

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RAOANA DE SOUZA RIBEIRO**

**CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS POR ESPECTOMETRIA  
DE EMISSÃO ÓTICA COM PLASMA INDUZIDO E  
CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DO CEMITÉRIO PADRE ARTHUR  
VANGEEL, FRANCISCO BELTRÃO (PR)**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**

**RAOANA DE SOUZA RIBEIRO**

**CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS POR ESPECTOMETRIA  
DE EMISSÃO ÓTICA COM PLASMA INDUZIDO E  
CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DO CEMITÉRIO PADRE ARTHUR  
VANGEEL, FRANCISCO BELTRÃO (PR)**

**Heavy metals concentrations by Induced Plasma Optical Emission  
Spectrometry and soil characterization of Padre Arthur Vangeel  
cemetery, Francisco Beltrão (PR)**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre em Engenharia  
Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR)

Orientador: Prof. Dr. Davi Zacarias de Souza

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**



Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

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

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Francisco Beltrão**



RAOANA DE SOUZA RIBEIRO

**CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS POR ESPECTOMETRIA DE EMISSÃO ÓTICA COM PLASMA INDUZIDO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DO CEMITÉRIO PADRE ARTHUR VANGHEEL, FRANCISCO BELTRÃO (PR)**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Meio Ambiente.

Data de aprovação: 30 de Setembro de 2021

Prof Davi Zacarias De Souza, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Marga Eliz Pontelli, Doutorado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Prof.a Michelle Milanez Franca, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Thalita Grandó Rauen, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 01/12/2021.

*Dedico este Trabalho à minha mãe Irela,  
com seu jeito peculiar de educar formou três  
filhos mestres.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder forças e me agraciar com essa oportunidade de defender o mestrado diante de tamanhas dificuldades que passamos no cenário atual (Pandemia), onde tive perdas importantes e o nascimento de dois filhos e ainda assim ele me mostrou que era possível.

Agradeço a minha vovó Maria Izabel, que está na sua terceira graduação e sempre foi meu alicerce de bons exemplos, me ensinou valores inestimáveis para se ter uma vida correta e produtiva e me guiou em todos os momentos da minha vida desde o nascimento. Agradeço a minha mãe, Irabela Lobato, que dedica sua vida a me ajudar, não mede esforços para me ver feliz, ao meu pai, Dionísio Ribeiro, que desde cedo me ensinou o valor do estudo e como ele era importante na minha vida, me dando a oportunidade de estudar na melhor escola do meu estado (PA). A minha irmã Brida que cuidava dos meus filhos para eu estudar. E aos meus irmãos Dionísio e Raoany que são meus exemplos de mestres.

Agradeço ao meu sogro e minha sogra que fizeram meu amado noivo, Fábio Lanzarin por todo apoio prestado para a execução do trabalho, pois ambos estávamos finalizando o mestrado, e pela parceria diária. Aos meus filhos Maria e João por todo amor que recebo.

Em memória de meus entes queridos, agradeço minha vó Paterna Maria do Carmo, por acreditar em mim e me impulsionar sempre para frente, ao meu tio Plácido que foi meu segundo pai e investiu nos meus estudos e me levantou todas as vezes que precisei com seu amor, que hoje sinto muita falta, a tia Telma por me ensinar que podemos construir nossos sonhos sorrindo e não chorando, a tia Doca pelo exemplo de sabedoria e afeto que nos deixou.

Agradeço a UTPFR por toda equipe e apoio aos estudos que tive desde a graduação, a minha banca de aprovação pelas contribuições durante a defesa, ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) especificamente o Laboratório do Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) localizado em São Paulo, por cederem o espaço e técnicos para as análises de metais pesados. E laboratório de Pato Branco- PR pelas análises químicas que foram realizadas. Agradeço ao meu Orientador Dr. Davi Zacarias, por toda paciência e ajuda prestadas para a execução do trabalho que foram de grande valia para a realização deste sonho. E por fim, as minhas amigas que me acompanharam diariamente nessa jornada.

## RESUMO

Muitos impactos ambientais e na saúde pública são causados pela má alocação de cemitérios, especialmente quando implantados sem um planejamento seguido de legislação. O presente projeto visou a avaliação do solo do cemitério municipal Padre Arthur Vangeel de Francisco Beltrão, localizado no sudoeste do Paraná. A investigação partiu por meio de trabalhos pretéritos os quais encontraram poluentes no rio Lonqueador, localizado nas proximidades do cemitério, que podem ser provenientes da decomposição de cadáveres e materiais presentes nos caixões. Sendo assim, foram coletadas 32 amostras em 15 pontos dentro e em torno do cemitério, com anéis volumétricos sendo em duplicatas na profundidade de 20 cm e com o trado holandês a cerca de 50 cm para análises químicas, físicas e biológicas. Quantitativamente verificou-se baixo teor da respiração basal do solo, representando desta forma uma baixa atividade metabólica por parte dos microrganismos. Utilizando a técnica de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Induzido, pôde-se verificar a presença de metais pesados como Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn com maiores teores de Alumínio e menores teores de chumbo presentes no solo dentro do cemitério estando em conformidade com a resolução CONAMA 420, porém, não conforme com a resolução CONAMA 335.

**PALAVRAS-CHAVE:** ambiente; análise química; respiração basal; poluentes.

## ABSTRACT

Many environmental and public health impacts are caused by the misallocation of cemeteries, especially when implemented without planning followed by legislation. This project aimed to evaluate the soil of the Padre Arthur Vangeel municipal cemetery of Francisco Beltrão, located in southwestern Paraná. The investigation started through past works which found pollutants in the Lonqueador River, located near the cemetery, which may come from the decomposition of corpses and materials present in the coffins. Thus, 32 samples were collected at 15 points in and around the cemetery, with volumetric rings collected in duplicates in the depth of 20 cm and with the Dutch auger about 50 cm for chemical, physical and biological analyses. Quantitatively, a low level of basal soil respiration was found, thus representing a low metabolic activity by microorganisms. Using the Induced Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) technique, it is possible to verify the presence of heavy metals as Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn with higher aluminum contents and lower levels of lead present in the soil inside the cemetery, being in compliance with CONAMA resolution 420 but not in accordance with the CONAMA resolution 335.

**KEYWORDS:** environment; chemical analysis; basal breathing; pollutants.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cemitério Municipal Padre Arthur Vangeel.....	19
Figura 2 - Pontos de Coleta no Cemitérios Municipal.....	20
Figura 3 - Frascos de respirometria com amostras de solo.....	20
Figura 4 - Espectrômetro de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP-OES)..	28
Figura 5 - Mostra as armadilhas contendo as amostras de solo no micro-ondas modelo DGT 100 plus da Provecto .	28
Figura 6 - Processo de filtragem em meio ácido.....	29
Figura 7 - Controle analítico do ICP-OES utilizando o software <i>Smart Analyzer Vision</i> .	30
Figura 8 - Mapa de concentração de alumínio.....	35
Figura 9 - Mapa de concentração de arsênio.....	36
Figura 10 - Mapa de concentração de chumbo.....	36
Figura 11 - Mapa de concentração de cobre.....	37
Figura 12 - Mapa de concentração de níquel.....	37
Figura 13 - Mapa de concentração de ferro. ....	38
Figura 14 - Mapa de concentração de Manganês.....	38
Figura 15 - Mapa de concentração de zinco. ....	39
Figura 16 - Mapa de concentração de cromo.....	39
Figura 17 - Gráfico de umidade do solo em base gravimétrica (kg/Kg). ....	47
Figura 18 - Gráfico de umidade higroscópica do solo (kg/kg). ....	47
Figura 19 - Gráfico de comparação entre RBS e umidade higroscópica. ....	48
Figura 20 - Mapa de concentração de arsênio nos pontos de coleta. ....	53
Figura 21 - Mapa de concentração de chumbo nos pontos de coleta. ....	53
Figura 22 - Mapa de concentração de cromo nos pontos de coleta.....	53
Figura 23 - Mapa de concentração de cobre nos pontos de coleta. ....	54
Figura 24 - Mapa de concentração de ferro nos pontos de coleta.....	55
Figura 25 - Mapa de concentração de manganês nos pontos de coleta. ....	55
Figura 26 - Mapa de concentração de níquel nos pontos de coleta. ....	56
Figura 27 - Mapa de concentração de alumínio nos pontos de coleta. ....	56
Figura 28 - Mapa de concentração de zinco nos pontos de coleta.....	57



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média da RBS nas cotas de amostras coletadas.....	31
Tabela 2 - Concentração de Metais no solo em mg.kg <sup>-1</sup> . ....	32
Tabela 3 - Concentração de Metais no solo em mg.kg <sup>-1</sup> na região do meio do cemitério. ....	33
Tabela 4 - Concentração de metais das amostras em mg.kg <sup>-1</sup> na região inferior e central direita.....	33
Tabela 5 - Concentração de metais nas amostras de solo em mg.kg <sup>-1</sup> na região externa do cemitério. ....	34
Tabela 6 - Comparação estatística das médias de matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K) do solo entre os diferentes usos.....	42
Tabela 7 - Comparação estatística das médias de cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) do solo entre os diferentes usos. ....	43
Tabela 8 - Comparação estatística das médias de acidez trocável (Al <sup>+3</sup> ), acidez potencial (H+Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e soma de bases (SB) do solo entre os diferentes usos.....	43
Tabela 9 - Comparação estatística das médias de potencial hidrogeniônico (pH), índice SMP, V%, saturação por alumínio e CTC do solo entre os diferentes usos.....	44
Tabela 10 - Concentração de N-NO <sub>3</sub> e N-NH <sub>4</sub> nas amostras de solo em mg.kg <sup>-1</sup> na margem superior do cemitério.....	45
Tabela 11 - Concentração de N-NO <sub>3</sub> e N-NH <sub>4</sub> nas amostras de solo em mg.kg <sup>-1</sup> na região que corresponde ao meio do cemitério.....	45
Tabela 12 - Concentração de N-NO <sub>3</sub> e N-NH <sub>4</sub> nas amostras de solo em mg.kg <sup>-1</sup> na região inferior e central direita.....	45
Tabela 13 - Concentração de N-NO <sub>3</sub> e N-NH <sub>4</sub> nas amostras de solo em mg.kg <sup>-1</sup> na região inferior e central direita.....	45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Os cemitérios e sua conexão com a sociedade</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>Legislação</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Impactos negativos devido a presença do cemitério</b> .....	<b>11</b>
<b>3.4</b>	<b>Necrochorume</b> .....	<b>12</b>
<b>3.5</b>	<b>Indicadores de qualidade do solo</b> .....	<b>13</b>
3.5.1	Carbono orgânico .....	14
3.5.2	Nitrogênio .....	15
3.5.3	Respiração basal .....	16
3.5.4	Metais pesados .....	17
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Local de estudo</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Respiração basal</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Carbono orgânico</b> .....	<b>21</b>
<b>4.4</b>	<b>Nitrogênio</b> .....	<b>22</b>
<b>4.5</b>	<b>Reagentes</b> .....	<b>22</b>
4.5.1	Padronização da solução de ácido sulfúrico 0,0025 mol l <sup>-1</sup> .....	23
4.5.2	Procedimento .....	24
4.5.3	Observações .....	26
<b>4.6</b>	<b>Metais pesados</b> .....	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>Respiração basal</b> .....	<b>31</b>
<b>5.2</b>	<b>Metais pesados</b> .....	<b>32</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise química do solo</b> .....	<b>41</b>
5.3.1	Matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K) .....	42
5.3.2	Cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) .....	43
5.3.3	Acidez trocável (Al <sup>+3</sup> ), acidez potencial (H+Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e soma de bases (Sb) .....	43
5.3.4	Potencial hidrogeniônico (pH), Índice SMP, V%, saturação por alumínio e CTC .....	44

<b>5.4</b>	<b>Resultado da análise química de nitrato e amônio (N-NO<sub>3</sub> e N-NH<sub>4</sub>)..</b>	<b>44</b>
<b>5.5</b>	<b>Análises físicas.....</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história a prática de sepultamento adaptou-se aos costumes religiosos. A partir do século VII iniciou-se o processo de enterrar os corpos, relacionado a crença religiosa de alcançar a salvação divina. Em meio a isso a propagação de patógenos obteve um aumento, sendo observado a disseminação de epidemias (LINS *et al.*, 2018).

A conexão da sociedade com os espaços destinados ao sepultamento está associada a necessidade de garantir o direito individual e de personalidade dos indivíduos após seu falecimento (OLIVEIRA; TEBAR, 2017)

O Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, 156 em seu Art. 1º Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Sendo assim, a questão da ocupação de terras pelas atividades de sepultamento pode trazer riscos ao ambiente devido ao seu potencial de contaminação associados ao necrochorume. Este composto é resultado da decomposição do corpo na fase de putrefação. Em média um adulto de 70 quilos libera em torno de 30 litros de necrochorume. No composto estão presentes os metais pesados, a cadaverina e poliamina putrescina que são duas substâncias altamente tóxicas (SANTOS e MENGHINI, 2019). Esse potencial poluidor é atribuído ao fato de que o necrochorume é um líquido que se associa à solução solo e move-se para camadas mais profundas podendo chegar aos aquíferos subterrâneos.

A contaminação dos solos pelos metais pesados se relaciona ao tipo de solo presente. Como os metais são cátions, eles possuem uma mobilidade limitada (MEDINA *et al.*, 2018). Esses componentes entram em solução com o solo, ligam-se a uma molécula do solo aumentando sua mobilidade para outras

camadas do solo (LANGE, 2012). Esta mobilidade pode aumentar ao competir com outros metais adsorvidos no solo.

Dentre os impactos causados pela prática de sepultamento, alguns são causados devido à estruturação desses locais, que propicia contaminação dos solos e da água subterrânea com patógenos e esses metais. A presença desses elementos no necrochorume provem dos adereços dos caixões, das técnicas de embalsamação dos corpos, e outros que provem diretamente dos corpos (KEMERECH, et al., 2014).

O uso do solo promove alterações nas suas características naturais, por este motivo faz-se necessário conhecer suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Ensaio como teor de umidade, índice plasticidade e liquidez, densidade, capacidade de troca de cátions e bases trocáveis, e ainda a quantificação de nitrogênio e carbono permitem o conhecimento das características deste solo e facilitam a compreensão do uso vislumbrando a redução dos impactos ao meio.

Considerando assim, que o nitrogênio é um importante elemento constituinte do solo, participa no funcionamento de diversos ecossistemas, é componente da matéria orgânica e atua na formação de aminoácidos nas plantas (PITOMBO, 2011). Essencial no solo, porém nas águas o excesso de nitrogênio pode ocasionar a eutrofização do meio. Os compostos cadaverina e putrescina produzem como resíduo final de suas reações o íon de amônio, esse composto por ter baixa afinidade com o solo acaba sofrendo o processo de lixiviação e migrando para camadas mais inferiores e podendo atingir aos aquíferos subterrâneos (SOUZA, 2016).

O carbono possui uma relação de equilíbrio muito forte entre atmosfera e sistema terrestre, sendo a alteração da relação entre ambos extremamente sensíveis. A degradação da matéria orgânica pode ocasionar a remoção do carbono no solo para a atmosfera em forma de gases (PITOMBO, 2011). A presença do carbono no solo está relacionada a sua capacidade de estabilização de agregados no solo (MAGALHÕES, 2017). Sendo assim o carbono é tido como um importante indicador de qualidade do solo.

A grande maioria dos cemitérios são terrenos de pouco valor agregado, e devido a isso não se faz os estudos necessários para a implantação destes. Contudo, é importante avaliar os impactos, ou seja, o potencial de contaminação

química em decorrência da presença do cemitério (KEMERECH et al., 2014). Facilitando desta forma um prognóstico na tomada de decisões nas questões dos possíveis impactos ambientais na região.

Tendo em vista a forte relação da prática de sepultamento com a sociedade, a forma como aquela é adotada e seus reflexos causados posteriormente ao meio em que vivemos, este estudo vem com o intuito de descrever e caracterizar a região estudada, por meio da coleta de solos presentes no cemitério e seus arredores.

Desta forma, a presente pesquisa visa especialmente determinar os impactos ambientais que eventualmente podem ocorrer pela presença de metais pesados no solo do cemitério Municipal Padre Arthur Vangeel de Francisco Beltrão no estado do Paraná, e medir quantitativamente as características químicas e físicas deste solo. Afim de prover subsídios para a verificação se as alterações provenientes do manejo adotados estão em conformidade com as resoluções do CONAMA n°335 de 03/04/03, CONAMA n° 402 de 17/11/08. Esta altera o artigo 11 e 12 da resolução e aquela, dispõe sobre licenciamento ambientais de cemitérios.

Com base nos estudos que serão apresentados por meio do levantamento de dados coletados mais a forma de sepultamentos adotados será indicativa para tomadas de decisões futuras a respeito de um melhor aproveitamento da área de estudo otimizando-a e diminuindo os possíveis impactos ambientais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os impactos ambientais pela presença de metais pesados no solo do cemitério central em uma região urbana no município de Francisco Beltrão no Paraná.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterização do solo do Cemitério Municipal Padre Arthur Vangeel de Francisco Beltrão com ensaios físicos, químicos e microbiológicos;
- Avaliar o nível de contaminação do solo por meio da quantificação de metais pesados presentes no solo (Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn);
- Realizar um estudo estatístico como ferramenta de diagnóstico e prognóstico na tomada de decisões nas questões dos possíveis impactos ambientais na região.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Os Cemitérios E Sua Conexão Com A Sociedade**

Os cemitérios possuem forte relação com a sociedade, uma vez que estão associados a aspectos religiosos e supersticiosos que a compõe. A palavra cemitério, *Koumetérion* do grego, significa “eu durmo” e na Antiguidade designava apenas o local onde se dormia ou descansava os peregrinos (ARAÚJO, 2014). Com o desenvolvimento do Cristianismo o significado foi atribuído aos locais onde se enterravam os mortos, assim o cemitério era um local de repouso pós-morte (ALCÂNTARA *et al.*, 2010).

Dentre os mais diversos significados da sociedade, Loureiro (1997) concretiza o termo cemitério como local em que é dada a sepultura por inumação, no qual há o enterramento direto no solo. Nesse contexto o cemitério foi atribuído a função final de destinação dos corpos após morte. A existência de

tal local evidencia a preocupação do ser humano com o destino que teria o corpo morto e como consequência, a procura por locais especiais para se enterrar seus defuntos para o descanso final (ARAÚJO, 2014).

Com o aprofundamento do pensar humano sobre as próprias questões de existência, o espaço destinado aos mortos passou com o tempo a ganhar ainda mais importância e significado. Por volta do século XVIII ocorreu reorganização desses espaços, uma vez que eram enterrados dentro das cidades, e passaram para o seu arredor, devido à preocupação sanitária, pois se percebeu que esses locais eram focos de doenças. No entanto, ainda esses espaços foram preservados em virtude da necessidade de se ter um local em terra para os mortos sob os cuidados de sua família, preservando certa individualidade desses mortos em seus túmulos (MOTTA, 2016).

Por volta do século XIX, com uma fraca percepção a respeito de locais insalubres, já era observado que tais lugares perigosos deveriam ser alocados em locais afastados das cidades, iniciou-se então um processo de adequação de alguns locais nocivos à saúde humana em lugares que com a crença da época, foram considerados mais ideais (SPRINGER; PÉREZ; JORGE, 2006).

O maior perigo agregado aos cemitérios é devido à falta de preocupação ou cuidado que esses locais necessitam, pois, os terrenos destinados a essa atividade são por vezes os de baixa valorização econômica, e dessa forma dificilmente suas características geológicas, hidrogeológicas ou geotécnicas são consideradas resultando em diversos problemas ambientais (ALCÂNTARA *et al.*, 2010). Os impactos associados à presença de cemitérios podem ser contaminação do solo por substâncias como nitratos, amônia, bicarbonatos e até mesmo metais pesados resultantes da decomposição dos corpos, como também contaminação de águas subterrâneas que possam estar presentes nesses locais (DA CRUZ *et al.*, 2017).

A atividade de sepultamento não foi indicada como fonte de tradicional contaminação ambiental, apesar de ocasionar impactos igualmente negativos de várias outras atividades comercial ou industrial (SANTOS, 2015). Quando malconservado os efeitos negativos dessa atividade podem ser notados pela emissão de gases funerários de odor desagradável, em contato com as chuvas a água que entra em contato com as sepulturas podem escorrer em direção às comunidades próximas (SALVADOR, 2017).



### **3.2 Legislação**

Com o surgimento de severas epidemias iniciou uma maior atenção à saúde pública. O processo de sepultamento foi aos poucos deixando de ocorrer em Igrejas. Com uma visão médica e menos supersticiosa dos mortos, a preocupação relacionada aos cemitérios cresceu em vista da higiene e saúde pública (CARNEIRO, 2009).

Apesar dos riscos à saúde pública que os cemitérios têm potencial em causar, somente em 3 de abril de 2003 que o Brasil publicou a Resolução do CONAMA nº335/03, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, que inclui os locais, distância entre sepulturas, distância de corpos de água e a necessidade de documentação (CONAMA, 2003).

No Paraná a Resolução nº 002/2009- SEMA dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, estabelece condições e critérios e dá outras providências, critérios técnicos para a implantação e/ou regularização de cemitérios destinados ao sepultamento de cadáveres humanos ou não, no que tange à proteção e à preservação do ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas (SEMA, 2009).

Em Francisco Beltrão os cemitérios e crematórios, considerados de utilidade pública deverão satisfazer as exigências constantes de Legislação Municipal (CAPÍTULO X Dos Cemitérios e das Construções Funerárias) pertinente, mas não dispõe de controle fiscal de impactos ambientais que possam vir a causar (LEI Nº 3361/2007).

### **3.3 Impactos negativos devido a presença do cemitério**

Poucos estudos foram abordados sobre os impactos negativos da atividade de sepultamento. Keijzer (2017) aponta em seu estudo que o enterro de corpos por um período causa impactos como eutrofização da água doce e também o impacto da ocupação de terra urbana. Segundo Silva (2009), com os estudos dos potenciais riscos a sociedade dos cemitérios no interior das cidades foi possível destinar tal atividade para locais de menores impactos:

Inicialmente, as decisões sobre a implantação de cemitérios fora das cidades se davam baseadas no mau cheiro dos cadáveres e em emanações tidas como perigosas para a saúde, mas a preocupação com os problemas ecológicos causados pelos corpos sepultados é bem mais recente, onde, apenas em 1998 a Organização Mundial da Saúde (OMS) publica um documento afirmando que as atividades cemiteriais causam impactos ao ecossistema através da liberação de substâncias orgânicas e inorgânicas e impregnando a este meio alguns microorganismos que podem ser patogênicos para o solo e para os lençóis freáticos (SILVA *et al.*, 2009).

Contrário dos que muitos pensam, caixões construídos de madeira não se apresentam como a principal fonte de contaminação do solo, a menos que conservantes da madeira fontes de metais pesados, principalmente Cr, ou à base de organoclorados, como o pentaclorofenol, estejam presentes. Entretanto, madeiras não tratadas se decompõem rapidamente, permitindo uma rápida disseminação de líquidos humurosos. Caixões de metal, normalmente não utilizados em sepultamentos, podem causar contaminação do solo por Fe, Cu, Pb e Zn durante vários anos, especialmente em solos com baixo pH (Spongberg & Becks, 2000).

Manejados de forma inadequada os cemitérios podem atuar como fontes geradoras de impactos ambientais, podendo provocar a contaminação do solo e mananciais hídricos (JUNIOR 2012). Além disso, tal atividade pode exalar gases nocivos causados pela decomposição dos corpos, como por exemplo, H<sub>2</sub>S, gás sulfídrico altamente tóxico, CH<sub>4</sub>, gás metano, CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono, NH<sub>3</sub>, amônia que dissolve facilmente na água além de ser extremamente tóxico, e H<sub>2</sub> hidrogênio, que causam danos à saúde e ao ar (KEMERICH, *et al.* 2012).

### **3.4 Necrochorume**

O ser humano após sua morte seu corpo transforma-se em um ecossistema no qual é formado por diversas bactérias, enzimas, verdadeiros decompositores de matéria orgânica, assim inicia-se o processo de putrefação, no qual ocorre a destruição dos tecidos, dando origem aos necrochorume (BACIGALUPO, 2012).

A composição do necrochorume é basicamente de 60% de água, 30% sais minerais e 10% de substâncias inorgânicas, como a putrescina e cadaverina que são altamente tóxicas (JUNIOR, 2012).

O necrochorume é o principal causador de poluição ambiental nos cemitérios devido a sua composição conter diferentes tipos de bactérias e diversos tipos de vírus. A penetração do necrochorume no subsolo pode ocasionar a contaminação das águas subterrâneas e superficiais quando estas entram em contato com o processo de decomposição de cadáveres (BACIGALUPO, 2012).

### **3.5 Indicadores de qualidade do solo**

O solo é tido como ambiente heterogêneo, rico em microrganismos que são essenciais para a manutenção e desenvolvimento do sistema, e os processos que ocorrem no solo são essenciais para que os ecossistemas terrestres funcionem (LOPES, 2019). A qualidade do solo está relacionada à sua capacidade em funcionar dentro de um ecossistema promovendo a qualidade ambiental e saúde da fauna e flora. Esta pode ser medida por meio de indicadores, que são basicamente métodos eficientes e ágeis de se detectar mudanças em curtos períodos de tempo para avaliar a capacidade do solo em ser utilizado para plantio (MAIA 2019).

Os indicadores são meios que refletem ou medem o status do solo, podem ser do tipo físico, químico ou biológico (ARAUJO, 2007). Os indicadores físicos estão relacionados em como estão organizadas as partículas e o espaço poroso do solo (ASSIS, 2015), estes podem ser a resistência à penetração, densidade do solo, condutividade hidráulica e a macro porosidade (HERNANDEZ, 2016). A partir desses indicadores foram desenvolvidos índices de qualidade do solo que auxiliam no monitoramento de mudanças do ecossistema e sustentabilidade do solo (Rahmanipour, 2014)

Os indicadores químicos são principalmente indicativos da modificação do solo, como a retirada da vegetação natural e do cultivo que são intensificados pela utilização de fertilizantes e operações agrícolas. Esses são medidos pelo pH e os teores de cátions no solo (FREITAS, 2017). A acidez do solo indica o tipo de tratamento que um solo deve receber para determinados cultivos, como

por exemplo, em solos ácidos a presença de nutrientes e matéria orgânica é limitada (CAMPUS, 2017).

A atividade microbiológica do solo é responsável pela gênese, decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes entre outras validando a importância de indicadores biológicos para avaliar a qualidade do solo (MENDES, 2015). Estudos de Stoker et al (2017) demonstram que os indicadores biológicos da qualidade do solo apresentam grande sensibilidade a variações do meio, sendo altamente indicados para observar a dinâmica do solo. Constantini et al. (2008) afirma que ainda que a matéria orgânica (MO) seja impactada pelo manejo do solo, que as frações orgânicas, como no caso da biomassa microbiana, são os melhores indicadores, uma vez que essas medições se antecipam devido a sua capacidade de prever certos processos que possam vir a ocorrer no solo.

### 3.5.1 Carbono orgânico

O carbono está presente no solo na forma da matéria orgânica, sendo um aspecto importante na determinação da qualidade do solo e que sofre mudanças significativas com sensíveis ataques. Devido a essa relação de dependência do solo com a matéria orgânica e por ela ser modificada em diferentes tipos de atividades, é necessário um estudo do comportamento do carbono orgânico no solo quando esse é submetido a diferentes tipos de uso (ROMÃO, 2012).

A matéria orgânica do solo tem influência nas suas qualidades físicas que são importantes no seu uso, uma vez que atua diretamente em sua estrutura, como no caso da compactação do solo (BRAIDA, 2006). Existe uma relação de dependência entre a matéria orgânica e vários agentes químicos, físicos e biológicos em ecossistemas terrestres. (STRICKLAND, 2010).

A compactação ou compressibilidade do solo é entendida como a mudança de volume quando o solo é submetido a uma força externa (ZANIN, 2018).

A redução da produtividade pela compactação do solo é devido à diminuição dos macroporos e aumento da resistência do solo a penetração das raízes, além da redução do volume de água. A intensidade do efeito causado

pela compactação do solo depende de fatores como o estado inicial de compactação, umidade e textura do solo (BONINI, 2018). O manejo da matéria orgânica auxilia nas condições físicas do solo, sua presença atua na resistência do solo a compactação além de absorver água (BRAIDA, 2006).

A qualidade do solo é avaliada em função da sua capacidade de atender as limitações inerentes de cada ecossistema, tal capacidade pode ser obtida através de estudos das propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo, o monitoramento e avaliação das alterações da matéria orgânica é mais comumente utilizado (MAIA, 2019). A quantidade de carbono orgânico total proveniente das transformações do carbono orgânico do solo é resultado dos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica presente, originada do tipo de atividade realizada no solo (AWALE et al., 2017)

### 3.5.2 Nitrogênio

O nitrogênio é um nutriente extremamente importante no desenvolvimento da vegetação, além de ser componente em diversas reações no solo (LOPES, 2019). A presença de nitrogênio na forma inorgânica no solo dá-se principalmente pelas reações de hidrólise de aminoácidos, proveniente da incorporação de restos culturais, de fertilizantes ou morte de microrganismos (LOPES, 2019). O tipo de atividade realizada no solo influencia a disponibilidade de nitrogênio. Em sistemas agroflorestais, os estoques de nitrogênio dependem do tipo de solo, clima e manejo realizado (MATOS, 2016).

A incorporação do nitrogênio pelas plantas é através das formas inorgânicas de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), obtidas através das reações de mineralização do nitrogênio orgânico presente, resultado de um processo biológico realizado por microrganismos heterotróficos (SOUZA, 2016). A forma e o tipo de manejo do solo com a qual o nitrogênio encontra-se disponível influenciam na quantidade absorvida pelas plantas e no acúmulo no solo (SOUZA, 2016).

O nitrogênio na forma de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) é mais assimilado pelas plantas, além disso, ele é utilizado pelos microrganismos nos processos metabólicos, e pode ser transformado em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

No entanto, nessa forma do nitrogênio devido a sua carga negativa torna difícil sua adsorção, permanecendo na solução solo, sofrendo lixiviação e deslocando-se para profundidades maiores, as quais não são alcançadas pelas raízes, sendo essa a principal forma de perda de nitrogênio (LOPES, 2019).

O nitrogênio está associado ao crescimento e desenvolvimento das plantas, assim sua presença é necessária para que a biomassa microbiana no solo se mantenha, sendo essa responsável pela ciclagem de nutrientes (PITOMBO, 2011). Apesar de essencial para o desenvolvimento das plantas, o excesso de nitrogênio ao ultrapassar suas capacidades de assimilações, o torna prejudicial ao crescimento da vegetação (HOEHNE, 2015).

Os estoques de nitrogênio, bem como os estoques de carbono orgânico no solo, são fortemente influenciados pelo uso e manejo da terra. Uma gestão pode aumentar os teores de N ou diminuí-los. Além disso, a posição topográfica também pode afetar os estoques, pois estes podem aumentar ao longo da declividade devido à deposição de solo erodido de posições topográficas mais altas ou diminuir em posições topográficas por erosão (LOZANO, 2016).

Como a maior parte desse N é liberada durante a fase inicial da decomposição, onde a demanda em N pela cultura em sucessão é baixa, o N poderá acumular-se no solo, aumentando o potencial de perdas via volatilização de amônia, desnitrificação e, ou, lixiviação de nitrato (AITA, 2004).

### 3.5.3 Respiração basal

A respiração basal do solo está relacionada com a taxa de mineralização do solo, influenciando tanto no efluxo do C para a atmosfera, quanto na sua incorporação na biomassa. O estudo de Meireles *et al.* (2019) considerou que a elevada taxa de acúmulo de C no solo orgânico mostra fortes indícios do predomínio de processos de incorporação.

Os estudos de Primieri *et al.* (2017) demonstraram que para os valores baixos de respiração basal do solo e altos índices de carbono na biomassa microbiana significa que esses sistemas perdem menos carbono na forma de CO<sub>2</sub>, incorporando carbono à biomassa microbiana.

Altos valores de respiração basal do solo podem indicar que ocorre a liberação do carbono contido na matéria orgânica estável proporcionando um risco aos processos físicas e químicas que ocorrem no solo (PRIMIERY, *et al.*, 2017).

Segundo Lima e Araujo (2019) os estudos de a respiração basal é o momento em que se expressa o metabolismo microbiano do solo e ainda quanto maior a quantia de  $\text{CO}_2$  liberada maior será a atividade microbiana no solo. Assim Lima e Araujo (2019) ressalta que os estudos devem ser considerados levando em conta o cenário a que o solo está condicionado, uma vez que as taxas de respiração podem indicar níveis adequados da atividade microbiana, quanto condições não ideia de uso.

#### 3.5.4 Metais pesados

Metais pesados referem-se a um grupo de elementos químicos que possuem densidade maior que  $6 \text{ g.cm}^{-3}$ , dentre esses estão inclusos os metais Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V e Zn e outros semimetais (ALLOWAY, 2010). Os metais pesados ocorrem de forma natural no solo, dependendo principalmente do material originário, dos processos de intemperismo do solo, nessas condições naturais a concentração de metais é baixa, não apresentando grandes riscos ao homem (ALTHAUS, 2017).

Os metais pesados são cátions que majoritariamente de grande mobilidade do solo, e esse processo ocorre com maior facilidade em solos areosos, ácidos, com baixa atividade catiônica e baixa matéria orgânica dissolvida e de argila (MEDINA *et. al.*, 2018). As atividades antropológicas influenciam a quantidade desses metais dissolvidos, causando contaminação e alterando seus parâmetros físicos e químicos (CHAVES; SANTANA, 2010).

Alguns metais pesados como Co, Cu, Zn e Ni possuem benefícios em concentrações adequadas as plantas e animais, tidos como micronutrientes, já os metais Hg, Cd, Pb e As não possuem função biológica, sendo considerados tóxicos em qualquer concentração (ALLOWAY, 2010). Os metais são facilmente associados pelas plantas, dessa forma podem ser consumidos por animais que utilizam delas como alimento, os metais Cd, Ni, Pb e Zn são elementos altamente assimilados pelas plantas como soja e trigo.

De acordo com Althaus, (2017) como principal via de contaminação dos metais por animais é a ingestão das plantas com teores elevados é necessário que se estabeleça os limites aceitáveis desses compostos presentes no solo:

Em algumas situações, entretanto, podem ser encontrados locais com altos teores de contaminantes minerais ou orgânicos, como, por exemplo, áreas com depósitos de rejeitos de mineração, lixões, descarte de resíduos industriais, águas de lavagem de fábricas de produtos químicos, lavagem de automóveis, etc. A determinação destes contaminantes, em geral metais, é então necessária para o estabelecimento dos teores dos mesmos que sejam prejudiciais às plantas e/ou que tornem impróprio seu consumo. São, portanto, elaboradas tabelas com faixas de teores de metais em plantas contendo valores considerados normais (em solos não contaminados) e faixas de teores determinados em solos contaminados, correspondendo aos valores excessivos/tóxicos (ALTHAUS, 2017).

Nos cemitérios, a contaminação do solo com metais pesados pode ocorrer devido à decomposição do corpo que pode ter sido submetido à exposição de certos metais, próteses e também pela forma como ocorre o sepultamento (JUNIOR 2012). Essas regiões de cemitérios são vulneráveis em momentos de chuva intensa, uma vez que pode ocorrer a elevação do freático e a possibilidade de a água carregar a contaminação pelos poros do solo é elevada (PEREIRA, 2018).



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local de estudo

O local de estudo situa-se no Cemitério Municipal Padre Arthur Vangeel, presente na região central no município de Francisco Beltrão – PR, localizado no sudoeste do Paraná. O Cemitério está localizado nas seguintes coordenadas geográficas, 53°03'25,29"W e 26°06'37,63"S, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Cemitério Municipal Padre Arthur Vangeel.



Fonte: Google Maps (2020).

As amostragens foram feitas em quatro etapas de acordo com a declividade do relevo elas foram denominadas de ponto superior (S), onde encontramos o relevo mais alto, ponto médio (M), ponto Inferior (I), ponto Externo (E) onde encontramos a menor declividade. Como mostra a figura 2. E entre as declividades houveram a repetição de coletas denominadas conforme a sua direção.

Em cada ponto foram coletadas duas amostras, uma com o auxílio do trado holandês, de 50cm a 100cm de profundidade para análises de metais, RBS, carbono orgânico e nitrogênio. E a outra porção foi retirada com anel de Kopecky a vinte centímetros de profundidade para análises físicas (densidade e umidade).

**Figura 2: Pontos de Coleta no Cemitérios Municipal.**



Fonte: Autoria própria, 2021.

## 4.2 Respiração basal

Após dois dias de armazenamento das amostras em geladeira (5 a 10 °C), pesou-se certa porção de solo que fora incubado juntamente com NaOH 1 mol.L<sup>-1</sup> por dez dias, com os frascos de respirometria hermeticamente fechados (para que não haja entrada de CO<sub>2</sub> do ar externo ou saída do CO<sub>2</sub> internamente produzido), como mostra a Figura 3, e com anotação de data e hora do início de cada incubação.

**Figura 3: Frascos de respirometria com amostras de solo.**



Fonte: Autoria própria, 2021.

Após a incubação, foi adicionada uma solução de BaCl<sub>2</sub> 10% (m/v), para cessar a reação de do CO<sub>2</sub> no frasco com NaOH e formar um precipitado de carbonato de bário (BaCO<sub>3</sub>). Após a adição de 2 a 3 gotas de fenolftaleína 1% (m/v) no balão volumétrico com o NaOH, titulou-se com solução de 0,5 M de HCl até torna-lo incolor e verificar quantos mL foram necessários. Em seguida, realizou-se os cálculos da RBS pela Equação (1):

$$RBS \left( \frac{\text{mg de C-CO}_2}{\text{kg solo}} \right) = \frac{(V_b - V_a) * M * 6 * 1000}{Ps * T} \quad (1)$$

**Equação 1** – Determinação da respiração basal do solo, sendo:

RBS = Carbono oriundo da respiração basal do solo;

V<sub>b</sub> (mL) = Volume de ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle (branco);

V<sub>a</sub> (mL) = Volume gasto na titulação;

M = Molaridade exata do HCl;

Ps (g) = Massa de solo seco;

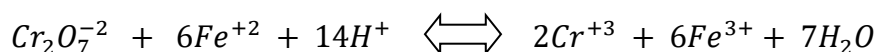
T = Tempo de incubação da amostra em horas.

### 4.3 Carbono orgânico

Os teores de carbono orgânico foram calculados através dos valores de matéria orgânica obtidos através do método de digestão úmida realizado pelo laboratório de solos da UTFPR campus Pato Branco.

Têm por objetivo a determinação dos teores de carbono orgânico do solo. Neste método o C do solo foi oxidado por uma solução oxidante, assumindo-se que todo o C do solo esteja em um estado de oxidação zero (C<sup>0</sup>), com a utilização de dicromato (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-2</sup>) em meio ácido como oxidante.

A dosagem é feita por meio da titulação do Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-2</sup> remanescente da oxidação quando este é colocado em excesso. A titulação do dicromato foi feita com uma solução de ferro reduzido (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) em meio ácido, utilizando como indicador difenilamina conforme a reação:



O cálculo para se obter o teor de matéria orgânica, consiste em multiplicar os valores de matéria orgânica obtidos para cada amostra pelo número 58 e dividir o produto por 100 conforme descrito no método Walkley-Black obtendo assim uma relação diretamente proporcional de 0,58 ou 58% entre matéria orgânica e carbono orgânico respectivamente.

#### 4.4 Nitrogênio

A quantificação de nitrato e amônio foi determinado pelo método volumétrico, este encontrado no Manual de Análises do Solos da Embrapa atualizado em 2017.

O princípio do método mostra que os teores de íons de nitrogênio na forma de nitrato ( $NO_3^-$ ) e amônio ( $NH_4^+$ ) são determinados após extração com cloreto de potássio ( $KCl$ ),  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , posteriormente é feita a destilação, utilizando para isto o destilador de Kjeldahl. Neste processo o nitrogênio é retido em solução de ácido bórico, posteriormente a titulação é realizada com ácido forte. A liga de Devarda (reagente redutor em química analítica para a determinação de nitratos após sua redução a amônia sob condições alcalinas) nome dado em homenagem ao químico Arturo Devarda, 1859-1944, que fez a síntese no final do século XIX, desenvolvendo um novo método para analisar nitratos.

#### 4.5 Reagentes

- **Liga de Devarda p.a**
- **Óxido de magnésio p.a:** o MgO foi calcinado, colocado em Mufla a uma temperatura de  $500^\circ\text{C}$  durante seis horas (com cuidado pois o aumento de temperatura deve ser gradativo).
- **Solução de Cloreto de Potássio  $1 \text{ mol. L}^{-1}$ :** Foi dissolvido 74,5g de  $KCl$  em balão volumétrico de 1L e completou-se o volume com água destilada ou deionizada.
- **Solução de ácido bórico 4%:** Em um balão volumétrico 1L foi colocado 40g gramas de ácido bórico (previamente pesado em balança analítica), depois aferimos com água destilada ou deionizada.

- **Solução mista de indicadores:** Foi feito a mistura de vermelho de metila  $1\text{g.L}^{-1}$  e dez volumes da solução de verde de bromocresol  $1,0\text{g.L}^{-1}$ .
- **Indicador verde de bromocresol  $1\text{g.L}^{-1}$ :** triturou-se em almofariz  $0,25\text{g}$  do indicador com  $7\text{mL}$  a  $8\text{mL}$  de hidróxido de sódio (NaOH), transferimos para um balão volumétrico  $250\text{mL}$  e aferimos com água destilada ou deionizada.
- **Indicador vermelho de metila  $1\text{g.L}^{-1}$ :** Foi dissolvido  $0,1\text{g}$  de vermelho de metila em álcool etílico e transferido para balão volumétrico de  $100\text{mL}$ . Completou-se o volume com álcool etílico. Homogeneizou-se.
- **Indicador alaranjado de metila  $1\text{g.L}^{-1}$ :** Foi dissolvido  $0,1\text{g}$  de Alaranjado de metila em água e transferido para um balão volumétrico de  $100\text{mL}$ . Completou-se o volume com água destilada ou deionizada. Homogeneizar.
- **Solução de ácido sulfúrico  $0,0025\text{mol L}^{-1}$ :** Foi Transferido  $14\text{mL}$  de ácido sulfúrico concentrado para balão volumétrico de  $1\text{L}$  contendo aproximadamente  $800\text{mL}$  de água. Deixou-se esfriar e completou-se o volume com água (essa solução tem aproximadamente  $0,25\text{mol L}^{-1}$ ). Foi homogeneizado e armazenado. Diluiu-se  $10\text{mL}$  dessa solução com água destilada ou deionizada em balão volumétrico de  $1\text{L}$ . o volume foi completado, homogeneizado e a solução foi padronizada.
- **Solução de carbonato de sódio  $0,0025\text{mol L}^{-1}$ :** Foi pesado exatamente  $0,2650\text{g}$  de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) p.a., padrão primário, previamente seco em estufa por  $2\text{horas}$  à temperatura de  $270\text{ }^\circ\text{C}$  e resfriado em dessecador. Transferiu-se para balão volumétrico de  $1\text{L}$ , completou-se o volume com água destilada ou deionizada e agitou-se até completa solubilização.

#### 4.5.1 Padronização da solução de ácido sulfúrico $0,0025\text{mol l}^{-1}$

- Foi pipetado  $25,00\text{mL}$  da solução de carbonato de sódio  $0,0025\text{mol.L}^{-1}$  para Erlenmeyer de  $250\text{mL}$ .
- Adicionou-se de  $4$  a  $5$  gotas do indicador alaranjado de metila  $1\text{g.L}^{-1}$ . Foi titulado com a solução de ácido sulfúrico  $0,0025\text{mol.L}^{-1}$  até começar a

variar a cor do indicador em relação a uma solução de referência (usamos uma solução com 80 mL de água fervida por 2 minutos acrescidos de três gotas de alaranjado de metila).

- Interrompeu-se a titulação, foi fervido por 2 a 3 minutos, esfriou-se e prosseguimos a titulação até variação definitiva da cor do indicador para um tom laranja avermelhado; foi anotado o volume final, em mililitros. Feito três repetições.
- Calculou-se a média das concentrações encontradas com a seguinte equação (2):

$$M_{as} = \frac{25,00 \cdot 0,0025}{V_a} \quad (2)$$

**Equação 2** – Cálculo das médias das concentrações, em que:

- $M_{as}$  : concentração da solução padronizada de  $H_2SO_4$ , em  $mol\ L^{-1}$ .
- $V_a$ : volume gasto da solução de ácido sulfúrico na padronização, em mL.
- Valor 25,00 volumes pipetado da solução padronizada de  $Na_2CO_3$   $0,0025\ mol\ L^{-1}$
- Valor 0,0025 concentração do padrão de  $Na_2CO_3$ , em  $mol\ L^{-1}$ .

#### 4.5.2 Procedimento

##### a) Determinação da umidade da amostra

- Pesou-se 20 g do solo úmido e foi colocado para secar em estufa de ar forçado ajustada para  $105^\circ C$ . Após 3 dias, realizou-se a pesagem do solo seco.
- A parte e extração realizou-se a pesagem de 10 g de amostra de solo em Erlenmeyer de 125 mL. Foi adicionado 100,00 mL de solução de  $KCl$   $1\ mol.L^{-1}$ . Foi colocado no agitador horizontal circular por 1 hora e depois foi deixado em repouso por 1 hora. A determinação foi realizada no mesmo dia.

#### b) Determinação de amônio

- Foram pipetados 25,00 mL de sobrenadante. Transferir para tubos de digestão e adicionar 0,2 g de óxido de magnésio. Preparou-se um Erlenmeyer de 125 mL, contendo 10 mL de solução de ácido bórico 4% e três gotas da solução mista de indicadores. Acoplou-se o tubo de digestão ao destilador de nitrogênio e proceder à destilação (entre 3 e 4 minutos), coletando o condensado no Erlenmeyer previamente preparado.
- Foi titulado com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0025 mol.L<sup>-1</sup>, até a viragem da cor que passa de azul esverdeada para levemente vermelha. Foi anotado o volume gasto.
- Foram feitas duas provas em branco com adição de 25 mL de água destilada ou deionizada.

#### c) Determinação de nitrato

Foi preparado em outro Erlenmeyer de 125 mL contendo 10 mL de solução de ácido bórico 4% e três gotas da solução mistura de indicadores. Foi retirado o tubo de digestão do destilador (com cuidado devido ao aquecimento), deixou-se esfriar e foi adicionado 0,2 g de liga de Devarda. Imediatamente, acoplou-se de novo o tubo de digestão ao destilador de nitrogênio e procedeu-se a destilação (entre 2 e 4 minutos), coletado o condensado no Erlenmeyer previamente preparado. Titulou-se com solução padronizada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0025 mol.L<sup>-1</sup> até a viragem da cor, que passa de azul esverdeada para levemente vermelha. Foi anotado o volume gasto. Foi realizado em duas provas em branco com adição de 25 mL de água destilada. Calculou-se a quantidade de nitrogênio da forma de amônio com a seguinte equação (3):

$$N - NH_4^+ (mg Kg^{-1}) = 14400 \cdot M_a \cdot (V_1 - V_{ba}) \quad (3)$$

**Equação 3** – Cálculo das concentrações de nitrogênio, sendo:

- N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> concentração de amônio no solo, em mg.kg<sup>-1</sup>.
- M<sub>a</sub> concentração da solução padronizada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, em mol L<sup>-1</sup>.
- V<sub>1</sub> volume gasto da solução de ácido sulfúrico para o amônio, em mL.

- $V_{ba}$  volume gasto da solução de ácido sulfúrico para a prova em branco do amônio, em mL.
- Valor 14.400 Equivale a  $4 \times 100 \times 36$ , sendo 4 vindo da divisão de 100 mL KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  por 25 mL pipetado, 100 vindo da mudança de 10 g para 1 kg de solo e 36 vindo da massa de  $\text{NH}_4^+$  titulado pelo ácido ( $2 \times 18 \text{ g}$ ). Para o cálculo de nitrogênio na forma de nitrato, equação 4:

$$N - \text{NO}_3^- (\text{mg Kg}^{-1}) = 49600 \cdot M_a \cdot (V_2 - V_{bn}) \quad (4)$$

- Em que: N  $\text{NO}_3^-$  concentração de nitrato no solo, em  $\text{mg kg}^{-1}$ .
- $M_a$  concentração da solução padronizada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , em  $\text{mol L}^{-1}$ .
- $V_2$  volume gasto da solução de ácido sulfúrico para o nitrato, em mL.
- $V_{bn}$  volume gasto da solução de ácido sulfúrico para a prova em branco do nitrato, em mL.
- Valor 49.600 equivale a  $4 \times 100 \times 124$ , sendo 4 vindo da divisão de 100 mL KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  por 25 mL pipetado, 100 vindo da mudança de 10 g para 1 kg de solo e 124 vindo da massa de  $\text{NO}_3^-$  titulado pelo ácido ( $2 \times 62 \text{ g}$ ).

#### 4.5.3 Observações

Separar uma alíquota da amostra de solo para determinar o teor de umidade atual (posterior apresentação dos resultados em relação ao solo seco). Se a determinação não puder ser feita no mesmo dia da extração, é necessário realizar a filtração da amostra usando papel filtro quantitativo grade 42 e armazenar o extrato à temperatura aproximada de  $4^\circ\text{C}$ . Sugere-se ajustar o destilador de nitrogênio para adição de 10 mL de água destilada, 10 mL de soda e tempo de destilação de 2 minutos, e não drenar o tubo de digestão após a destilação do amônio. Pode-se fazer a calibração do método usando soluções padrões de nitrato e amônio.

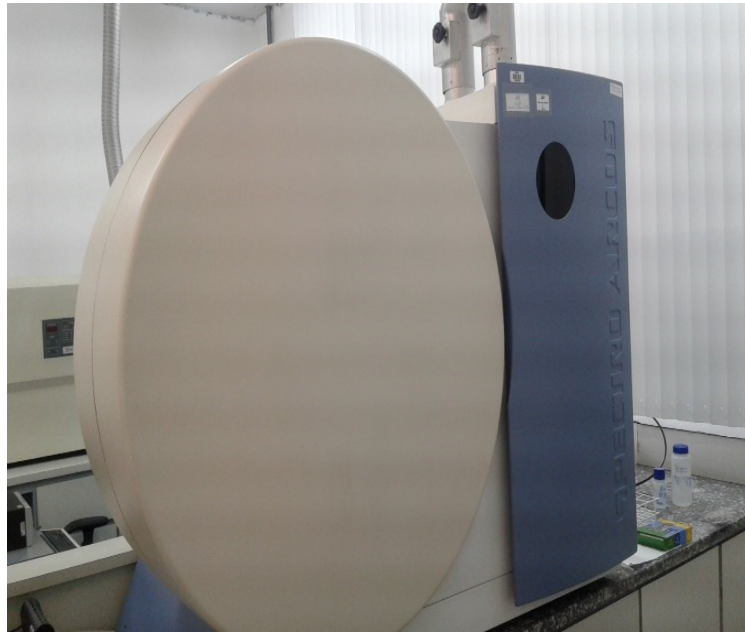


#### 4.6 Metais pesados

Foram utilizadas técnicas analíticas com alta resolução aplicadas nas amostras de solo, esta atividade foi realizada no estado de São Paulo no Laboratório do centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). No Espectrômetro de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP-OES), foram geradas as informações analíticas a partir do espectro eletromagnético, com suas radiações na faixa do ultravioleta, luz visível e infravermelho. Os equipamentos utilizados para análise foram:

O Espectrômetro de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP-OES), *Spectro Arcos* que opera na determinação de diversos metais de forma simultaneamente Figura (4). Foi ligado o ICP, exaustor, estabilizador e bomba peristáltica, após estabilizados foi feita a passagem de água ultrapura no sistema com o intuito de calibrar. Posteriormente foi injetado uma solução padrão conhecida (denominada BEC) para leitura, nesta solução continha manganês (Mn) e fósforo (P) com o objetivo de medir a performance do aparelho. Os valores de referência foram Mn  $7\mu\text{g.mL}^{-1}$  e para P  $0,17\mu\text{g.mL}^{-1}$ . Este equipamento (figura(4)) fez a realização de 10 medidas e o resultado foi fornecido com a média e o desvio padrão. Em seguida foi realizado a injeção de padrões para a construção da curva de calibração dos metais para determinação. Os valores alcançados foram salvos e arquivados em planilhas no Excel para melhor visualização.

**Figura 4: Espectrômetro de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP-OES).**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Cada frasco foi colocado em uma armadilha e todo conjunto de frascos e armadilhas foram colocados no micro-ondas modelo DGT 100 plus da Provecto Analítica como mostra na figura (5). Para fazer a extração ácida do solo. O processo demorou 3 horas. E foi repetido para garantir a sua efetivação.

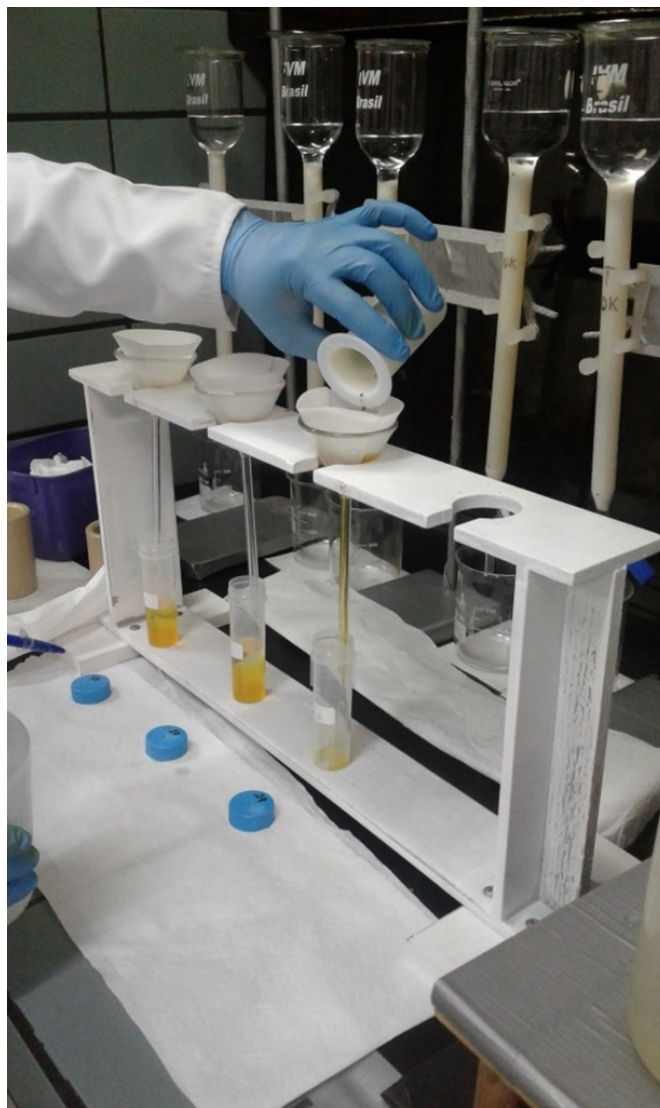
**Figura 5: Mostra as armadilhas contendo as amostras de solo no micro-ondas modelo DGT 100 plus da Provecto**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Em seguida as armadilhas foram desmontadas dos fracos para iniciar o processo de filtragem dos extratos em meio ácido como mostra na figura (6). Foram transferidos para frascos tipo “Falcon”, os papéis dos filtros foram lavados com água deionizada ultrapura até avolumar 50mL.

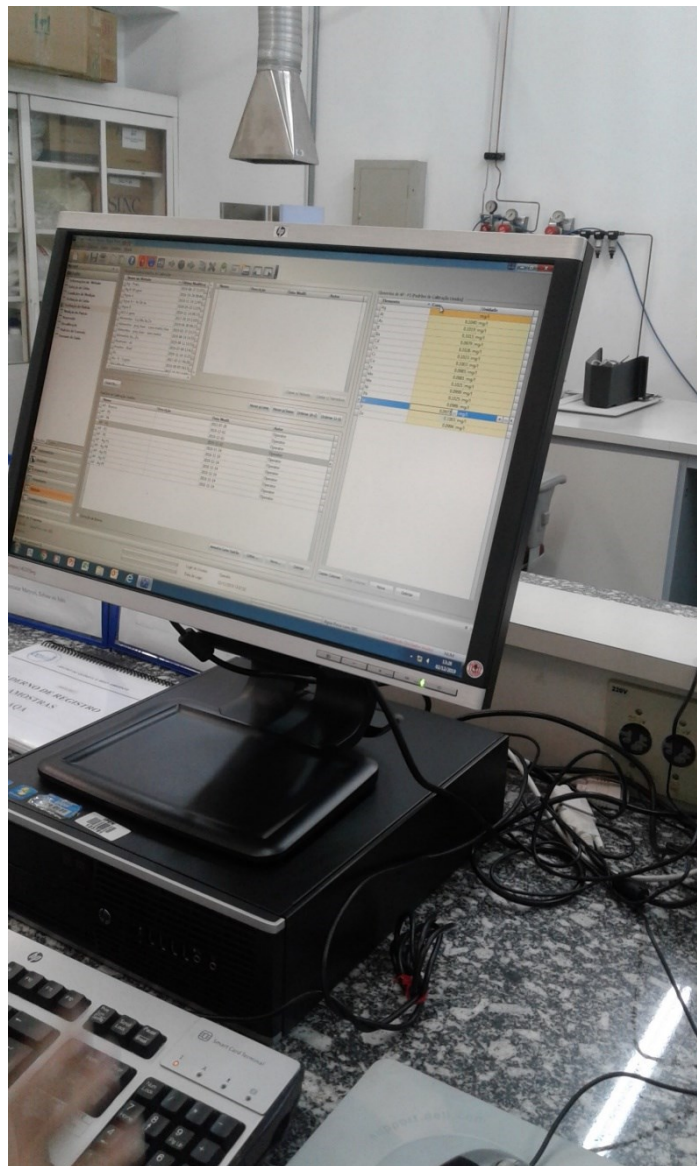
**Figura 6: Processo de filtragem em meio ácido.**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

As análises foram levadas para a Central Analítica e a Programação e controle analítico do ICP-OES foi realizada por meio do software *Smart Analyzer Vision*. Figura (7).

**Figura 7: Controle analítico do ICP-OES utilizando o software *Smart Analyzer Vision*.**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Respiração basal

Após realizar os cálculos da RBS, realizou-se as médias das seções, identificadas anteriormente (Figura 2), e organizou-as na Tabela 1.

**Tabela 1: Média da RBS nas cotas de amostras coletadas.**

Cotas*	Média da RBS (mg C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup> ) (Mín - Máx**)
Superior	0,31 (0 - 1,68)
Meio	0,59 (0 - 1,66)
Inferior	0,49 (0 - 2,20)
Externa a	0,72 (0,48 - 0,95)
Externa b	0

\*Os nomes das cotas em suas respectivas localizações podem ser visualizados na Figura 2.

\*\*Valores mínimos e máximos das médias encontradas.

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Esses valores de baixa liberação de CO<sub>2</sub> podem indicar que não há muitas atividades metabólicas dos microrganismos nas amostras e que o solo pode estar ambientalmente modificado por materiais provenientes das decomposições dos corpos ali presentes.

Entretanto, somente a análise da RBS não é suficiente para ter conhecimento sobre a qualidade do solo, há a necessidade de outros estudos químicos, físicos e microbiológicos (FERREIRA et al., 2017). No entanto, a taxa de respiração do solo é afetada diretamente pelos microrganismos ali presentes, que decompõem a matéria orgânica e estimam variações na liberação de CO<sub>2</sub> dependendo do uso do solo, o que indica mudanças ambientais causadas pelo mesmo (ADACHI et al., 2006).

Com isso, a conscientização da população acerca da utilização de poços na região da unidade cemiterial é de suma importância, para que haja limpeza periódica e desinfecção dessas águas, além do cuidado que deve haver do próprio local para controlar a qualidade e potabilidade da água freática (OLIVEIRA, 2009).

Pois se, com o desenvolvimento de estudos mais avançados houver a constatação da contaminação do solo da região, a probabilidade de as águas subterrâneas estarem contaminadas é alta, como demonstram os estudos de Oliveira (2009) e Neckel et al. (2016).

## 5.2 Metais pesados

Com bases na análise de metais que seguiu a técnica analítica de espectrometria de emissão óptica com plasma de argônio (ICP OES) a quantificação foi realizada para os metais Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn. Os valores de concentração foram obtidos de valores médio e desvio padrão de três leituras consecutivas de cada amostra. Como podemos observar na Tabela 2 temos os resultados das concentrações de metais encontrados na margem superior do cemitério (S), a maior concentração foi de alumínio, encontrada na região central (SC) seguido do lado direito e a menor no lado esquerdo (SE). Observou-se maior presença nessas regiões de ferro, zinco e manganês. O lado esquerdo apresentou uma concentração superior a 525 mg.kg<sup>-1</sup> de Fe.

**Tabela 2: Concentração de Metais no solo na região superior em mg.Kg<sup>-1</sup>.**

RG e Identificação/ Elemento	SE-1	SE-2	SD
Al	180 ± 2	193 ± 3	202 ± 3
As	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	0,77 ± 0,02	0,332 ± 0,005	0,280 ± 0,007
Cu	0,74 ± 0,01	0,554 ± 0,008	0,55 ± 0,03
Fe	525 ± 7	449,2 ± 0,7	464 ± 6
Mn	2,9 ± 0,3	2,39 ± 0,08	2,1 ± 0,3
Ni	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pb	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zn	0,236 ± 0,004	0,240 ± 0,003	0,227 ± 0,007

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A porção central do cemitério foi dividida em quatro regiões para análises. No meio esquerdo (ME), prevaleceu a presença de Alumínio e manganês diante dos outros metais.

No entanto, o meio central (MC) foi onde a quantidade de Alumínio e Cobre se destacaram comparando com as demais regiões, fato este, demonstrado na tabela 3.

**Tabela 3: Concentração de Metais no solo em mg. Kg<sup>-1</sup> na região do meio do cemitério.**

RG e Identificação/ Elemento	ME	MC	MD	MI
Al	395 ± 3	542 ± 5	236,8 ± 0,1	214,8 ± 0,9
As	0,069 ± 0,001	0,120 ± 0,001	< 0,05	< 0,05
Cr	0,353 ± 0,005	0,352 ± 0,001	0,259 ± 0,006	0,512 ± 0,008
Cu	0,90 ± 0,02	1,065 ± 0,003	0,56 ± 0,01	0,822 ± 0,005
Fe	537 ± 4	584 ± 2	517 ± 1	594 ± 2
Mn	2,434 ± 0,002	2,35 ± 0,02	1,79 ± 0,08	3,06 ± 0,09
Ni	0,090 ± 0,003	0,169 ± 0,004	< 0,01	0,0408 ± 0,0007
Pb	0,026 ± 0,002	0,13 ± 0,01	< 0,01	< 0,01
Zn	0,486 ± 0,008	0,465 ± 0,002	0,250 ± 0,006	0,306 ± 0,005

Fonte: Autoria própria (2021)

Na Tabela 4 temos os resultados encontrados no centro direito (CD) do cemitério e na região inferior onde tinha cotas mais baixas, nestes perímetros a quantidade de alumínio foi semelhante na porção esquerda e central. A quantificação de ferro se destaca nas quatro áreas de coleta mostradas abaixo, todas as concentrações foram superiores a 479 mg.Kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 4: Concentração de metais das amostras em mg. Kg<sup>-1</sup> na região inferior e central direita.**

RG e Identificação/ Elemento	CD	IE	IC	ID
Al	476,2 ± 0,4	482 ± 7	466 ± 4	238 ± 1
As	0,081 ± 0,0007	0,095 ± 0,003	0,131 ± 0,009	< 0,05
Cr	0,411 ± 0,003	0,435 ± 0,006	0,388 ± 0,002	0,282 ± 0,004
Cu	0,50 ± 0,03	1,00 ± 0,02	0,99 ± 0,02	0,66 ± 0,01
Fe	669 ± 3	523 ± 8	598 ± 3	479 ± 3
Mn	5,93 ± 0,06	3,0 ± 0,2	2,52 ± 0,02	2,57 ± 0,03
Ni	0,259 ± 0,002	0,125 ± 0,003	0,17 ± 0,01	0,0227 ± 0,0001
Pb	0,052 ± 0,005	0,054 ± 0,005	0,22 ± 0,03	< 0,01
Zn	0,480 ± 0,005	0,413 ± 0,006	0,490 ± 0,006	0,299 ± 0,006

Fonte: Autoria própria (2021)

Fora do cemitério, em cotas, mais baixas de acordo com o relevo, foram coletadas mais três amostras de solo, denominadas externa esquerda (EE), externa central (EC) e externa superior (ES) nessas áreas foi predominante a presença de alumínio, ferro, manganês, cobre e zinco. Podendo ser observado na Tabela 5.

**Tabela 5: Concentração de metais nas amostras de solo em mg Kg<sup>-1</sup> na região externa do cemitério.**

RG e Identificação/ Elemento	EE	EC	ED
Al	141,8 ± 0,4	411 ± 2	423 ± 3
As	< 0,05	0,0625 ± 0,0007	0,0699 ± 0,0004
Cr	0,307 ± 0,007	0,332 ± 0,006	0,394 ± 0,002
Cu	0,60 ± 0,02	0,74 ± 0,01	1,116 ± 0,007
Fe	339 ± 2	512 ± 3	568 ± 2
Mn	1,92 ± 0,08	4,1 ± 0,2	3,28 ± 0,02
Ni	< 0,01	0,140 ± 0,004	3,28 ± 0,02
Pb	< 0,01	< 0,01	0,028 ± 0,003
Zn	0,254 ± 0,005	0,420 ± 0,008	0,411 ± 0,003

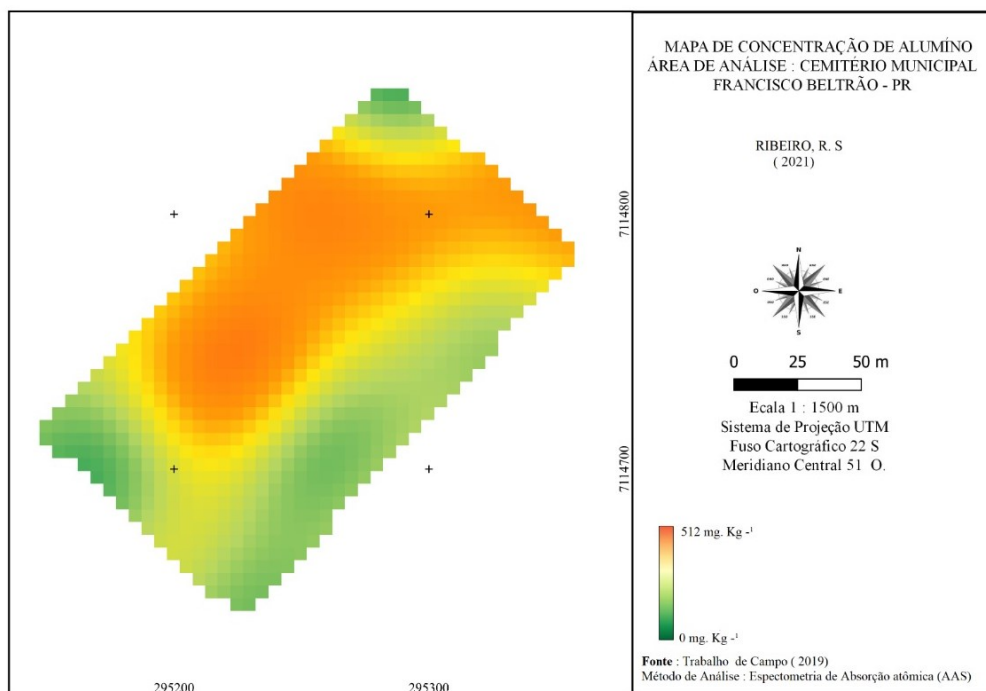
**Fonte: Autoria própria (2021)**

No geral, comparando todas as regiões, os maiores teores de Alumínio foram encontrados nas direções centrais do cemitério não importando a declividade e o menor teor foi encontrado no ponto de coleta externo do lado esquerdo da figura 2. A maior concentração de Arsênio foi encontrada na região inferior central (IC) seguida do ponto médio central. A maior concentração de Cromo foi registrada no ponto superior esquerdo (SE) seguido do meio inferior (MI).

Os mapas apresentados nas figuras abaixo (da 8 a 17) podemos analisar a concentração de metais onde as cores mais quentes representam os teores mais elevados e de forma decrescente esses valores de concentração em mg.Kg<sup>-1</sup> de solo vão sendo representados pelas cores mais frias.



**Figura 8: Mapa de concentração de alumínio.**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

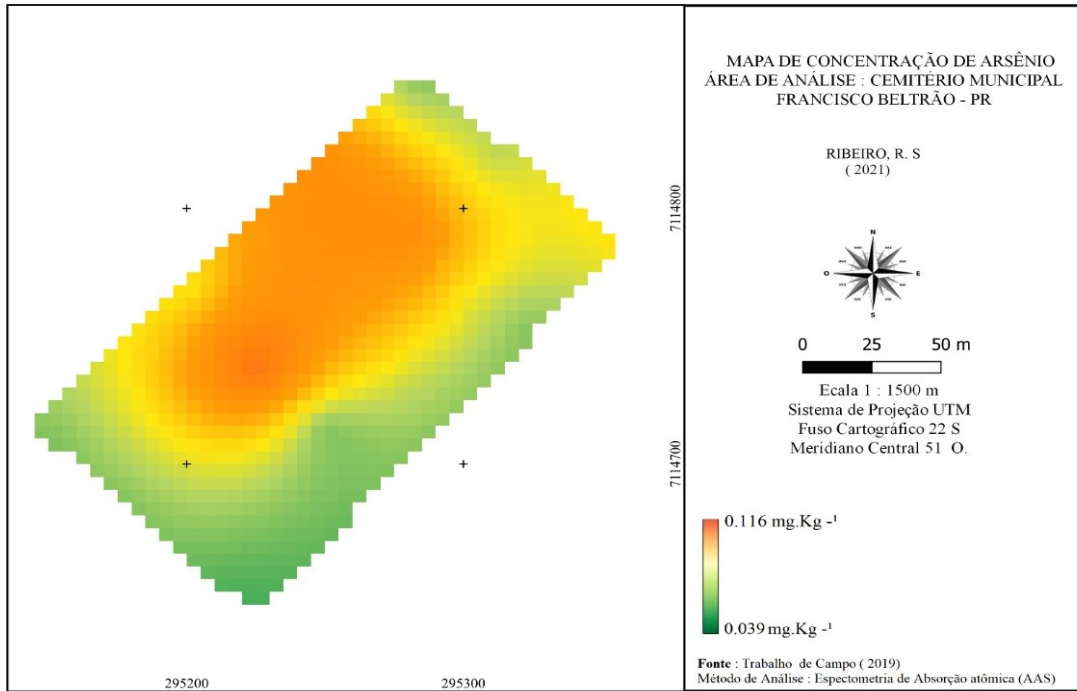
No mapa correspondente a figura 8, observamos a maior concentração de alumínio na porção central esquerda do cemitério, a menor concentração na área externa esquerda e na porção direita do cemitério esses teores foram menores.

Abaixo (figura 9) foi feita a representação das concentrações arsênio, pode-se observar uma proximidade na linha de distribuição entre o arsênio e o alumínio. Ambos com maiores concentrações na porção central esquerda do cemitério.

A representação do chumbo já obteve uma diferença na sua distribuição, pois as menores concentrações foram encontradas na porção central e as maiores nas extremidades.

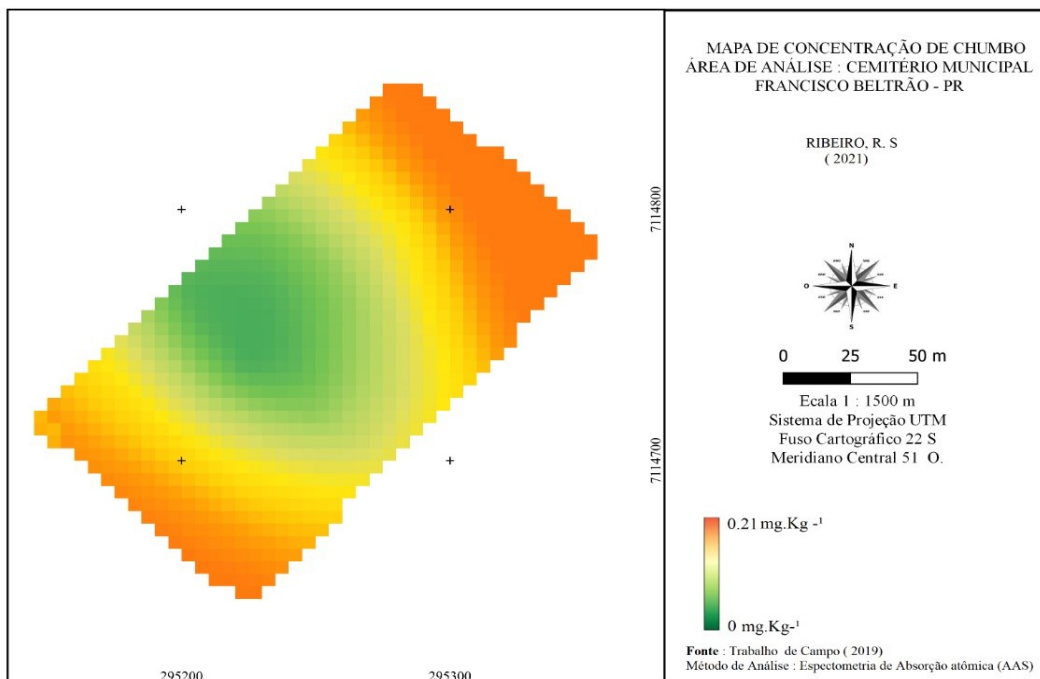
O restante dos metais (cobre, níquel, ferro, manganês, zinco e cromo) estão representados nas figuras de 11 a 16. Nos anexos da figura 23 a 32 temos as ilustrações dos mapas com a identificação dos pontos de coleta.

**Figura 9: Mapa de concentração de arsênio.**



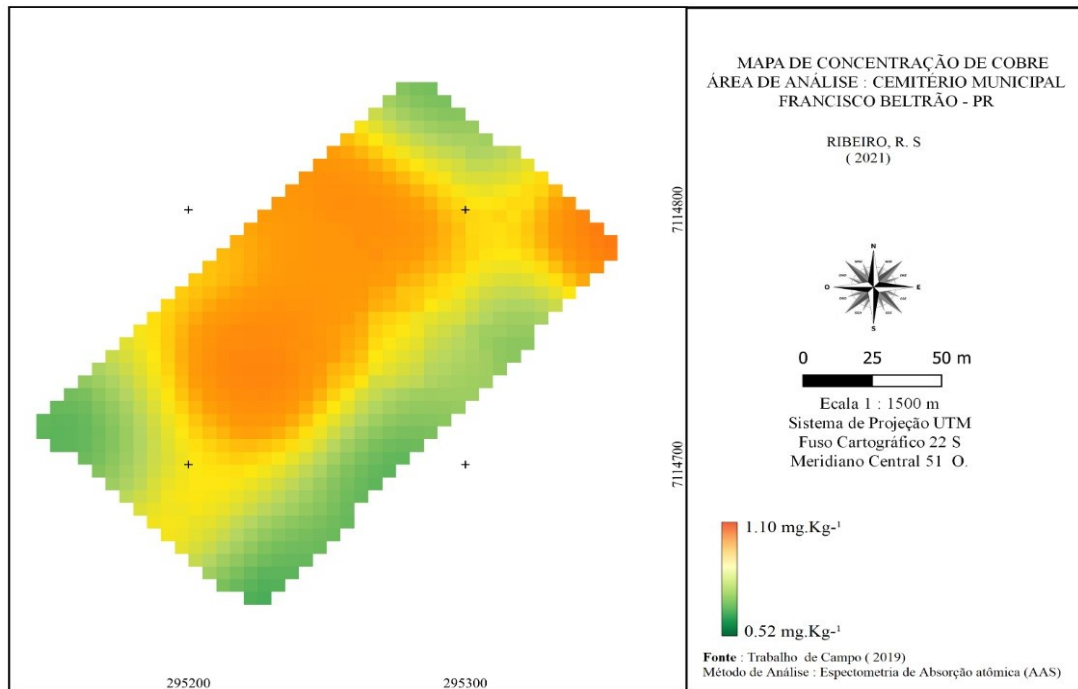
**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 10: Mapa de concentração de chumbo.**



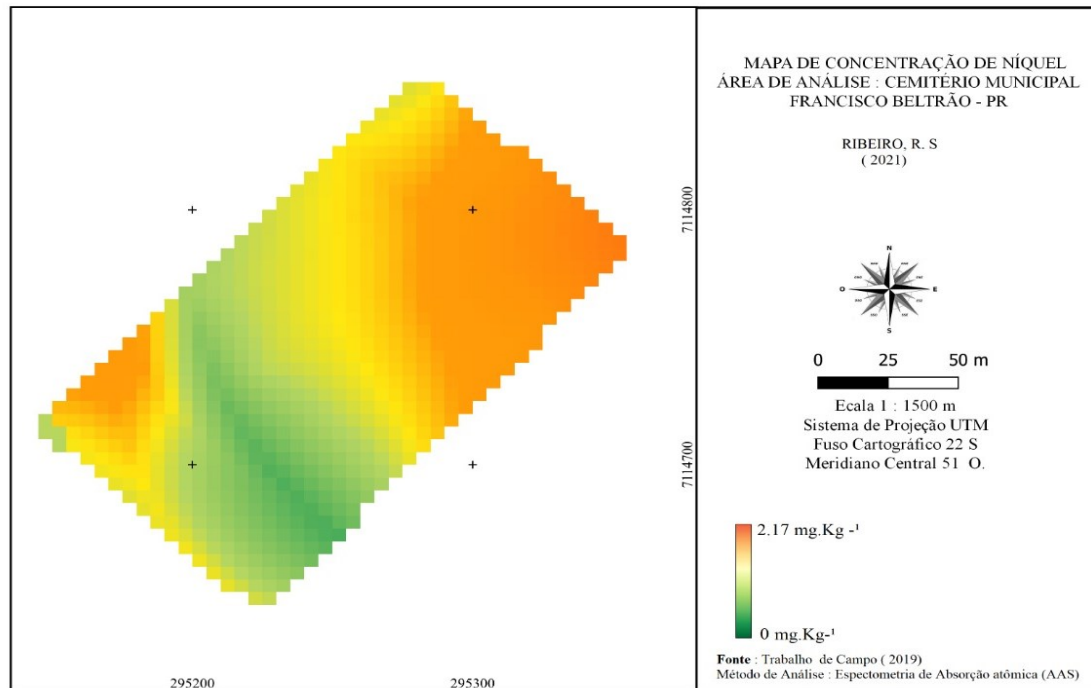
**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 11: Mapa de concentração de cobre.**



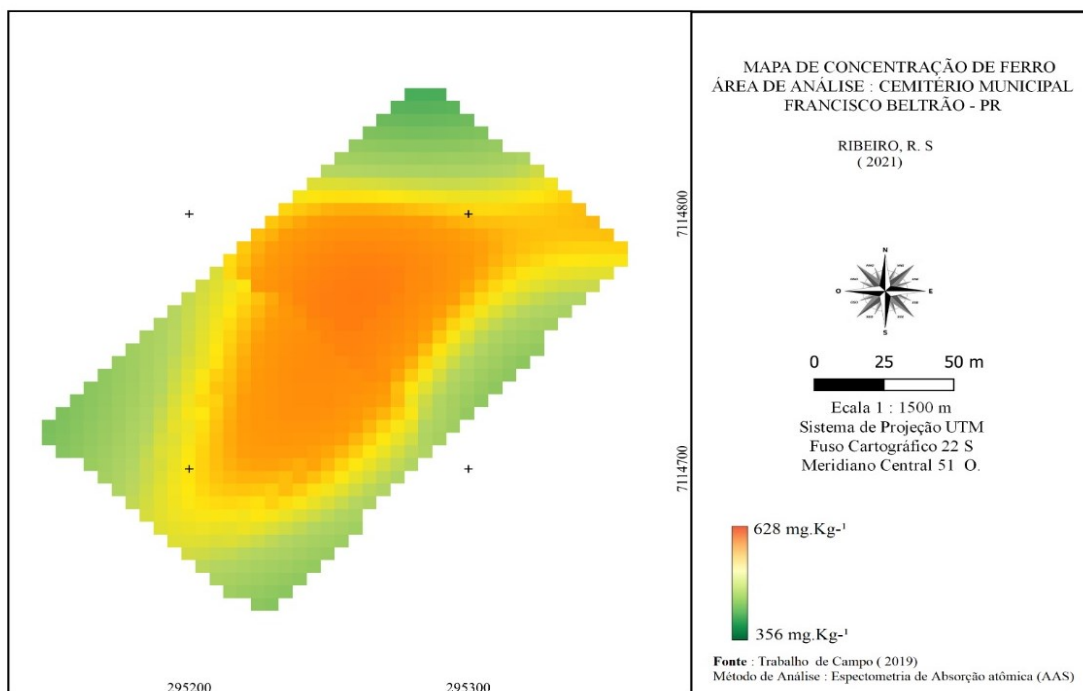
**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 12: Mapa de concentração de níquel.**



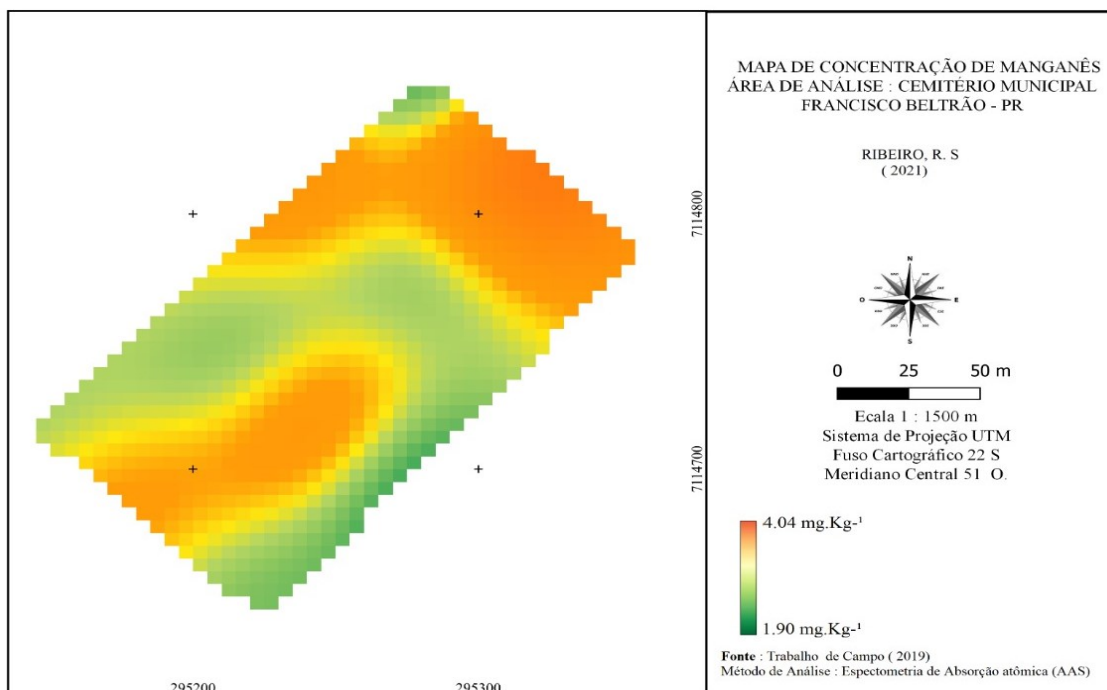
**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 13: Mapa de concentração de ferro.**



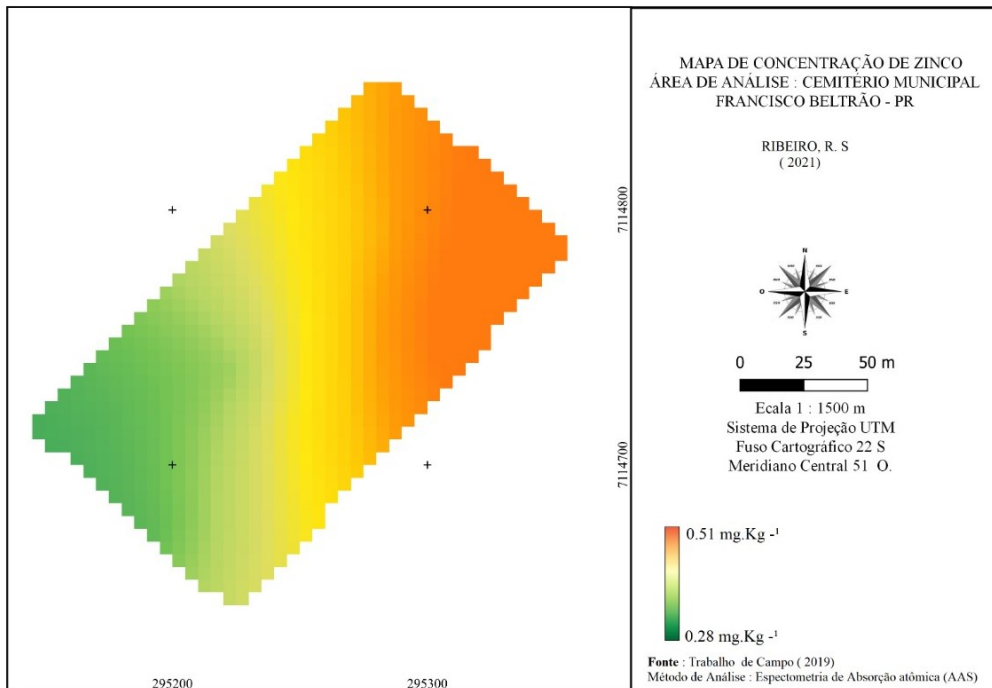
**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 14: Mapa de concentração de Manganês.**



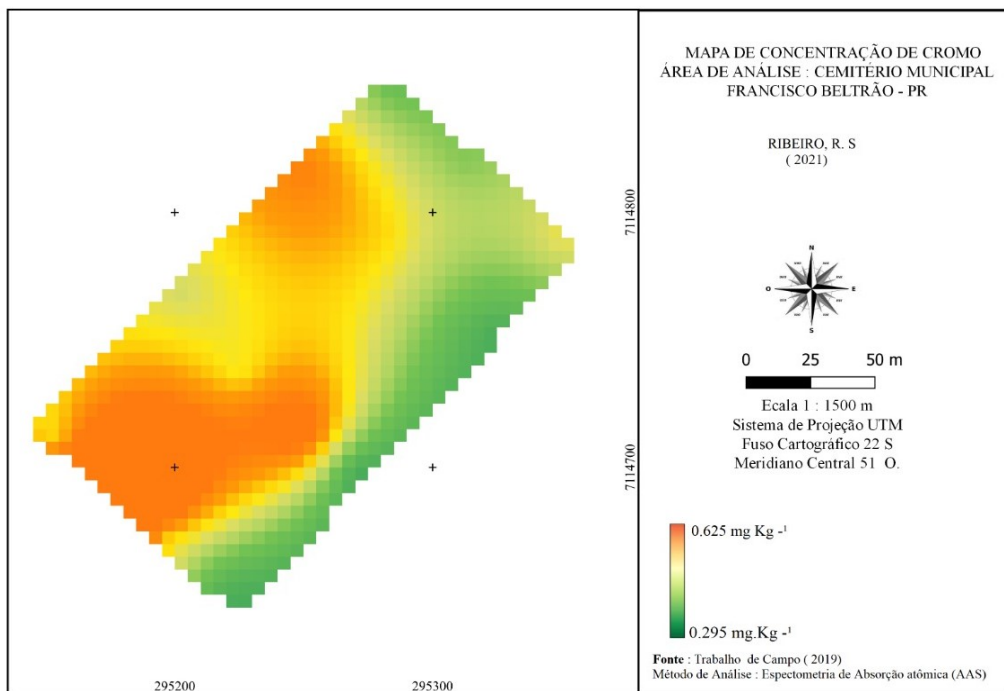
**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 15: Mapa de concentração de zinco.**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 16: Mapa de concentração de cromo.**



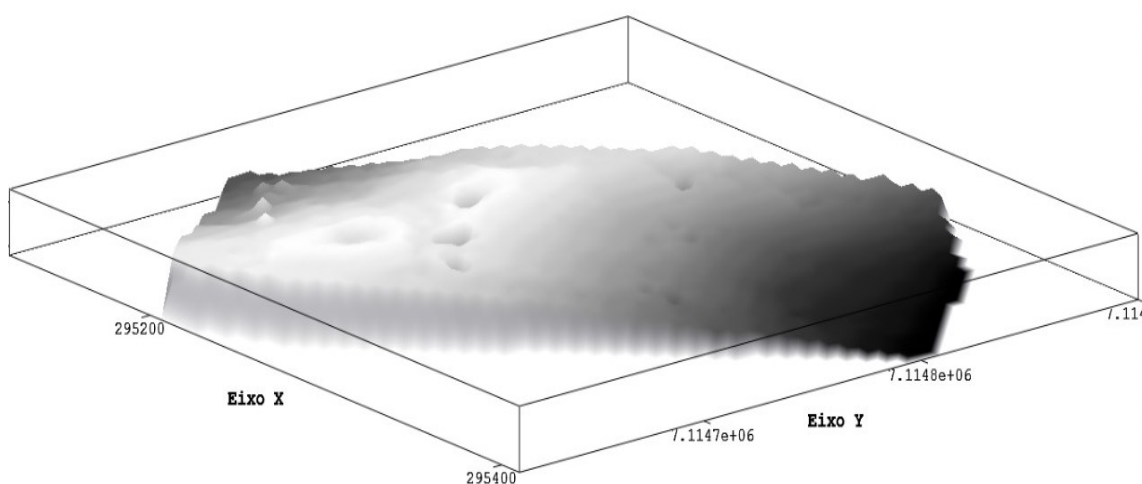
**Fonte: Autoria própria (2021)**

Abaixo temos uma imagem que foi realizada no programa Spring que é um software para sistemas de informação geográfica desenvolvido pela divisão de processamento de imagens (DPI) do instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE). O programa conta com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Neste caso foi realizado um gráfico com a concentração dos metais em diferentes níveis topográficos.

Pode-se notar nas cotas mais baixas um maior acumulo dos metais presentes no solo supondo um arraste, este podendo ser oriundo da lixiviação, devido ao aumento gradativo das concentrações com a diminuição das cotas. Conseguimos observar na imagem (Figura 20), onde os pontos de maiores concentrações foram representados pela cor mais escura. Próximo a entrada do cemitério na cota mais baixa a concentração é maior seguida no canto denominado, superior esquerdo, onde a cota em relação a porção central do cemitério é menor.

Na imagem podemos analisar alguns furos, no terreno, estes aparecem devido as diferenças de cota no relevo, não deixando o gráfico uniforme, nesta representação pode ocorrer uma variação de um metro do relevo original.

**Figura 20: Gráfico topográfico com os gradientes de concentração de metais.**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

### 5.3 Análise química do solo

Para análise de rotina foram feitas comparações de dados com base no Manual de Interpretação de Análise de Plantas e Solos e Recomendações de Adubação (Villar, 2007). Na tabela 6 foi realizada a comparação estatística das médias de matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K) do solo adequada para plantio com o intuito de fazer uma avaliação do mesmo. Onde a quantidade de K apresentou alto teor na região central direita do cemitério (CD). As demais representações (MO, P, K) no restante do cemitério apresentaram baixos teores nas suas médias.

Comparação estatística das médias de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) do solo entre os diferentes usos apresentaram todos baixos teores nas suas médias como podemos verificar na tabela 7.

Para comparação estatística das médias de acidez trocável ( $Al^{+3}$ ), acidez potencial ( $H+A_{\ell}$ ), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e soma de bases (SB). A acidez trocável apresentou no geral baixo valor na comparação, somente a região Inferior esquerda (IE) apresentou médio teor. A quantidade de Ca e Mg foi relativamente alta por toda extensão do cemitério, apresentando médios valores em algumas das áreas (CD e IE). Todas as regiões obtiveram alto teores de SB exceto as regiões CD e IE que apresentaram médios teores como podemos fazer uma análise na tabela 8.

Na tabela 9 podemos fazer a verificação das médias de potencial hidrogeniônico (pH), o qual apresentou de médios a alto teores por todas regiões exceto (IE) onde os valores foram baixos.

O índice SMP (método de análise e correção do solo que se baseia no poder tampão do solo, esta sigla se refere aos criadores do método: Shoemaker, Mac Lean e Pratt), V% (percentagem por saturação de bases, ou seja, quais percentuais dos pontos de troca de cátions estão ocupados por bases.

De outra forma, seria quanto por cento das cargas negativas estão ocupadas por K, Ca, Mg, Na e passíveis de troca a pH 7,0 quando comparado com os pontos ocupados por (H + Al), apresentaram de médios a alto teor exceto na região CD.

As saturações por alumínio apresentaram baixos teores por toda área do cemitério, com médio teor médio somente na região IE. A comparação estatística de CTC do solo (A capacidade de troca de cátions corresponde à soma das cargas negativas nas partículas microscópicas do solo (fração argila, e matéria orgânica) retendo os cátions, tais como cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>), alumínio (Al<sup>3+</sup>) e hidrogênio (H<sup>+</sup>)) foi de média a alta por toda extensão do cemitério.

### 5.3.1 Matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K)

**Tabela 6: Comparação estatística das médias de matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K) do solo entre os diferentes usos.**

Área	MO (g/dm <sup>3</sup> )		P (mg/dm <sup>3</sup> )		K (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	
CD	17,42	BAIXO	1,98	BAIXO	0,38	ALTO
MC 2	13,40	BAIXO	1,30	BAIXO	0,14	BAIXO
MD 2	14,74	BAIXO	2,32	BAIXO	0,18	MÉDIO
ME 1	12,06	BAIXO	1,64	BAIXO	0,12	BAIXO
MI 1	13,40	BAIXO	3,01	BAIXO	0,20	MÉDIO
SC 2	9,38	BAIXO	1,98	BAIXO	0,15	BAIXO
SD	8,04	BAIXO	1,98	BAIXO	0,08	BAIXO
SE 1	12,06	BAIXO	3,01	BAIXO	0,11	BAIXO
EC	12,06	BAIXO	15,27	ALTO	0,24	MÉDIO
ED	6,70	BAIXO	2,66	BAIXO	0,12	BAIXO
EE	21,44	BAIXO	1,98	BAIXO	0,09	BAIXO
IC	17,42	BAIXO	1,64	BAIXO	0,12	BAIXO
ID	18,76	BAIXO	1,98	BAIXO	0,14	BAIXO
IE	14,74	BAIXO	1,64	BAIXO	0,13	BAIXO

Fonte: Autoria própria (2021)



### 5.3.2 Cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn)

**Tabela 7: Comparação estatística das médias de cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) do solo entre os diferentes usos.**

Área	Cu (mg/dm <sup>3</sup> )		Fe (mg/dm <sup>3</sup> )		Zn (mg/dm <sup>3</sup> )		Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	
CD	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
MC 2	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
MD 2	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
ME 1	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
MI 1	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
SC 2	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
SD	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
SE 1	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
EC	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
ED	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
EE	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
IC	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
ID	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO
IE	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO	0,00	BAIXO

Fonte: Autoria própria (2021)

### 5.3.3 Acidez trocável ( $A\ell^{+3}$ ), acidez potencial ( $H+A\ell$ ), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e soma de bases (Sb)

**Tabela 8: Comparação estatística das médias de acidez trocável ( $A\ell^{+3}$ ), acidez potencial ( $H+A\ell$ ), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e soma de bases (SB) do solo entre os diferentes usos.**

Área	$A\ell^{+3}$		$H+A\ell$		Ca		Mg		SB	
	(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )									
CD	0,14	BAIXO	4,61	MÉDIO	3,10	MÉDIO	0,9	MÉDIO	4,38	MÉDIO
MC 2	0,00	BAIXO	2,54	MÉDIO	7,40	ALTO	1,80	ALTO	9,34	ALTO
MD 2	0,00	BAIXO	2,74	MÉDIO	7,50	ALTO	1,80	ALTO	9,48	ALTO
ME 1	0,00	BAIXO	2,36	BAIXO	6,10	ALTO	1,70	ALTO	7,92	ALTO
MI 1	0,00	BAIXO	2,03	BAIXO	8,30	ALTO	1,40	ALTO	9,90	ALTO
SC 2	0,00	BAIXO	2,03	BAIXO	6,30	ALTO	1,50	ALTO	7,95	ALTO
SD	0,00	BAIXO	2,03	BAIXO	6,70	ALTO	1,30	ALTO	8,08	ALTO

SE 1	0,00	BAIXO	2,03	BAIXO	9,80	ALTO	2,60	ALTO	12,51	ALTO
EC	0,00	BAIXO	1,89	BAIXO	12,30	ALTO	4,60	ALTO	17,14	ALTO
ED	0,00	BAIXO	2,03	BAIXO	5,60	ALTO	1,70	ALTO	7,42	ALTO
EE	0,20	BAIXO	3,42	MÉDIO	4,70	ALTO	1,10	ALTO	5,89	ALTO
IC	0,00	BAIXO	2,95	MÉDIO	7,50	ALTO	1,50	ALTO	9,12	ALTO
ID	0,00	BAIXO	2,36	BAIXO	7,80	ALTO	1,60	ALTO	9,54	ALTO
IE	0,59	MÉDIO	2,74	MÉDIO	2,70	MÉDIO	1,20	ALTO	4,03	MÉDIO

Fonte: Autoria própria (2021)

#### 5.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH), Índice SMP, V%, saturação por alumínio e CTC

**Tabela 9: Comparação estatística das médias de potencial hidrogeniônico (pH), Índice SMP, V%, saturação por alumínio e CTC do solo entre os diferentes usos.**

Área	pH (CaCl <sub>2</sub> )		SMP		V%		Sat. Al (%)		CTC	
CD	4,70	MÉDIO	6,10	MÉDIO	48,72	BAIXO	3,10	BAIXO	8,99	MÉDIO
MC 2	5,00	MÉDIO	6,90	ALTO	78,62	ALTO	0,00	BAIXO	11,88	ALTO
MD 2	5,00	MÉDIO	6,80	ALTO	77,58	ALTO	0,00	BAIXO	12,22	ALTO
ME 1	5,10	MÉDIO	7,00	ALTO	77,04	ALTO	0,00	BAIXO	10,28	ALTO
MI 1	5,10	MÉDIO	7,20	ALTO	82,98	ALTO	0,00	BAIXO	11,93	ALTO
SC 2	5,20	MÉDIO	7,20	ALTO	79,66	ALTO	0,00	BAIXO	9,98	MÉDIO
SD	5,30	MÉDIO	7,20	ALTO	79,92	ALTO	0,00	BAIXO	10,11	ALTO
SE 1	5,30	MÉDIO	7,20	ALTO	86,04	ALTO	0,00	BAIXO	14,54	ALTO
EC	5,30	MÉDIO	7,30	ALTO	90,07	ALTO	0,00	BAIXO	19,03	ALTO
ED	5,40	MÉDIO	7,20	ALTO	78,52	ALTO	0,00	BAIXO	9,45	MÉDIO
EE	4,80	MÉDIO	6,50	MÉDIO	63,27	MÉDIO	3,28	BAIXO	9,31	MÉDIO
IC	5,00	MÉDIO	6,70	ALTO	75,56	ALTO	0,00	BAIXO	12,07	ALTO
ID	5,20	MÉDIO	7,00	ALTO	80,17	ALTO	0,00	BAIXO	11,90	ALTO
IE	4,40	BAIXO	6,80	ALTO	59,53	MÉDIO	2,77	MÉDIO	6,77	MÉDIO

Fonte: Autoria própria (2021)

#### 5.4 Resultado da análise química de nitrato e amônio (N-NO<sub>3</sub> e N-NH<sub>4</sub>)

Para a realização das análises químicas de nitrogênio (N-NO<sub>3</sub> e N-NH<sub>4</sub>), foi utilizado o método volumétrico, estas foram realizadas no laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Campus de Pato Branco.

**Tabela 10: Concentração de N-(NO<sub>3</sub>) e N-(NH<sub>4</sub>) nas amostras de solo em mg.kg<sup>-1</sup> na margem superior do cemitério.**

mg.kg <sup>-1</sup>	SE-1	SC -2	SD
N-NO3	17,5	14,0	10,5
N-NH4	10,5	17,5	17,5

**Fonte: Autoria própria (2021)**

No geral na porção superior foi apresentado maior concentração de amônio do centro superior ao lado direito superior do cemitério. Já a concentração de nitrogênio na forma de nitrato apresentou a maior concentração na margem superior esquerda seguida do centro superior, sendo a menor encontrada no lado direito da cota mais alta, podendo ter influência devido a diferença da declividade topográfica. Podendo ser considerada inversa esta relação entre as duas formas de nitrogênio analisadas.

**Tabela 11: Concentração de N-(NO<sub>3</sub>) e N-(NH<sub>4</sub>) nas amostras de solo em mg.kg<sup>-1</sup> na região que corresponde ao meio do cemitério.**

mg.kg <sup>-1</sup>	ME	MC	MD	MI
N-NO3	14	14	21	17,5
N-NH4	7	14	14	14

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A maior concentração de N-NO<sub>3</sub> foi encontrada na porção direita da região do meio do cemitério e as menores na região que corresponde ao centro e ao lado esquerdo. E a menor concentração de N-NH<sub>4</sub> foi encontrada nessa porção (esquerda) seguindo todas as outras amostras do centro até o lado direito do meio do cemitério com o mesmo teor de amônio.

**Tabela 12: Concentração de N-(NO<sub>3</sub>) e N-(NH<sub>4</sub>) nas amostras de solo em mg.kg<sup>-1</sup> na região inferior e central direita.**

mg.kg <sup>-1</sup>	CD	IE	IC	ID
N-NO3	35	21	14	14
N-NH4	24,5	14	14	14

**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Tabela 13: Concentração de N-(NO<sub>3</sub>) e N-(NH<sub>4</sub>) nas amostras de solo em mg.kg<sup>-1</sup> na região externa do cemitério.**

mg.kg <sup>-1</sup>	EE	EC	ED
N-NO <sub>3</sub>	14	17,5	10,5
N-NH <sub>4</sub>	14	10,5	17,5

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A área externa no lado esquerdo não houve variações em relação às concentrações dos teores de nitrogênio na forma de amônio e nitrato já a área central foi observado uma quantidade de nitrato superior se comparado com as outras duas regiões coletadas. E a região externa direita possui a maior concentração de amônio. Semelhante à todas as regiões anteriores avaliadas na porção direita de todo o cemitério.

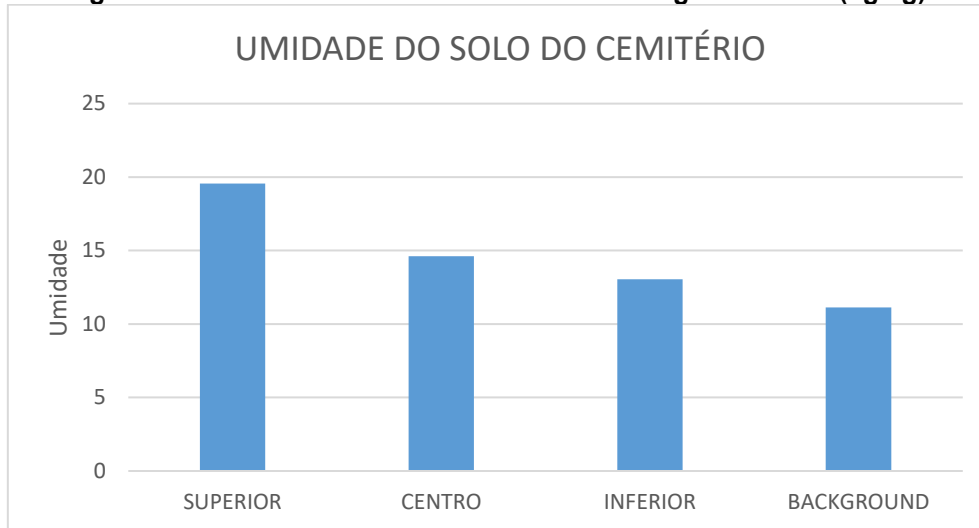
## **5.5 Análises físicas**

Algumas análises físicas foram realizadas com o intuito de melhorar as interpretações relacionadas a estrutura do solo, com o objetivo de obtermos dados para um futuro projeto relacionado a remediação do cemitério.

Como pode-se verificar abaixo na figura 17 temos um gráfico de umidade do solo em base gravimétrica, a qual foi obtida por meio da avaliação das amostras indeformadas, retiradas com anéis de volume conhecido. Ou seja, essa umidade diz respeito à porcentagem do peso da amostra.

Na camada superior do cemitério a umidade apresentou-se maior, e de forma decrescente o teor de umidade foi diminuindo até a região externa do cemitério denominada no gráfico (figura17) por background.

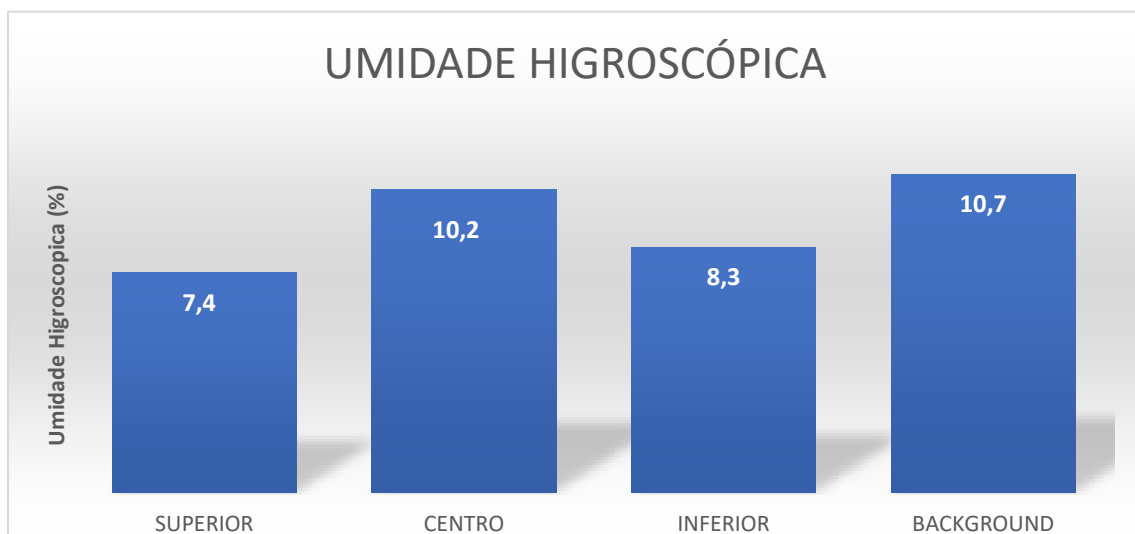
**Figura 17: Gráfico de umidade do solo em base gravimétrica (kg/kg).**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Foi quantificada umidade higroscópica (umidade que o solo exibe quando ele é seco ao ar). Quanto mais argiloso o solo esse teor tende a aumentar. Nesta análise pode-se notar uma maior umidade na região externa do cemitério e central. (Figura 18). Salientando que na região central do cemitério existe uma fonte d'água a qual era utilizada para uso e manutenção do mesmo, hoje está desativada, o lençol freático passa a 12 metros da superfície do solo nesta área.

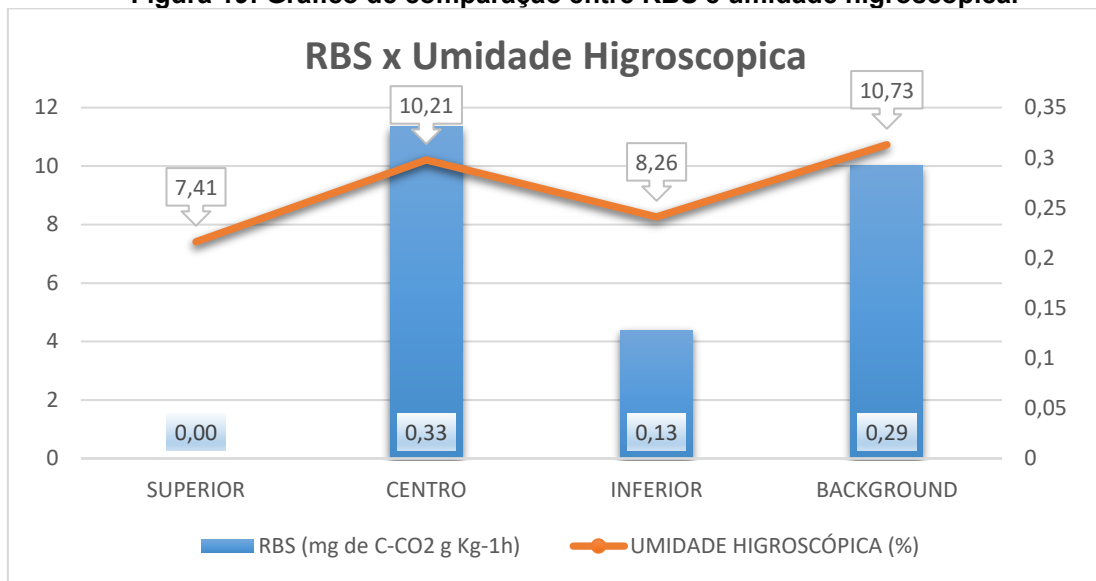
**Figura 18: Gráfico de umidade higroscópica do solo (kg/kg)**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Foi realizada uma comparação entre a respiração basal do solo e a umidade higroscópica. A Atividade metabólica foi maior na região central e externa do cemitério juntamente com o maior teor de umidade. Na Região superior do cemitério a respiração basal foi muita baixa seguida da região inferior. E a umidade nessas duas áreas foram menores também como podemos verificar na figura 19.

**Figura 19: Gráfico de comparação entre RBS e umidade higroscópica.**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados de Respiração Basal do Solo pode-se verificar uma baixa atividade metabólica por meio dos microrganismos presente no solo.

A área interna do cemitério possui uma concentração de metais pesados maior se comparado com a área externa do mesmo. E, as cotas mais baixas de relevo é onde eles se acumulam de forma mais efetiva, podendo ser deduzido um suposto arraste desses metais. Porém a concentração encontrada está dentro da normativa permitida (CONAMA 420).

O cemitério não está em conformidade com a Resolução CONAMA 335, pois ainda faltam alguns estudos e laudos a serem realizados no que diz respeito a caracterização do mesmo. Incluindo estudo demonstrativo da topografia, alguns documentos estão em falta, mesmo a lei sendo aprovada pós implantação do mesmo será necessária uma adequação normativa.

Com o conjunto de informações reunidas do presente projeto de mestrado, pode-se aplicar em um futuro próximo um novo projeto, solucionando a problemática com remediação da área contaminada, como sugestão a biorremediação, para degradar, transformar e/ou remover os contaminantes da matriz, neste caso o solo. Prevenindo, desta forma, o aumento dessas concentrações para o meio ambiente.

E a implantação mais adequada de sepultamento, como sugestão suponhamos a verticalização, desta forma evitando que os compostos provenientes de cadáveres entre em contato com o solo tendo em vista que este funciona como uma barreira natural à contaminação de águas subterrâneas, evitando de tal forma a contaminação do solo e população.

## REFERÊNCIAS

- ADACHI, Minako.; BEKKU, Yukiko S.; RASHIDAH, Wan; OKUDA, Toshinori; KOIZUMI, Hiroshi. Differences in soil respiration between different tropical ecosystems. **Applied Soil Ecology**. v. 34, p. 258-265. 2006. Disponível em: <https://home.hiroshima-u.ac.jp/frstecol/publicationPDF/2006ASE.pdf>. Acesso em: 14 de ago. 2019.
- AITA, C., GIACOMINI, S. J., HÜBNER, A. P., CHIAPINOTTO, I. C., & FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I-dinâmica do nitrogênio no solo. **Bras. Ci. Solo**, v. 28, p. 739-749, SC Nov.2004.
- B ALCÂNTARA, L. A. et al. Contaminação de recursos naturais por necrópoles. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, v. 11, n. 1, p. 17–28, 2010.
- ARAUJO, T. N. Hermenêutica e cemitérios: um olhar sobre o cemitério da santa casa em porto alegre. **Ciencias Sociales y Religión/Ciências Sociais e Religião**, v. 16, n. 20, p. 82–95, 13 nov. 2014.
- BACIGALUPO, Rosiane. CEMITÉRIOS: FONTES POTENCIAIS DE IMPACTOS AMBIENTAIS. **História, Natureza e Espaço - Revista Eletrônica do Grupo de Pesquisa NIESBF**, ISSN 2317-8361, v. 1, n. 1, p. 05, 2012.
- CARNEIRO, Victor. (2009). Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. **Revista Águas Subterrâneas**. 1.
- CHAVES, Edson Valente; SANTANA, Genilson Pereira. Distribuição de metais pesados em solos do aterro sanitário e do polo industrial de Manaus. **Revista de educação, ciência e tecnologia do IFAM, Amazonas**, v. 8, n. 1, ed. 1, p. 41-48, 2017.
- CONSTANTINI, A. O.; DE-POLLI, H. Taxa de estratificação do carbono orgânico como indicador de qualidade de um solo argiudo II típico. **FORTBIO-desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**, p.4, v.1, 2008.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução CONAMA 1º de junho de 1983, 156 em seu Art. 1**. Brasília, DF, 1983.
- DA CRUZ, N. J. T. et al. Environmental impacts caused by cemeteries and crematoria, new funeral technologies, and preferences of the Northeastern and Southern Brazilian population as for the funeral process. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 31, p. 24121–24134, 2017.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. 3.ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574p.



- FERREIRA, Enderson P. B; STONE, Luis F.; DIDONET, Claudia C. G. M. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**. v. 48, p. 22-31. Fortaleza, 2017.
- HOEHNE, Lucélia et al. Avaliação das técnicas de determinação de Nitrogênio por cromatografia iônica (IC) e por teor de nitrogênio total (TN) por quimiluminescência. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul ISSN 1982-6753, v. 20, n. 1, p. 09-13, dez. 2015.
- KEIJZER, E. The environmental impact of activities after life: life cycle assessment of funerals. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, n. 5, p. 715–730, 2017.
- KEMERICH, P. D. C.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. **Revista Scientific American Brasil**, v.1, n.1, p.78-81, 2012.
- LOUREIRO, Maria Amélia Salgado. **Origem Histórica dos Cemitérios**. São Paulo: Secretaria de Serviços e Obras da Prefeitura do Município, 1977.
- LOZANO-GARCÍA, B., PARRAS-ALCÁNTARA, L., & BREVIK, E. C. Impact of topographic aspect and vegetation (native and reforested areas) on soil organic carbon and nitrogen budgets in Mediterranean natural areas. **Science of the Total Environment**, v. 544, p. 963-970, 2016.
- MEDINA, E. F.; PIRES, J. M. M.; OLIVEIRA, F. S. D.; SILVA, B. E. C. Seleção de solos da região de viçosa para utilização como barreira química para metais pesados. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 4, n. 3, p. 0349-0352, 2018
- MOTTA, A. **Estilos mortuários e modos de sociabilidade em cemitérios brasileiros oitocentistas**. Porto Alegre: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ha/v16n33/05.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2019.
- NECKEL, Alcindo; JUNIOR, Affonso C. G.; BERTOLDI, Tauana; CHIAMENTTI, Angela; BREZOLIN, Indiara P. **Contaminação de solos por metais pesados em cemitérios urbanos**. In: Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, 5., 2016, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: IMED, 2016.
- OLIVEIRA, Bruna R. F. **Cemitério: Impacte nas Águas Subterrâneas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade de Aveiro, Portugal, 2009.
- PITOMBO, L. M. **Estoques de carbono e nitrogênio e fluxos de gases do efeito estufa em solo com diferentes históricos de aplicação de lodo de esgoto**. Dissertação (Mestrado) em agricultura tropical e subtropical. Instituto Agrônomo. Campinas, 61fls, 2011.
- ROMÃO, R. L. **Carbono orgânico em função do uso do solo**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista (UNESP), 7 dez. 2012.

SPRINGER, K. S.; PÉREZ, M. S.; JORGE, C. Cemitérios: desvendando os espaços da morte e seus signos. Espaço e representações: reconstruções teóricas do geográfico. **Anais** Curitiba: NEER Geografia/UFPR, 2006 Disponível em: <<http://www.neer.com.br/anais/NEER-1/index.html>> Acesso em: 20 ago. 2019.

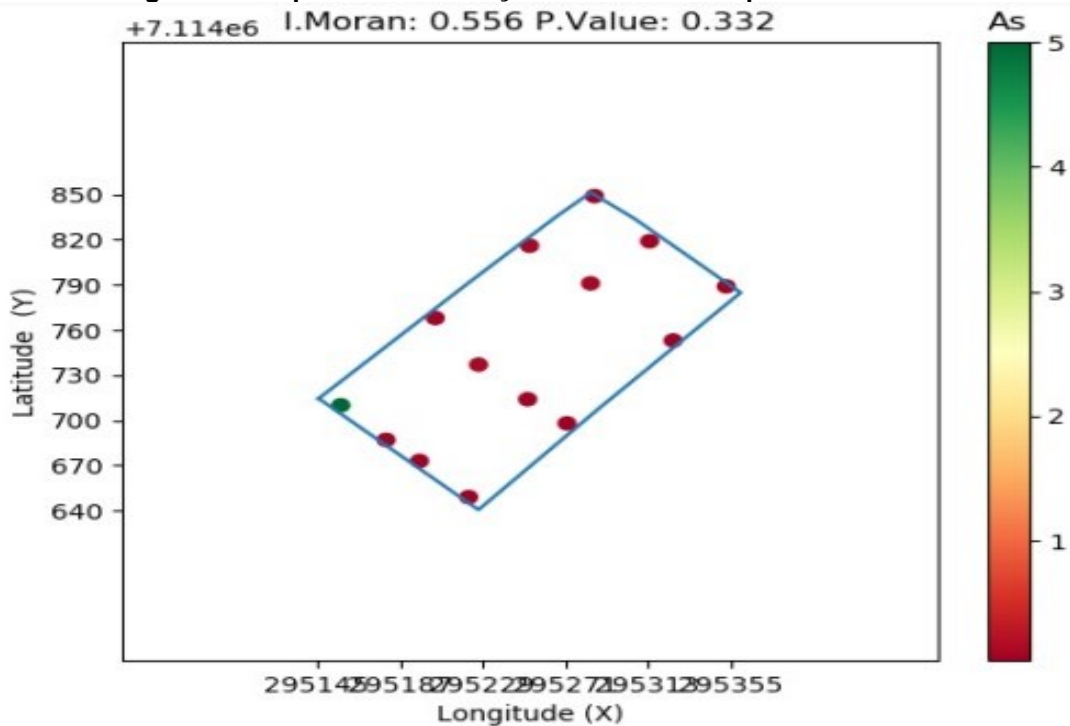
SANTOS, P. J. A. et al. Avaliação de Impactos Ambientais: Estudo de caso no Cemitério Público do município de Queimadas - PB. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 3, p. 10–17, 2015.

STRICKLAND, M. S.; ROUSK, J. Considering fungal: bacterial dominance in soils – Methods, controls, and ecosystem implications. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, n. 9. p. 1385-1395, Mar. 2010.

VILLAR, M.L.P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. Cuiabá: EMPAER-MT, p.182 .Série de documentos 35, 2007.

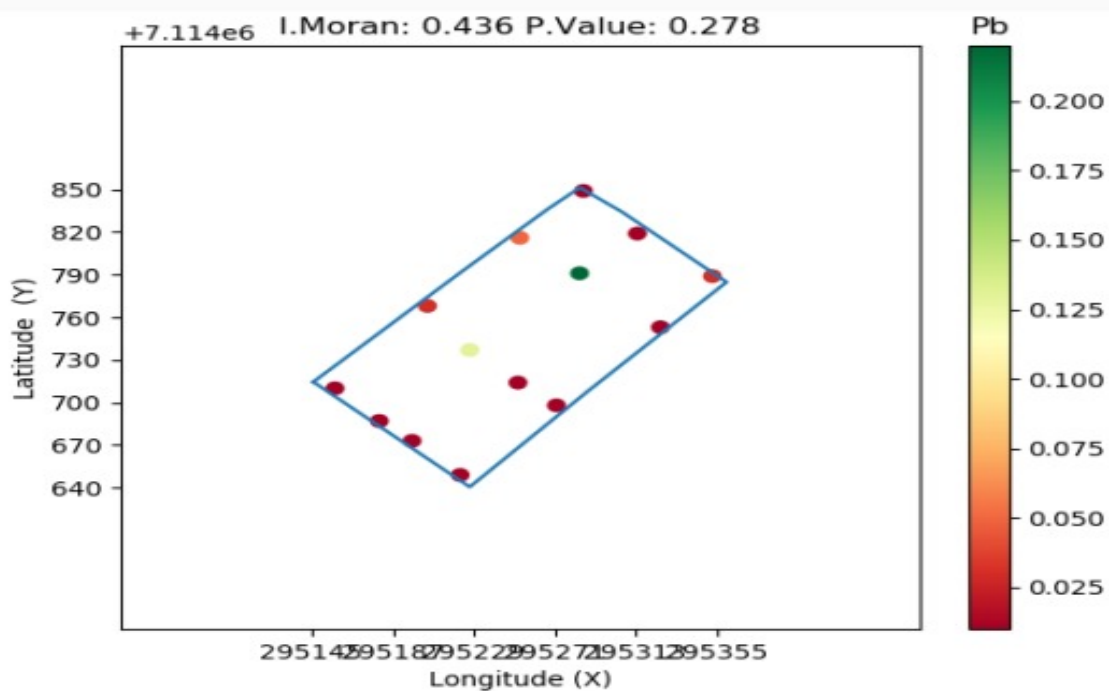
## ANEXOS

Figura 20: Mapa de concentração de arsênio nos pontos de coleta.



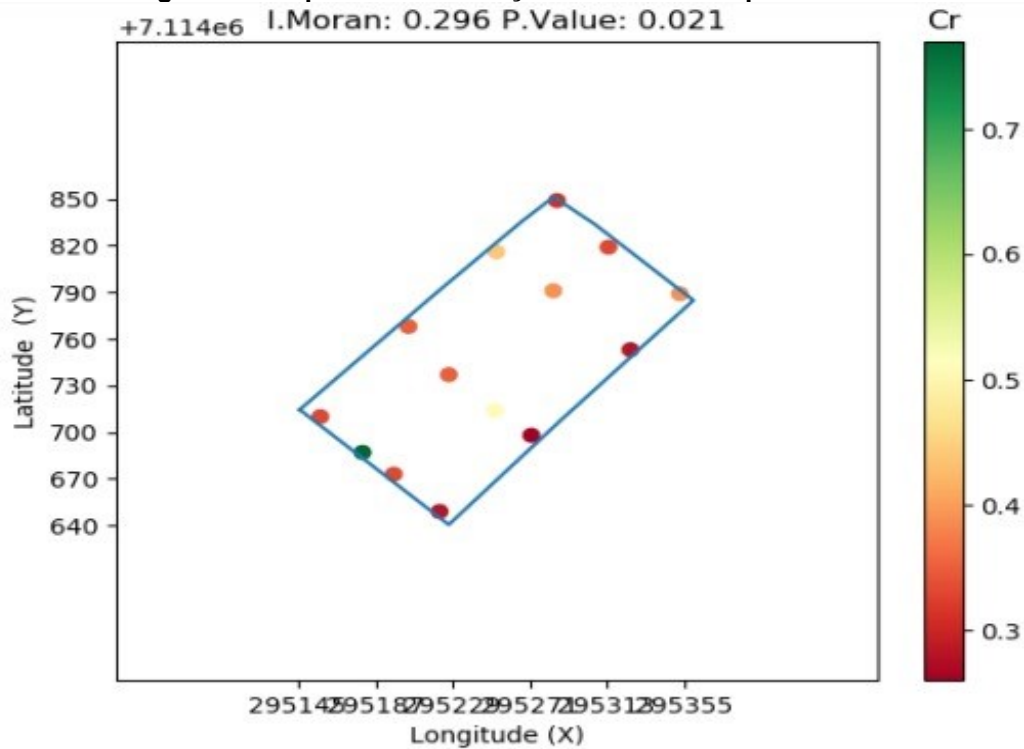
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 21: Mapa de concentração de chumbo nos pontos de coleta.



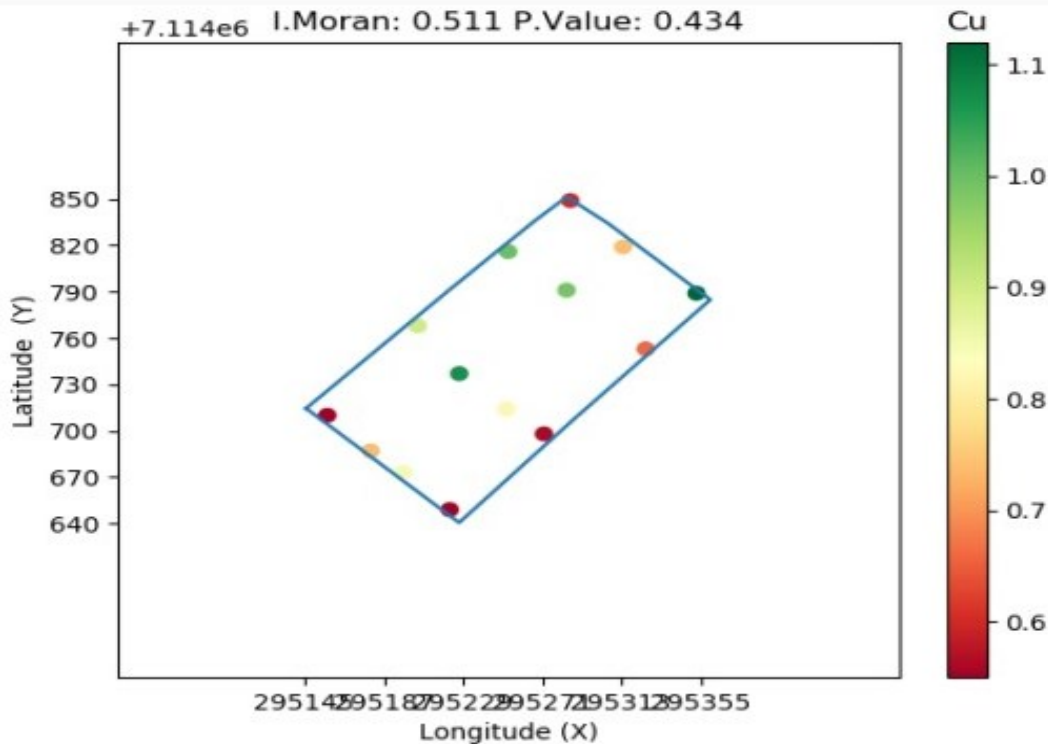
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 22: Mapa de concentração de cromo nos pontos de coleta.



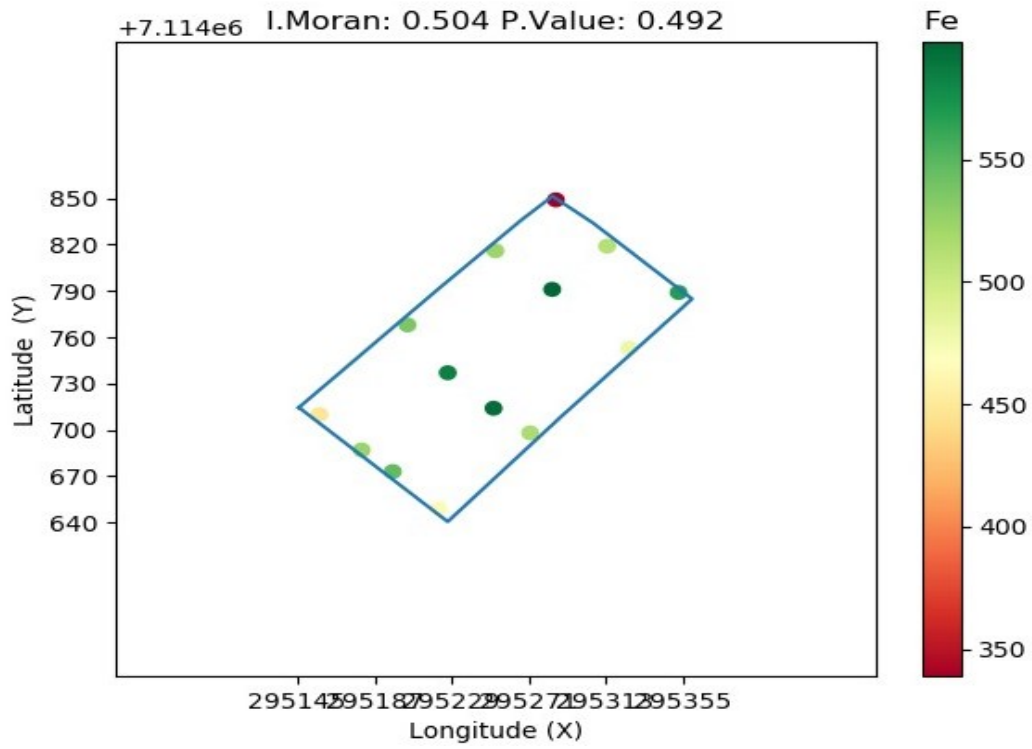
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 23: Mapa de concentração de cobre nos pontos de coleta.



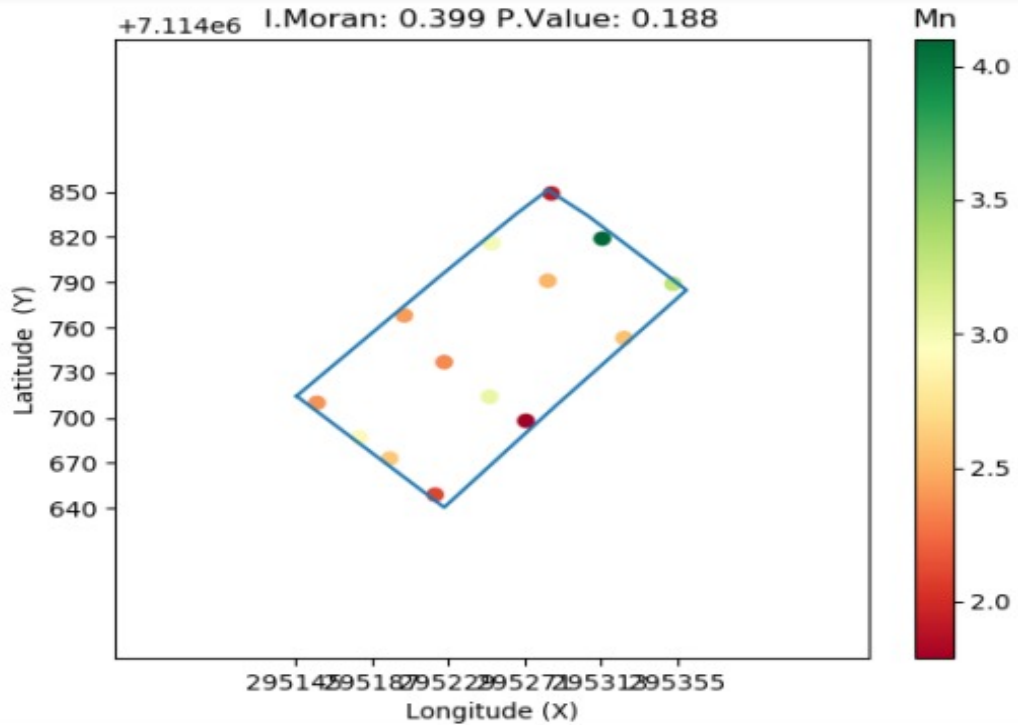
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 24: Mapa de concentração de ferro nos pontos de coleta.



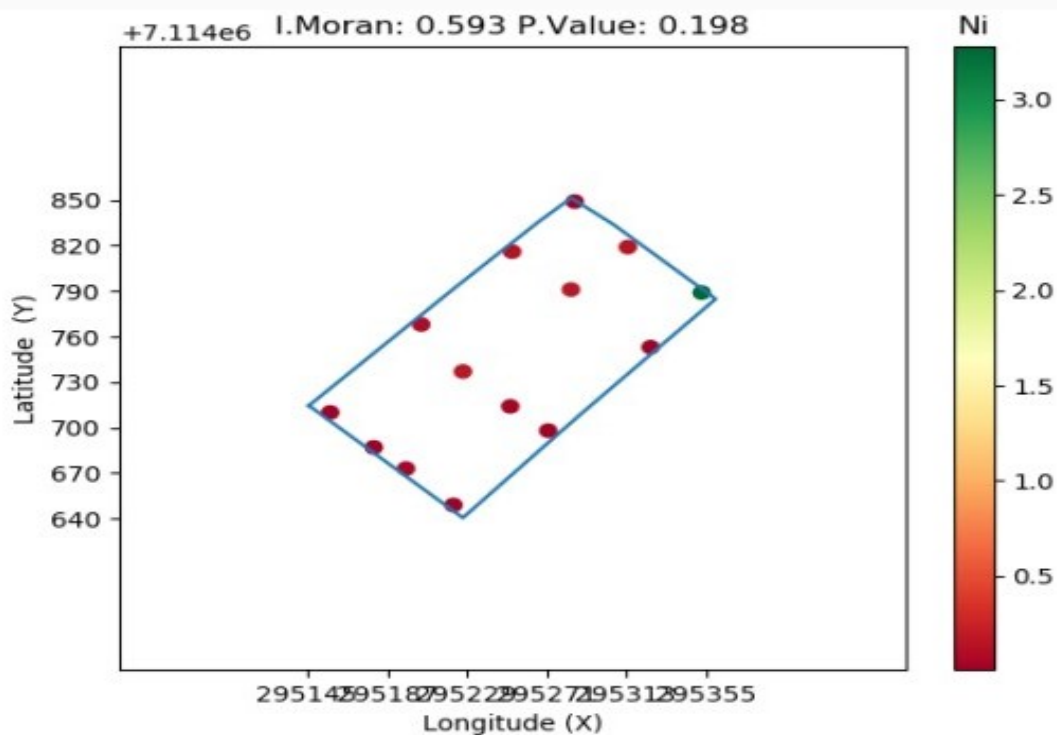
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 25: Mapa de concentração de manganês nos pontos de coleta.



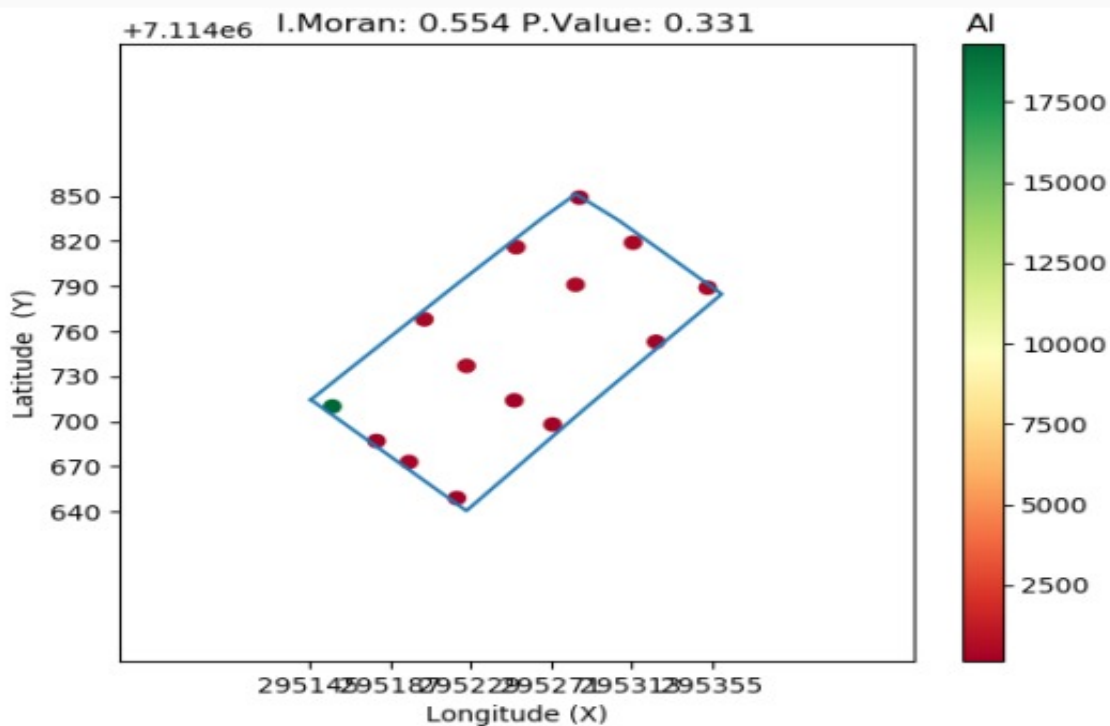
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 26: Mapa de concentração de níquel nos pontos de coleta.



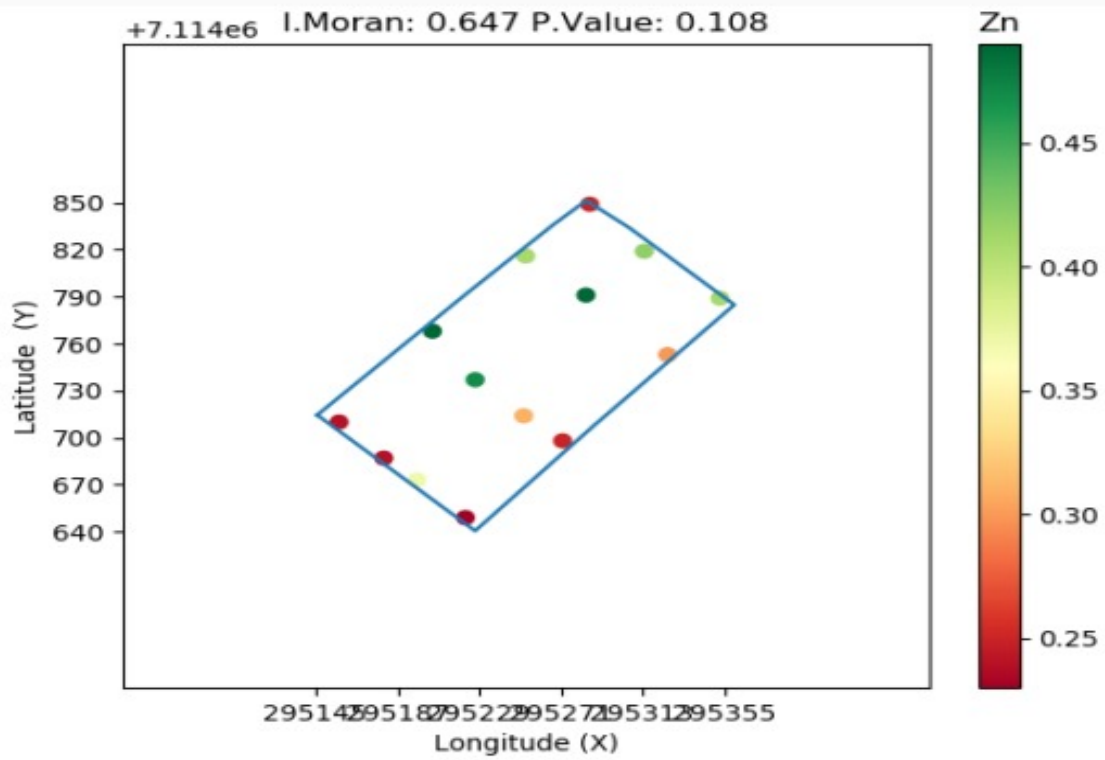
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 27: Mapa de concentração de alumínio nos pontos de coleta.



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 28: Mapa de concentração de zinco nos pontos de coleta.



Fonte: Autoria própria (2021)