estar relacionados a decomposição de materiais enterrados com o corpo humano, o que é o caso da urna funerária devido sua composição físico-química. Os resultados microbiológicos da água apontados neste momento apresentam parâmetros elevados diante da referência. Estas alterações podem corresponder à interferências naturais e antrópicas do seu entorno.

Já o resultado de metais da água se apresenta com alterações que podem estar relacionados com a característica do solo local, mas não se descarta a possibilidade de interferência pela existência de um cemitério localizado à montante deste ponto de coleta cerca de 60 mts. Os resultados que se apresentam em relação aos metais no solo considerando seus perfis de 0 à 1,00 metro de profundidade apontam para alterações à medida de que se aprofunda o solo até ao ponto de enterramento dos corpos humanos, onde os resultados apresentados são superiores aos de referência podendo estar relacionado à decomposição humana por tratar-se de um solo de maior permeabilidade e da presença de elementos de metais na urna funerária.

Diante do exposto, medidas preventivas com a implantação de infraestrutura de obras civis para a contenção e enclausuramento de corpos humanos enterrados devem ser realizadas.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, B. *et al.* Contaminação do aquífero livre em cemitérios: Estudo de caso. **Águas Subterrâneas**, 1998. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22290>. Acesso em: 04 mai. 2022.

AQUINO, J. D.; CRUZ, M. J. M. Os riscos ambientais do cemitério do Campo Santo, Salvador, Bahia, Brasil. **Cadernos de Geociências**, v. 7, n. 1, p. 19-30, 2010.

BACIGALUPO, R. Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais. **Natureza e Espaço NIESBF Revista Eletronica**. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/niesbf/article/view/4461/3264>. Acesso em: 04 mai. 2022.

BAUM, C. A. **Impactos ambientais no solo e na água subterrânea ocasionados por cemitérios públicos urbanos de Lages - SC / Camila Angélica Baum**. Lages, 2018.

BARROS, F. G. N.; AMIN M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. G&DR v. 4, n. 1, p. 75-108, jan-abr/2008, Taubaté, SP, Brasil .

BLAYLOCK, M.J.; HUANG, J.W.; **Phytoextraction of metals**. In: I. RASKIN and B.D. ENSLEY (Eds). **Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000. p. 53-70.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA nº 335 de 03/04/2003** Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA nº 368, de 28 de março de 2006** Altera a Resolução CONAMA no 335/03 (altera os arts. 3º e 5º, revoga o inciso III, do § 3º, do art. 3º) · Art. 3º revogado pela Resolução CONAMA nº 402/08 Altera dispositivos da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA nº 402 de 17/11/2008** Publicado no DOU em 18 nov 2008 Altera os arts. 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009** Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Resolução CONAMA Nº 460, de 30 de dezembro de 2013** Altera a Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986** O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - IBAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA Nº 237**, de 19 de dezembro de 1997 O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentadas pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990.

CAMPOS A. **Avaliação do Potencial de poluição dos solos e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2007.

CARNAÚBA, V. **Entreteses**, n. 6, 2016. Disponível em: <https://www.unifesp.br/reitoria/dci/publicacoes/entreteses/item/2217-manganes-um-risco-invisivel>. Acesso em: 21 Jun. de 2021.

COBBETT, C.; GOLDSBROUGH, P. Phytochelatins and Metallothioneins: Roles in Heavy Metal Detoxification and Homeostasis. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, p. 159-182, 2002.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO PARANÁ **Resolução CEMA Nº 100 DE 30/06/2017** Estabelece critérios para o cadastramento de Laboratórios de Ensaio Ambientais e de equipamentos para medições ambientais e revoga a Resolução CEMA nº 095/2014.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO PARANÁ; **Resolução CEMA Nº 107 DE 09/09/2020** Considerando a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6938/1981) que estabelece que atividades efetiva ou potencialmente poluidoras devem ser submetidas ao licenciamento ambiental. Considerando os objetivos institucionais do órgão ambiental competente no âmbito do Estado do Paraná.

COSTA, S. M. S. P. **Avaliação do potencial de plantas nativas do Brasil no tratamento de esgoto doméstico e efluentes industriais em “Wetlands” construídos**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2004.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise da Embrapa solos**. 3ª edição rev. ampl. Rio e Janeiro, 2017.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª edição rev. ampl. Brasília –DF, 2013.

FALKOWSKI; D.J. **Determinação de teores de metais pesados em açúcares com diferentes solventes** – Trabalho de Conclusão de Curso de Química UTFPR Campo Mourão –Pr., 2019

JOSÉ P. MOLIN, LADISLAU M. RABELLO. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.90-101, jan./fev. 2011

JONKER, C.; OLIVIER, J. Mineral contamination from cemetery soils: Case study of Zandfontein cemetery, South Africa. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 9, n. 2, p. 511-520, 2012.

KRUG, F. J.; NÓBREGA, J. A.; P.V. **Espectrometria de absorção atômica – fundamentos e atomização com chama**. Apostila CENA, USP, 2004. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/AAS-geral-parte-1-revisada.pdf>. Acesso em: 29 de out. de 2018.

MACHADO, P.L.O.A, *et al.* Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto; **R. Bras. Ci. Solo**, 22:215-221, 1998

MACHADO, P.L.O.A *et al.* Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.6, p.1023-1031, jun. 2006

MATOS, Bolivar A.; PACHECO, Alberto. Ocorrência de microorganismos no aquífero freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo. **Águas subterrâneas: (São Paulo)**, 2000. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23775>. Acesso em: 07 abr 2022.

MATOS, B. A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismo no aquífero freático do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo**. 2001. 114 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MAJGIER, L., RAHMONOV, O. Selected chemical properties of Necrosols from the abandoned cemeteries Słabowo and Szymonka (Great Mazurian Lakes District). **Bulletin of Geography. Physical Geography Series**, v. 5, n. 1, p. 43-55, 2012.

MENDES, IÊDA DE CARVALHO. **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidades dos agrossistemas** Ieda de carvalho Mendes Fabio Buenos dos reis Junior Embrapa cerrado Planaltina DF, 2004

MIGLIORINI, RENATO BLAT. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos um 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. Doi: 1011606/D.44.1994.tde-0242014-110435. Acesso em: 04 mai. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **PORTARIA 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011; Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.**

MULGREW, A.; WILLIAMS, P. Biomonitoring of Air Quality Using Plants. **Air Hygiene Report**, n.10, 2000. Disponível em: <http://www.umweltbundesamt.de/whocc/AHR10/content2.htm>. Acesso em: 24 set. 2018.

PACHECO, A. **Cemitério e Meio Ambiente, Instituto de Geociências.** Tema de Livre Docência – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2000.

PACHECO, Alberto; MATOS, Bolivar Antunes. Cemitérios e meio ambiente: critérios para a implantação e norma técnica. **Tecnologias do Ambiente**, v. 7, n. 33, p. 13-15, 2000. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001135198>. Acesso em: 03 maio 2022.

PRESS F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T.H. **Para Entender a Terra.** Ed. Bookman. Porto Alegre, RS, 2006.

SILVA, D. C.; **Potencial poluidor de cemitério**, Dissertação Mestrado Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2016; Título. CDD - 363.7

SILVA, R.W.C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Cubatão, v. 9, p. 26-35, mar./abr. 2008

SILVA, R.W.C.; MALAGUTTI FILHO, W. Emprego do imageamento elétrico no estudo da contaminação por cemitérios. **Revista Geociências**, Porto Alegre, v. 29, p. 343- 354, jan./fev., 2010.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**, Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

SPONGBERG, A. L.; BECKS, P. M. Inorganic soil contamination from cemeteries leached. **Water, Air, Soil Poll.**, v. 117, p. 313-327, 2000.

ÜÇISIK A.S., RUSHBROOK, P. **The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing.** Denmark: WHO; 1998.

WILLIAMS, B.G.; HOEY, D. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay contents of soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.25, p.21-27, 1987.

WHO; World Health Organization; Regional office for Europe; **The impact of cemiteries on enviroment and public health. 1998.** Disponivel em: www.who.dk. Acesso em: 19 nov. 2008.