

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente



**Diagnóstico do meio físico em área de cemitério horizontal para enquadramento nos
parâmetros da Resolução do CONAMA nº 335/03.**

Marcelo Mauri da Cunha

Araquari-SC
2021

Marcelo Mauri da Cunha

Diagnóstico do meio físico em área de cemitério horizontal para enquadramento nos parâmetros da Resolução do CONAMA nº 335/03.

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais).

Orientador: Patrícia Devantier Neuenfeldt

Coorientador(es): Eduardo Augusto Werneck Ribeiro e Jéssica de Aguiar Rolim.

Araquari-SC

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

CC972d Cunha, Marcelo Mauri da
Diagnóstico do meio físico em área de cemitério horizontal para enquadramento nos parâmetros da Resolução do CONAMA nº 335/03 / Marcelo Mauri da Cunha; orientadora Patrícia Devantier Neuenfeldt; coorientador Eduardo Augusto Werneck Ribeiro. -- Araquari, 2021.
99 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal Catarinense, campus Araquari, Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente, Araquari, 2021.

Inclui referências.

1. Cemitério. 2. poluição. 3. águas subterrâneas. 4. necrochorume. 5. poços de monitoramento. I. Neuenfeldt, Patrícia Devantier, II. Ribeiro, Eduardo Augusto Werneck. III. Instituto Federal Catarinense. Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente. IV. Título.

Marcelo Mauri da Cunha

Diagnóstico do meio físico em área de cemitério horizontal para enquadramento nos parâmetros da Resolução do CONAMA nº 335/03.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense.

Data da Defesa: 14/12/2021

Banca examinadora:

Prof^a. Dra. Patrícia Devantier Neuenfeldt

Doutora em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Instituição de vínculo IFC *campus* São Francisco do Sul

Prof^a. Dra. Suellen Cadorin Fernandes

Pós-Doutora em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Instituição de vínculo IFC *campus* Araquari

Prof. Dr. Marcelo Buzaglo Dantas

Pós-Doutor em Direitos Difusos e Coletivos pela Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Instituição de vínculo UNIVALI



Emitido em 14/12/2021

DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 007/2021 - CCPGTA (11.01.02.31)
(Nº do Documento: 6)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 26/01/2022 14:27)

PATRICIA DEVANTIER NEUENFELDT

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

CPESIN/SFS (11.01.08.01.03.06)

Matricula: 1128953

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **6**
, ano: **2021**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **26/01**
/2022 e o código de verificação: **3d5fc091e1**

**Pai, é com muita saudade,
que te dedico este trabalho e todos os frutos que dele colherei.**

Agradecimentos

Agradeço ao Senhor Bom Jesus de Araquari.

Aos amores da minha vida, maiores incentivadores e razão de todo meu esforço, minha esposa Neliene Nadir de Borba da Cunha e meu filho Heitor Marcelo de Borba da Cunha.

A minha mãe e ao meu pai (*in memoriam*), orientadores do bem e construtores dos meus valores morais;

Aos meus Orientadores, Professora Patrícia Devantier Neuenfeldt pelas importantes orientações, palavras de incentivo e disponibilidade e, ao Professor Eduardo Augusto Werneck Ribeiro por acreditar na possibilidade de um trabalho que pudesse contribuir para uma sociedade mais sustentável.

A geóloga Jéssica de Aguiar Rolim pela parceria e colaboração.

A todos os sócios do Grupo Babitonga Engenharia.

Ao engenheiro e amigo José Carlos Vieira.

A empresa Geoforma Engenharia na pessoa do Professor Edson Fajardo Nunes da Silva.

Ao presidente da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Araquari – FUNDEMA, Adriano Correa Portugal.

Aos meus amigos agrimensores, Luiz Pacheco de Souza e Maurício Nienchotter.

Ao meu estimado amigo Eng. Cleber de Souza e a toda equipe da Engencon Engenharia.

Ao Senhor Irranir Antônio Carvalho, servidor público do município de Araquari-SC.

“É triste pensar que a natureza fala e que o gênero humano não a ouve”

Victor Hugo

Resumo

CUNHA, Marcelo Mauri da. **Diagnóstico do meio físico em cemitérios horizontal para enquadramento na Resolução do CONAMA nº 335/2003**. 2021. 99f. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2021.

Os cemitérios são atividades potencialmente causadoras de impactos ambientais. Sua instalação em ambiente com meio físico adequado é fator determinante para evitar impactos, principalmente com relação a deterioração da qualidade da água subterrânea. Nesse sentido, a Resolução do CONAMA nº 335/03 estabelece alguns critérios técnicos voltados a geologia e hidrogeologia que devem ser respeitados no projeto e execução desses espaços. Os maiores impactos decorrentes dos cemitérios são provocados pela contaminação de ambientes pelo líquido oriundo da decomposição dos cadáveres, denominado de necrochorume e que possui alto potencial de contaminação. Desta forma com objetivo de estudar o meio físico da área onde está instalado o cemitério municipal de Araquari-SC, principalmente com relação ao coeficiente de permeabilidade do solo, índice de infiltração e nível freático, foram realizadas perfurações para coleta de material e instalações de poços de monitoramento viabilizando a determinação do nível freático e a coleta de amostras de água subterrânea. Com relação as amostras de água, foram analisados os parâmetros presentes na Resolução CONSEMA nº 119/2017: pH; Condutividade; Cor Aparente; Turbidez; NTU; Sólidos Totais; Cloreto; Fosfato; Sulfato; Nitrato; Nitrito; Nitrogênio Amoniacal; Nitrogênio *Kjeldhal* Total; Bactérias Heterotróficas; Coliformes Totais; *Escherichia coli*; *Clostridium perfringens*. Os resultados do ensaio de permeabilidade e textura indicaram que o solo não é adequado para a instalação de cemitérios por apresentarem resultados em desconformidade com as normas reguladoras. A distância mínima entre o fundo das sepulturas e o nível freático está em desconformidade com o indicado pelas normas vigentes. As análises das amostras de água apresentaram resultados em desconformidade com os limites estabelecidos por norma na ordem de 50 a 68,75% para os poços P-01, P-02, P-03 e Branco-1 com maiores alterações para os parâmetros biológicos. Cenário distinto foi verificado no poço situado a montante da área de estudo, denominado Branco-02, onde os parâmetros estão 68,75% abaixo dos limites estabelecidos. Os resultados levaram-nos a concluir que o meio físico da área objeto de estudo é inadequado para a instalação de cemitérios e por consequência há contaminação de água subterrânea por necrochorume. Diante da ausência de programas públicos voltados a informar os gestores de cemitérios sobre a importância de regularizar esses espaços, o presente trabalho oferece como produto final um Manual Digital de Regularização Ambiental de Cemitérios com finalidade de fornecer informações de forma objetiva e em linguagem acessível de como regularizar esta atividade potencialmente poluidora.

Palavras-chave: Poços de monitoramento; nível freático; necrochorume; coeficiente de permeabilidade.

Abstract

CUNHA, Marcelo Mauri da. **Diagnosis of the physical environment in horizontal cemeteries for compliance with CONAMA Resolution No. 335/2003**. 2021. 99p. Dissertation (Master degree in Science) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2017.

Cemeteries are activities that potentially cause environmental impacts. Its installation in an environment with adequate physical environment is a determining factor to avoid impacts, especially with regard to the deterioration of the quality of groundwater. In this sense, CONAMA Resolution No. 335/03 establishes some technical criteria aimed at geology and hydrogeology that must be respected in the design and execution of these spaces. The greatest impacts arising from cemeteries are caused by the contamination of environments by the liquid from the decomposition of corpses, called necroslurry and which has a high potential for contamination. Thus, with the objective of studying the physical environment of the area where the municipal cemetery of Araquari-SC is installed, mainly in relation to the soil permeability coefficient, infiltration index and water table, perforations were carried out to collect material and installations for monitoring wells enabling the determination of the water table and the collection of groundwater samples. Regarding the water samples, the parameters present in CONSEMA Resolution nº 119/2017 were analyzed: pH; Conductivity; Apparent Color; Turbidity; NTU; Total solids; Chloride; Phosphate; Sulfate; Nitrate; Nitrite; Ammoniacal Nitrogen; Total Kjeldhal Nitrogen; Heterotrophic Bacteria; Total Coliforms; *Escherichia coli*; *Clostridium perfringens*. The results of the permeability and texture test indicated that the soil is not suitable for the installation of cemeteries because they present results that do not comply with regulatory standards. The minimum distance between the bottom of the graves and the water table does not comply with what is indicated by current regulations. The analysis of the water samples showed results in non-compliance with the limits established by standard in the order of 50 to 68.75% for wells P-01, P-02, P-03 and Branco-1 with greater changes for the biological parameters. A different scenario was verified in the well located upstream of the study area, called Branco-02, where the parameters are 68.75% below the established limits. The results led us to conclude that the physical environment of the studied area is inadequate for the installation of cemeteries and, consequently, there is groundwater contamination by necroslurry. Given the absence of public programs aimed at informing cemetery managers about the importance of regularizing these spaces, this work offers as a final product a Digital Manual for Environmental Regularization of Cemeteries in order to provide information objectively and in accessible language on how regularize this potentially polluting activity.

Keywords: Monitoring wells; water table; necroslurry; permeability coefficient.

Lista de Figuras

Figura 01	Estágios da decomposição.....	04
Figura 02	Formas de ocorrência da água subterrânea.....	09
Figura 03	Coleta de solo do fundo da sepultura.....	18
Figura 04	Coleta de solo amostra indeformada.....	18
Figura 05	Curva dos coeficientes de infiltração.....	19
Figura 06	Perfil construtivo esquemático dos poços de monitoramento.....	21
Figura 07	Localização da área de estudo em detalhe da carta do IBGE de Araquari.	26
Figura 08	Cemitério Horizontal.....	27
Figura 09	Cemitério Horizontal.....	27
Figura 10	Capela Mortuária.....	27
Figura 11	Cemitério Vertical.....	27
Figura 12	Mapa complexo funerário do Município de Araquari-SC.....	28
Figura 13	Acúmulo de água das chuvas.....	29
Figura 14	Sepulturas danificadas no nível do solo.....	29
Figura 15	Tumulação.....	29
Figura 16	Construção tumular vertical (lóculos).....	29
Figura 17	Precipitação média sazonal e regional para Santa Catarina.....	31
Figura 18	Mapa de localização dos poços de monitoramento.....	33
Figura 19	Levantamento topográfico e tabela de coordenadas.....	34
Figura 20	Ensaio de infiltração.....	37
Figura 21	Ensaio de infiltração.....	37
Figura 22	Medição do nível freático.....	39
Figura 23	Medição do nível freático.....	39
Figura 24	Esquema Poço-01.....	40
Figura 25	Esquema Poço-02.....	40
Figura 26	Esquema Poço-03.....	40
Figura 27	Esquema Poço Branco-01.....	40
Figura 28	Esquema Poço Branco-02.....	40

Figura 29	Esquema Poço modelo.....	40
Figura 30	Mapa potenciométrico.....	43

Lista de Tabelas

Tabela 01	Propriedades da cadaverina e putrescina.....	05
Tabela 02	Valores típicos do coeficiente de permeabilidade.....	35
Tabela 03	Absorção relativa do solo.....	38
Tabela 04	Parâmetros para investigação/monitoramento de água subterrânea.....	44
Tabela 05	Comparativo de valores obtidos nas análises de todas as amostras com os limites máximos permitidos pelas normas vigentes.....	45
Tabela 06	Classificação da água quanto aos valores de condutividade elétrica.....	47
Tabela 07	Resultados das análises para os parâmetros microbiológicos.....	53

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE	1
1.1	Cemitérios	1
1.1.1	Necrochorume: produção e composição	2
1.2	Meio Físico	6
1.2.1	Solo	6
1.2.2	Coefficiente de Permeabilidade	7
1.2.3	Águas Subterrâneas	8
1.3	Monitoramento da qualidade da água subterrânea em área de cemitérios	10
1.4	Resolução do CONAMA nº 335/03	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos	13
3	Introdução	14
4	Metodologia	17
4.1	Características da Área de Estudo	17
4.2	Etapa de Campo	17
4.2.1	Coefficiente de Permeabilidade	17
4.2.2	Ensaio de Infiltração	18
4.2.3	Textura do Solo	19
4.2.4	Nível do aquífero freático	20
4.2.5	Levantamento Topográfico	20
4.2.6	Poços de monitoramento	21
4.2.7	Mapa Potenciométrico	23
4.2.8	Localização dos Poços de Monitoramento	23
4.2.9	Qualidade da Água Subterrânea	24
5	Resultados e Discussões	26
5.1	Localização	26
5.2	Pedologia, geologia e hidrogeologia	30

5.3	Clima	30
5.4	Granulometria do solo	31
5.5	Levantamento topográfico	34
5.6	Permeabilidade	35
5.7	Coeficiente de infiltração	37
5.8	Nível freático	39
5.9	Mapa Potenciométrico	41
5.10	Análises da água subterrânea	44
MS-RESOLUÇÃO-RDC Nº 275/2005		45
5.10.1	Condutividade	47
5.10.2	Potencial hidrogeniônico (pH)	48
5.10.3	Cor Aparente	48
5.10.4	Turbidez.....	48
5.10.5	Sólidos totais	48
5.10.6	Cloretos	49
5.10.7	Fosfato.....	49
5.10.8	Nitrito e Nitrato.....	50
5.10.9	Sulfato	51
5.10.10	Nitrogênio amoniacal.....	51
5.10.11	Bactérias heterotróficas, Coliformes totais, <i>Escherichia Coli</i> e <i>Clostridium perfringes</i>	52
6	CONCLUSÃO	55
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
8	REFERÊNCIAS.....	59
9	APÊNDICES E ANEXOS	65

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

1.1 Cemitérios

A palavra cemitério, derivada do grego *kimitíron*, “dormitório”, pelo latim *coemeteriu*, significava o lugar onde se dorme, quarto, dormitório. Esse significado é explicado pela mitologia grega, segundo o qual dormir (perder o conhecimento ou a consciência) é algo decidido por *Hipno*, deus grego do sono, o qual não tem o poder de despertar. *Hipno*, segundo os gregos, era irmão gêmeo de *Thanatos*, o deus da morte (PACHECO, 2012).

A prática de sepultar cadáveres é algo que acontece desde a Idade Média, a qual significa uma aproximação entre os cadáveres. Visto que era um período de inúmeras epidemias, muitos vitimados por doenças contagiosas eram enterrados em locais abertos e de maneira imprópria, o que acabou ocasionando a disseminação de agentes patogênicos. Por razões de saúde pública, foram implantados os cemitérios, sendo, então, proibido o sepultamento em locais impróprios, como terras de famílias ou igrejas (BIANCHINI et al, 2014). Como a maior parte dos costumes, com o passar do tempo, o ato de enterrar se tornou um tabu, e foi inserido nas regras religiosas dos povos (FELICIONI; ANDRADE; BORTOLOZZO, 2007).

Os cemitérios podem ser considerados monumentos à memória daqueles que morreram, que os vivos fazem questão de perpetuar. Nesta esteira, este tipo de construção adquiriu a condição de inviolabilidade no que tange à pesquisa científica nos seus diferentes aspectos (MATOS, 2001).

Os tipos de cemitérios, bem como suas definições estão presentes na Resolução do CONAMA nº 335/03, art. 2º, inciso I:

- I - Cemitério: área destinada a sepultamentos;
- a) cemitério horizontal: é aquele localizado em área descoberta compreendendo os tradicionais e o do tipo parque ou jardim;
- b) cemitério parque ou jardim: é aquele predominantemente recoberto por jardins, isento de construções tumulares, e no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, ao nível do chão, e de pequenas dimensões;

- c) cemitério vertical: é um edifício de um ou mais pavimentos dotados de compartimentos destinados a sepultamentos; e
- d) cemitérios de animais: cemitérios destinados a sepultamentos de animais.

Sendo os cemitérios repositórios de cadáveres, laboratórios de decomposição de matéria orgânica, eles apresentam sérios riscos e devem ser controlados por meio de projetos adequados de implantação e operação. Só assim será possível garantir a decomposição normal de corpos, evitar sua conservação (saponificação e mumificação) e a consequente contaminação do meio ambiente (PACHECO, 2012).

Nos cemitérios horizontais os sepultamentos podem ser realizados de duas formas: inumação ou tumulação. Ambas as técnicas tem como base enterrar o cadáver abaixo do nível superficial do solo. A principal diferença consiste que na primeira técnica não há construção tumular, sendo disposto o corpo diretamente no solo, no segundo caso há construções de alvenaria ou concreto na forma de caixas retangulares, em tase seladas, de forma a isolar os odores oriundos da decomposição dos corpos.

Especificamente quanto aos cemitérios horizontais, Bianchini et. al. (2014) afirma que essa tipologia apresenta algumas desvantagens, tais como a possível contaminação das águas subterrâneas e superficiais, a ocupação de grandes áreas, devido à preocupação estética há um alto custo na sua construção e manutenção, interferência direta na estética urbana ou do local onde se encontra, e possível proliferação de insetos e animais que podem transmitir doenças, como mosquitos, escorpiões e baratas.

1.1.1 Necrochorume: produção e composição

A morte de um indivíduo é um processo que tem início com graduais e irreversíveis modificações no corpo. Essas alterações dependem de fatores intrínsecos, próprios da constituição anatômica e possíveis comorbidades existentes em vida, e de fatores extrínsecos, próprios do ambiente em que o cadáver permaneceu.

O tempo de decomposição de cadáveres é relacionado a temperatura ambiente, causa *mortis* e as condições de acondicionamento do cadáver. Dentre as várias divisões do processo de decomposição, uma das mais conhecidas é a de Bornemissza (1957), que observou cinco fases: decomposição inicial (0-2 dias), putrefação (2-12 dias), putrefação escura (12-20 dias), fermentação (20-40 dias) e seca (40 a 50 dias).

A decomposição apresenta diferentes estágios com características específicas, sendo eles: fresco, inchaço, decomposição ativa, putrefação e esqueletização (MÉGNIN, 1894, *apud* MARTINS, 2009):

- o estágio fresco tem início no momento da morte, através das atividades de bactérias no interior do corpo (Figura 1A);

- o inchaço ocorre a partir da produção de gases por bactérias intestinais que inflam o corpo, há um aumento na temperatura corporal devido à atividade de larvas que se alimentam de tecidos moles.

- a decomposição ativa inicia-se através do rompimento do tecido externo devido à ação das larvas, permitindo a saída dos gases e conseqüentemente o esvaziamento do corpo (Figura 1C);

- a putrefação caracteriza-se por uma redução da atividade dos insetos, devido ao fato de que a maior parte da biomassa já foi consumida e a carcaça fica reduzida à pele e cartilagem (Figura 1D);

- a esqueletização ocorre o ressecamento total da carcaça, restando apenas pelos e ossos (Figura 1E).



Figura 01 – Estágios da decomposição
Fonte: Guedes e Prezoto, (2019).

Sob certas condições ambientais, podem ocorrer fenômenos conservativos como a mumificação e saponificação.

A saponificação é o processo que transforma o cadáver em substância untosa, mole ou quebradiça, motivado pelo contato em terrenos alagadiços que impedem os fenômenos de oxidação. As causas podem residir no excesso de umidade proveniente da infiltração de águas de chuva e ou nível freático muito alto. As mumificações naturais ou espontâneas aparecem em condições de clima quente, com temperatura invariável. As temperaturas elevadas e os terrenos arenosos de regiões desérticas são

propícios a mumificação. Segundo alguns pesquisadores os solos ricos em nitrato de potássio, também são propícios a mumificação, devido a ação antisséptica desse sal (FINEZA, 2008).

No estágio da decomposição há geração do necrochorume, com carga poluidora elevada, consiste no aspecto ambiental com maior potencial de degradação da qualidade ambiental resultante da atividade cemiterial.

De acordo com Fineza (2008), a toxicidade química do necrochorume diluído na água freática relaciona-se, principalmente, a teores anômalos de compostos das cadeias do fosforo e do nitrogênio, metais pesados e aminas, dentre as quais destacam-se duas diaminas muito tóxicas: a putrescina (1,4 Butanodiamina) e a cadaverina (1,5-Pentanodiamina), que são tóxicas, cujas propriedades pode ser vistas na Tabela 01.

Tabela 01 – Propriedades da cadaverina e putrescina

Propriedade	Cadaverina	Putrescina
Massa molecular	102,18 g/mol	88,15 g/mol
Densidade	0,873 g/cm ³	0,877 g/cm ³
Ponto de fusão	26° - 28°C	27° - 28°C
Ponto de ebulição	178° - 180°C	158° - 160°C
N ^{2°D} índice de refração	1,4852	4,4569
Solubilidade em água (23°-28°)	Elevada	Elevada
Toxicidade	Elevada	Elevada
Coloração	Pardacenta	Pardacenta
Odor	Corrosivo	Corrosivo

Fonte: Silva (1988) *apud* Fineza (2008)

Encontra-se no necrochorume números elevados de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas. Encontram-se também *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* e a *Streptococcus faecalis*, e microrganismos patogênicos como *Clostridium perfringes*, *Clostridium welchii* – estes causam tétano, gangrena gasosa e toxi-infecção alimentar; *Salmonella typhi* que causa a febre tifóide e *S. paratyphi* a febre paratifóide, *Shigella* causadora da desintéria bacilar e o vírus da hepatite A (SILVA, 2008).

Mais recentemente a sociedade moderna foi alvo da pandemia do novo coronavírus, causador da COVID-19, que apenas no Brasil causou até 01 de novembro do corrente, mais de 607 mil mortes (BRASIL, 2021).

Não se tem certeza de quanto tempo o coronavírus permanece no cadáver após ser sepultado. O vírus necessita de um hospedeiro, ficando incubado por até duas semanas no organismo humano e permanecendo no cadáver por dias de forma ativa, o que repercute em potencial transmissão aos familiares e principalmente aos profissionais de saúde e agentes dos serviços funerários. Entendendo que os compostos orgânicos liberados no processo de decomposição dos cadáveres são degradáveis e causam um aumento da atividade de microrganismos no solo sob a área de sepultamentos, nota-se nesse processo agravamento do processo de contaminação e proliferação do vírus no ambiente das necrópoles (AZARIAS, 2021).

1.2 Meio Físico

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 01/86 o meio físico é composto pelo “subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas” (BRASIL, 86).

1.2.1 Solo

Solo pode ser definido como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficiais das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por intervenções antrópicas (EMBRAPA, 2006).

De acordo com Guerra (2010), “a principal característica dos solos é a organização de seus constituintes e propriedades em camadas que são relacionados à superfície atual e que varia verticalmente com a profundidade”.

Na formação do solo, o fator material de origem influencia em diversos atributos e pode ser dividido em dois grandes grupos: as rochas e os sedimentos. As principais características das rochas que influenciam nos atributos do solo são: composição química e mineralogia, cor e textura (BRADY e WEIL, 2013 apud TULLIO, 2019).

O solo tem a capacidade de receber e reter água, enriquecendo-a (ou contaminando-a) com algumas substâncias e armazenando-a por um tempo determinado. De acordo com o conteúdo e a natureza da retenção de água, reconhecem-se três estados de umidade do solo: a) saturado; b) úmido; c) seco. No solo saturado, todos os poros estão preenchidos com água e o ar é praticamente ausente. Em condições naturais, na condição saturada, o líquido contido nos poros maiores drena para baixo, ou lateralmente, indo molhar partes mais profundas até juntar-se ao lençol d’água subterrâneo (LEPSCH, 2010).

No caso de áreas ocupadas por cemitérios, ocorre a contaminação do subsolo se houver condições de vulnerabilidade no meio físico. Esta suscetibilidade é decorrência das características geológico-geotécnica e hidrogeológicas (SILVA, 1995).

Os solos das áreas destinadas a instalação de cemitérios deve possuir uma porcentagem ideal de argila na faixa de 20 a 40%, para que os processos de decomposição aeróbica e as condições de drenagem do necrochorume sejam favorecidos (SILVA, 1995).

1.2.2 Coeficiente de Permeabilidade

Segundo Almeida e Schalch (2008), a permeabilidade do solo é um atributo físico de grande importância para a engenharia, sendo necessária a sua determinação nos trabalhos em que se tem movimento de água no solo. Vários são os atributos

físicos do solo que influenciam nos valores do seu coeficiente de permeabilidade, sendo considerados de maior importância a densidade e a porosidade.

O coeficiente de permeabilidade k , definido como sendo a velocidade média aparente de escoamento da água através da área total (sólidos + vazios) da seção transversal do solo, sob um gradiente hidráulico unitário. O coeficiente varia para os diferentes tipos de solo, depende essencialmente da temperatura e índice de vazios. A determinação de k pode ser feita: por meio de fórmulas que o relacionam com a granulometria, no laboratório utilizando-se Permeômetros e *in loco* pelo chamado ensaio de bombeamento ou pelo ensaio de tubo aberto (CAPUTO, 2012).

A Resolução do CONAMA nº 335 de 3 de abril de 2003 alterada pela resolução CONAMA nº 420/2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais especifica que o subsolo da área pretendida para implantação de cemitérios deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm.s^{-1} , que caracteriza solos de baixa permeabilidade. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático.

1.2.3 Águas Subterrâneas

A água subterrânea pode ser definida como toda a água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagoas e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada (TORRES, 2012). As formas de ocorrência da água subterrânea pode ser observada na ilustração abaixo (Figura 02).

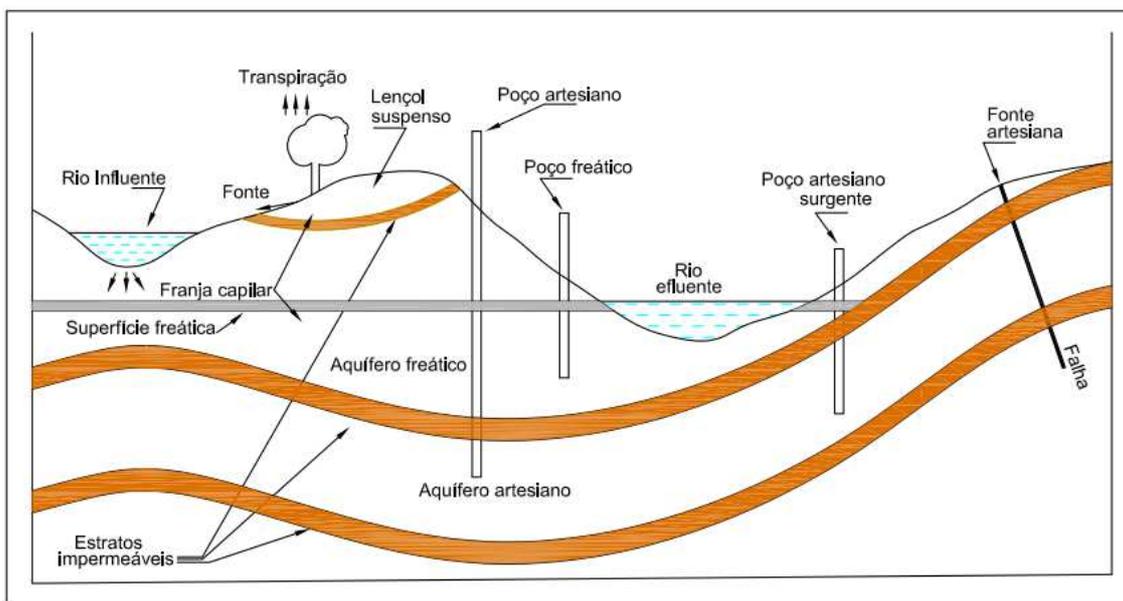


Figura 02 – Formas de ocorrência da água subterrânea
 Fonte: Adaptado de Torres (2012).

Os aquíferos podem ser classificados em confinados ou livres dependendo da presença de ou ausência de um lençol freático. Um lençol também conhecido como uma superfície freática, é a superfície superior da zona de saturação que está em contato direto com a pressão do ar atmosférico, através dos espaços vazios do material geológico acima. Ao longo da superfície, a pressão é considerada como sendo atmosférica. A profundidade até essa água pode ser inferior a 10 metros em regiões úmidas e até mais de 100 metros em climas secos (CLEARY, 2007).

Com o grande comprometimento da qualidade das águas superficiais, o uso das águas subterrâneas, para abastecimento público, tornou-se uma opção assustadoramente crescente. Até a década de 1970, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação, pelas camadas de solo e de rochas. Entretanto, a partir de então, foram detectados traços da presença de contaminantes em águas subterrâneas, e diversos estudos foram sendo conduzidos no sentido de se avaliar sua seguridade (BIGUELINI e GUMY, 2012).

1.3 Monitoramento da qualidade da água subterrânea em área de cemitérios

A água subterrânea é um recurso preciso, limitado e vulnerável a intervenção humana no ambiente. Os principais problemas associados aos sistemas de água subterrânea são a poluição e superexploração (CPRM, 2008).

Os cemitérios, como qualquer outra instalação que afete as condições naturais do solo e das águas subterrâneas, são classificados como atividade com risco de contaminação ambiental (KEMERICH, 2012 *apud* BIANCHINI, 2014).

A população que reside em áreas próximas a cemitérios fica vulnerável a doenças transmitidas pelo consumo de água captada em poços, pois ficam sujeitos a contaminação por microrganismos que se proliferam durante o processo de decomposição dos corpos. Por isso, faz-se necessária a adoção de medidas de controle técnico, como análises de água que estão nos poços domésticos e a construção de poços de monitoramento e amostragem de aquífero freático conforme as normas vigentes (SILVA, 2017).

A Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina (CONSEMA) nº 119/17 que “define critérios para regularização e licenciamento ambiental de cemitério” em Santa Catarina, pontua algumas condições específicas para os casos de cemitérios implantados até abril de 2003 e com atividade de sepultamento em operação, situação em que se enquadra o cemitérios objeto da pesquisa:

Art. 6º O licenciamento de cemitérios implantados até abril de 2003 e com atividade de sepultamento em operação serão licenciados em fase única devendo apresentar, os seguintes documentos para regularização:

(...)

III – Plano de Recuperação de Áreas Contaminadas, contendo a delimitação da extensão da área contaminada, o programa de monitoramento, as medidas de controle e adequação do local, para os casos onde os resultados da investigação confirmatória indicarem substâncias de origem antrópica em concentrações acima dos valores de investigação;

IV – Plano de Monitoramento, para os casos onde os resultados da investigação confirmatória não indicarem substâncias de origem antrópica em concentrações acima dos valores de investigação;

V – O número e a localização dos pontos de amostragem, a frequência de amostragem e os **parâmetros mínimos de análise, seguem as orientações especificadas nos parágrafos §1º, §2º e §3º do artigo 5º (grifo nosso).**

Os parâmetros para investigação ou monitoramento de águas subterrâneas que se refere o inciso V acima são: pH; Condutividade; Cor Aparente; Turbidez; NTU; Sólidos Totais; Cloreto; Fosfato; Sulfato; Nitrato; Nitrito; Nitrogênio Amoniacal; Nitrogênio Kjeldhal Total; Bactérias Heterotróficas; Coliformes Totais; *Escherichia coli*; *Clostridium perfringens*.

1.4 Resolução do CONAMA nº 335/03

A 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 sofreu alterações por meio das Resoluções nº 368/06 (alterados os arts. 3º e 5º, revogado o inciso III, do § 3º, do art. 3º) e Resolução nº 402/08 (alterados os arts. 11 e 12).

Referida norma foi precursora tocante a regulamentação das atividades de instalação e operação de cemitérios. Em seu Art. 5º há uma lista de exigências para que os cemitérios horizontais possam ser instalados, inclusive com relação ao meio físico adequado para essa tipologia de atividade, dentro os quais destacamos:

- I. O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias (Resolução nº 368/06);
- II. Adotar-se-ão técnicas e práticas que permitam a troca gasosa, proporcionando, assim, as condições adequadas à decomposição dos corpos, exceto nos casos específicos previstos na legislação;
- III. A área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de cinco metros em relação ao perímetro do cemitério, recuo que deverá ser ampliado, caso necessário, em função da caracterização hidrogeológica da área;

- IV. O perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra; (inciso acrescentado pela Resolução nº 368/06) e;
- V. O subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático. (Inciso acrescentado pela Resolução nº 368/06).

Pela Resolução CONAMA nº 368/06, aos órgãos ambientais foi delegada a responsabilidade pelo licenciamento ambiental dos novos cemitérios e dos já existentes.

A Resolução CONAMA nº 237/97 em seu art. 1º traz o conceito de licenciamento ambiental:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Com base nos ensinamento de Bim (2019), temos que o processo de licenciamento ambiental é aquele no qual o órgão ambiental opta por permitir, com ou sem condicionantes, ou negar certa atividade ou empreendimento com no mínimo, algum risco ao meio ambiente. A decisão ambiental é uma decisão estatal que pondera os interesses em jogo, no caso, o direito ao desenvolvimento e ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo geral do presente trabalho é aferir os parâmetros físicos do cemitério municipal de Araquari e verificar se estão em conformidade com os parâmetros listados no art. 5º da Resolução CONAMA nº 335/03.

2.2 Específicos

- 1) Realizar levantamento topográfico do cemitério;
- 2) Determinar o nível do aquífero freático (lençol freático) ao final da estação das cheias;
- 3) Determinar o coeficiente de infiltração do solo;
- 4) Determinar o coeficiente de permeabilidade do solo;
- 5) Determinar a classificação textural do solo;
- 6) Elaborar mapa potenciométrico;
- 7) Instalar poços de monitoramento;
- 8) Avaliar a qualidade da água subterrânea com base na análise dos parâmetros: pH; Condutividade; Cor Aparente; Turbidez; NTU; Sólidos Totais; Cloreto; Fosfato; Sulfato; Nitrato; Nitrito; Nitrogênio Amoniacal; Nitrogênio Kjeldhal Total; Bactérias Heterotróficas; Coliformes Totais; *Escherichia coli*; *Clostridium perfringens*;
- 9) Analisar os resultados das análises da água subterrânea;
- 10) Apontar as inconformidades relacionadas ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 335/03 e suas alterações e propor recomendações para adequação da atividade, e;
- 11) Elaborar um manual digital destinado aos gestores públicos/privados de cemitérios e que contenha orientações gerais de ordem técnica ao processo de regularização ambiental desses espaços.

3 INTRODUÇÃO

É quase inimaginável uma comunidade poder viver sem cemitérios. Esses são equipamentos sociais fundamentais para a organização da gestão do lugar e para o harmonioso desenvolvimento do aglomerado urbano. São conjuntos sepulcrais cercados por um muro e ordenados segundo um determinado critério paisagístico, onde tem lugar a inumação e um corpo (PACHECO, 2012).

Os cemitérios que no passado estavam distantes da população, atualmente, acham-se no meio das cidades devido à urbanização acelerada e desordenada, decorrente da especulação imobiliária e falta de gestão política/administrativa (FILHO et al., 2008).

De modo simplista, são grandes depósitos de cadáveres destinados a receber os corpos dos mortos. Esses espaços podem influenciar a contaminação de águas subterrâneas por necrochorume, principalmente quando são insuficientes os estudos sobre a geologia, hidrologia e saneamento antes de sua implantação (SILVA et al., 2018).

Em muitos aspectos pode assemelhar-se um cemitério com um aterro sanitário, pois em ambos os casos são enterrados materiais orgânicos e inorgânicos. Porém há um agravante, o cemitério é um aterro sanitário basicamente com matéria orgânica enterrada, com possibilidade de carregar consigo bactérias, vírus e outros microrganismos que foram, possivelmente, a causa da morte do indivíduo (CARVALHO et al., 2017).

De acordo com Alberto Pacheco, do Centro de Pesquisas das Águas Subterrâneas — CEPEAS, todo cemitério é um risco potencial. Para que este risco seja controlado é preciso projetar adequadamente um cemitério, levando em conta os aspectos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos. Se isto não for feito, aquele risco potencial vai evoluir para um risco efetivo, e teremos, então, os impactos ambientais. E o principal impacto está naquela água subterrânea de menor profundidade, que é o

aqüífero freático, aquele onde a temática ambiental está mais exposta à contaminação por parte dos cemitérios (FELICIONI; ANDRADE; BORTOLOZZO, 2007).

Nesse contexto, vários aspectos devem ser considerados para se projetar e implantar um cemitério. A má conservação/operação ou mesmo, a localização indevida dos túmulos, podem acarretar extravasamento do produto da coliquação e constituir-se em focos de contaminação das águas subterrâneas (LELI et al., 2012).

Pacheco et al. (1991), após monitoramento na área interna de três cemitérios constatam a contaminação bacteriológica do aquífero freático por microrganismos oriundos de corpos em decomposição, destacando-se como o primeiro trabalho no gênero no plano nacional e internacional.

O cemitério Municipal de Vila Nova Cachoeirinha, na Zona Norte de São Paulo, é um exemplo de solo contaminado, falta de higiene e de condições sanitárias adequadas. Localizado ao pé da Serra da Cantareira, a formação geológica deste cemitério possibilita o escape do necrochorume para a superfície e para o lençol freático, prejudicando comunidades vizinhas (FELICIONI; ANDRADE; BORTOLOZZO, 2007).

A ausência de regulamentação específica tocante a instalação e operação desses espaços em nível nacional foi superada apenas em 2003. Os problemas relacionados a estes empreendimentos chamaram atenção do Governo Federal, sendo então criada a Resolução CONAMA nº 335/2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios e que mais tarde foi alterada pelas Resoluções do CONAMA nº 368/2006 e nº 402/2008. Como critérios estabelecidos, entre outros, distância mínima entre o fundo das sepulturas e o nível freático, coeficiente de permeabilidade do solo, e obrigando a destinação ambiental e sanitariamente adequada dos resíduos sólidos em cemitérios (SILVA, 2017).

Cumpridas as normas estabelecidas, o nível de contaminação pode ser reduzido ou evitado, melhorando, assim, a qualidade de vida das pessoas, as condições do meio

ambiente e a paisagem urbana, visto que, geralmente, os cemitérios estão instalados nas cidades (BIANCHINI, 2014).

No entanto, nem todo cemitério contamina o meio ambiente. Quando o solo possui boa capacidade natural de depuração, com alto teor de argila, e o nível do lençol freático tem profundidade acentuada, permite o tempo necessário para que a ação dos microorganismos decomponha o necrochorume em substâncias simples, inofensivas ao homem e benéficas à natureza, antes de atingir o reservatório de água subterrânea. Neste caso, o necrochorume se transforma em adubo orgânico e as bactérias e vírus morrem (FELICIONI; ANDRADE; BORTOLOZZO, 2007).

Diante do cenário apresentado, o presente trabalho buscou analisar o meio físico da área onde está instalado o Cemitério Municipal de Araquari e caracterizá-lo com base nos índices presentes nas normativas vigentes, como próprio ou impróprio e, de forma complementar verificar a influência do cemitério na qualidade da água subterrânea.

4 METODOLOGIA

4.1 Características da Área de Estudo

Para a caracterização da área de estudo, foram utilizados dados secundários obtidos de fontes cartográficas oficiais (IBGE, CPRM e EPAGRI) no que diz respeito ao clima, pedologia, geologia e hidrogeologia, combinados com os dados primários obtidos por meio de levantamento topográfico e demais procedimentos de campo.

4.2 Etapa de Campo

As atividades de campo foram realizadas com base na Instrução Normativa IN nº 52 do Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina - IMA (SANTA CATARINA, 2019). Envolveram o levantamento topográfico, o uso de técnicas de investigação com sondagens a trado manual, ensaio de infiltração, instalação do poços de monitoramento, caracterização *in loco* do solo e a coleta de amostras para análises de textura e coeficiente de permeabilidade, bem como a aferição do nível do aquífero freático e coleta de amostras de água subterrânea para análises físicas, químicas e microbiológicas. Paralelamente, foram realizados registros fotográficos digitais das referidas atividades com uso da máquina digital *Sony*, modelo 20.1 MP DSC-H300.

4.2.1 Coeficiente de Permeabilidade

Foram coletadas três amostras indeformadas com auxílio de cilindros metálicos de 116 cm de altura e 10,4 cm de diâmetro (figura 03). Para transporte até o laboratório os cilindros foram envoltos em papel filme plástico de PVC de modo a evitar perda de umidade e rupturas. As coletas foram realizadas na área de sepultamento em profundidade de 50 cm em relação a superfície de modo a representar as condições do solo no fundo das sepulturas (figura 04), num raio de 3 metros dos poços de monitoramento. As coordenadas geográficas de localização dos

pontos de amostragem foram obtidas com auxílio de GPS da marca Garmin modelo *Etrex 10*.

As amostras foram encaminhadas a empresa Geoforma Engenharia para realização dos ensaios utilizando o método de carga variável, com permeâmetro modelo I-1034, seguindo a metodologia da NBR 14545 – método B.



Figura 03 – Coleta de solo do fundo da sepultura
Fonte: Autor, 2021



Figura 04 – Coleta de solo amostra indeformada
Fonte: Autor, 2021

4.2.2 Ensaio de Infiltração

Três ensaios de infiltração foram realizados num raio de 2 metros dos poços de monitoramento P-01, P-02 e P-03, todos localizados dentro do perímetro da Área Objeto, com nomenclatura de E1, E2 e E3. A metodologia utilizada foi a descrita pela NBR nº 7229/93 (ABNT, 1973), a qual também apresenta faixas de variação de coeficientes de infiltração de acordo com a constituição provável dos solos.

Para cada ensaio de determinação do coeficiente de infiltração foi realizada a abertura de uma cava de seção quadrada de 30 cm de lado, com 30 cm de profundidade, na qual o fundo foi coberto com 5 cm de brita nº 1. Na sequência, as três cavas foram mantidas cheias de água durante quatro horas ou até não haver movimentação do fluxo em 30 minutos, considerado desta forma, o solo como saturado. Após o período de saturação, com as cavas com água até a altura de 15 cm cronometrou-se o período de rebaixamento de 15 cm até 14 cm. Quando o intervalo

de tempo para rebaixamento de 1 cm for menor que 3 minutos, deve-se refazer o ensaio cinco vezes, adotando o tempo da quinta medição. Com os tempos determinados é possível obter os coeficientes de infiltração do solo ($L/m^2.dia$) na curva apresentada na Figura 05.

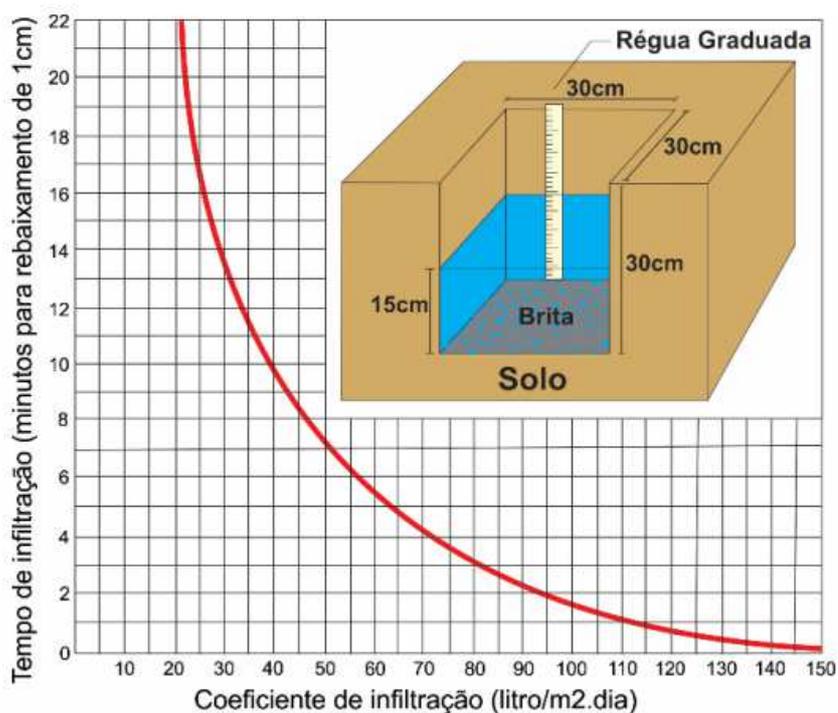


Figura 05 - Curva dos coeficientes de infiltração
Fonte: Adaptado da NBR 7229 (1993)

4.2.3 Textura do Solo

Na pedologia, o termo textura refere-se à proporção relativa das frações areia, silte e argila. A determinação da classe de textura pode ser feita em laboratório ou no campo por ocasião da descrição morfológica do solo (LEPSCH, 2010).

Para determinar a textura do solo foi realizada a coleta de uma amostra de solo em profundidade 50 cm durante a perfuração dos poço de monitoramento, totalizando cinco amostras. As amostras foram acondicionadas e identificadas para o encaminhamento ao laboratório de solos da EPAGRI.

Com base nos percentuais presentes nos laudos, foi realizado a classificação do solo pelo método da trilinear. A referida metodologia tem como base a identificação em função das porcentagens dos seus constituintes principais, utilizando-se um diagrama textural proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

4.2.4 Nível do aquífero freático

Com auxílio do medidor eletrônico de nível freático de 50 metros da marca *Sauber System* foi realizada a aferição do nível freático dos cinco poços de monitoramento. A medição do nível freático dos poços de monitoramento P-01, P-02, P-03 e Branco-01 foi realizada no dia 12 de março. A aferição do nível freático do poço de monitoramento denominado Branco-02 foi realizada no dia 08 de abril, atendendo o que determina a Resolução do CONAMA nº 335/03, art. 3º, inciso I, alínea “c”.

4.2.5 Levantamento Topográfico

O levantamento topográfico foi realizado de acordo com a metodologia relacionada as diretrizes presentes na NBR 13.133 (ABNT, 1994), com auxílio de aparelhos de medição eletrônica tipo GPS RTK GNSS, marca *STONEX S8*, inicialização RTK típica < 10 segundos, precisão RTK cinemático horizontal de 10mm + 1ppm e vertical de 20mm + 1ppm; precisão estática horizontal de 5mm + 0,5ppm e vertical de 10mm + 0,5ppm com precisão de 0,5cm + 1ppm utilizando a portadora L1, utilizando os métodos de levantamento: estático, cinemático e *Stop Go*.

Foi realizado levantamento cadastral georeferenciado dos limites da área útil do Cemitério Municipal de Araquari, o arruamento interno e infraestrutura do entorno. O perfil planialtimétrico do terreno foi elaborado com base nas cotas registradas pelo aparelho e colhidas em campo por meio de seções transversais em toda a área do cemitério destinada aos sepultamentos.

4.2.6 Poços de monitoramento

Para a avaliação da qualidade da água subterrânea foram instalados cinco poços de monitoramento conforme especificações técnicas previstas na NBR 15.495 (ABNT, 2007).

A Figura 06 apresenta um perfil construtivo esquemático de um poço de monitoramento conforme as especificações técnicas presentes na supracitada NBR.

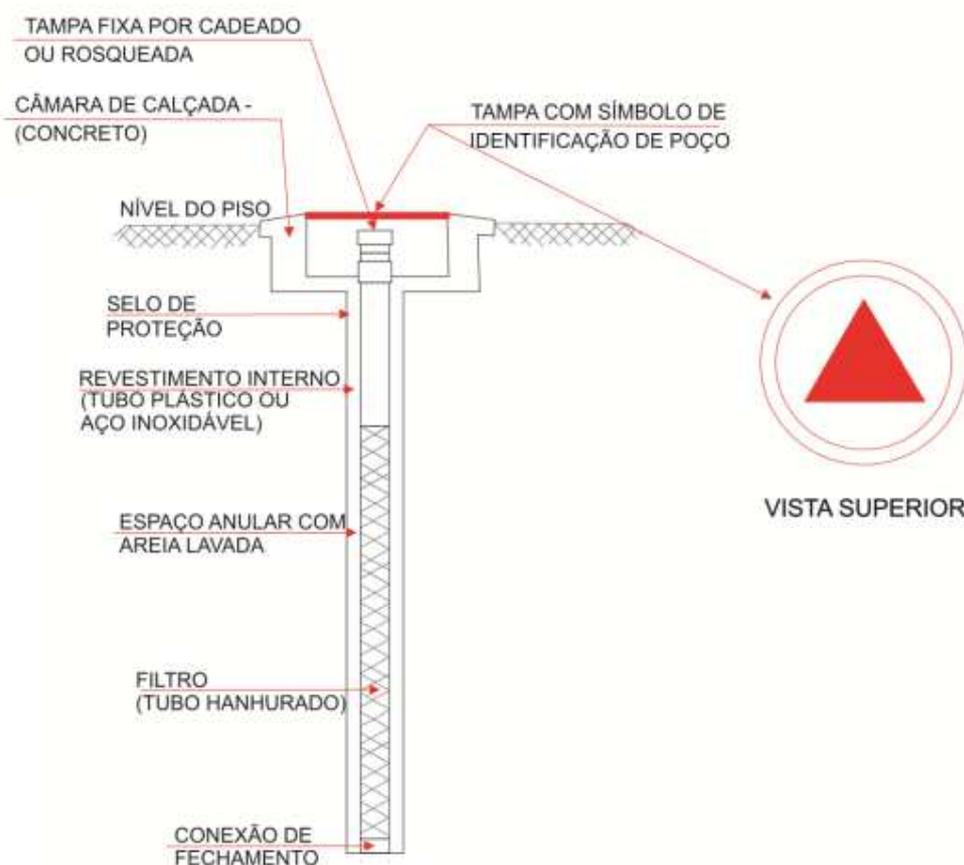


Figura 06 – Perfil construtivo esquemático dos poços de monitoramento

Fonte: Autor, 2021

Para a perfuração foi utilizado trado manual tipo hélice de 10". Os insumos para a efetiva instalação dos poços de monitoramento conforme a NBR 15.495 estão listados abaixo:

a) Revestimento interno: tubo de PVC geomecânico branco liso, com diâmetro de 2" (duas polegadas).

b) Filtro: tubo de PVC geomecânico branco, NERVURA STD 100x2x0,50 mm de abertura, com diâmetro de 2" (duas polegadas)

c) Pré-filtro: areia lavada de composição quartzosa, de granulometria superior a 1 a 3mm.

d) Selo de proteção: Conjunto de materiais selantes (camada de bentonita e camada de cimento)

e) Tampão: tampão superior removível com pressão, de PVC cadeado e o inferior de PVC rosquiável.

f) Câmara de calçada: metálica com identificação do símbolo do poço de monitoramento.

A montagem dos poços ocorreu da seguinte forma:

Filtro – Introduzido do final da sondagem até o revestimento;

Revestimento – Introduzido desde o final do filtro até a superfície do terreno;

Pré filtro – Introduzido no espaço entre o filtro e a parede do poço, consistindo em areia lavada e selecionada de diâmetro 1,7mm a 1,8mm, desde o final da sondagem até que se atingisse o limite do filtro;

Selo de Bentonita – Inserido até preencher o espaço entre a parede do poço e o revestimento geomecânico;

Tampa – Os poços foram tamponados com tampa de pressão, com porta cadeado.

Câmara de calçada – O acabamento externo foi feito com uma câmara de calçada de metal encaixada no tubo de proteção.

4.2.7 Mapa Potenciométrico

Através da elaboração de um mapa potenciométrico é possível o conhecimento de zonas de descarga, recarga e sentido do fluxo subterrâneo em um aquífero em particular no caso de aquíferos livres e rasos (LUCENA et al., 2004). Segundo Ferrari (2010), a importância do estudo do fluxo de água subterrânea e do transporte de poluente em aquíferos livres e rasos se evidencia quando se analisam tais aquíferos quanto a duas importantes características: vulnerabilidade a poluentes e localização geográfica.

Assim, a obtenção desse tipo de dado representa um dos principais elementos de natureza física a ser obtido em uma área de ocorrência de um aquífero para elucidação de seu funcionamento hidrodinâmico. Os mapas potenciométricos foram elaborados através da interpolação das potenciometrias individuais dos poços de monitoramento. Os níveis potenciométricos foram obtidos a partir da subtração da cota relativa dos poços de monitoramento pela medida da profundidade do nível de água subterrânea nos referidos pontos. A elaboração do mapa foi realizada em SIG através dos softwares *ArcGis* 10.1 e *Surfer* 13. O aplicativo foi alimentado com dados do levantamento topográfico e outros como: localização, altitude, níveis estáticos e dinâmicos.

4.2.8 Localização dos Poços de Monitoramento

Neste ponto cabe destacar a presença de fator limitante no tocante a localização dos poços de monitoramento decorrentes da impermeabilização do solo pela “densa” ocupação das sepulturas.

Diante desta limitação os locais para instalação dos poços foram escolhidos de acordo com a topografia existente, locais sem impermeabilização do solo e fluxo preferencial das águas subterrânea determinada com base no mapa potenciométrico elaborado com base no softwares *ArcGis* 10.1 e *Surfer* 13.

Na área destinada aos sepultamentos foram instalados três poços de monitoramento de forma não alinhada denominados como P-01, P-02 e P-03. Diante da impossibilidade de se obter amostras da água subterrânea no local de estudo antes a instalação do cemitério, foram instalados fora da área de sepultamento e em sentido contrário ao fluxo subterrâneo outros dois poços de monitoramento denominados como Branco-01 e Branco-02. Importa destacar que a necessidade de dois “Branco” se deu em virtude da constatação de que o Branco-01 apresentou resultados alterados em decorrência das atividades cemiteriais.

Seis sondagens complementares foram realizadas fora da área de sepultamento com objetivo exclusivo de obter os níveis potenciométricos para confecção do mapa potenciométrico. Todos os poços foram georreferenciados com o auxílio de um GPS da marca Garmin modelo *Etrex 10*.

4.2.9 Qualidade da Água Subterrânea

A coleta das amostras dos Poços P-01, P-02, P-03 e Branco-1 ocorreram em 16 de março de 2021, a coleta do Branco-2 ocorreu em 11 de abril de 2021, ambas as campanhas foram realizadas no período da manhã, quando a temperatura do ar é mais baixa e há menor probabilidade de distorção dos resultados. Todos os poços foram esgotados 24hs antes das coletas.

O procedimento de coleta foi realizado por intermédio de coletores descartáveis de PVC tipo *bailer* e armazenadas em recipientes de 1,5 L devidamente identificados. Após coleta, evitou-se qualquer tipo de contato com o recipiente para que não houvesse contaminação. As amostras foram mantidas em recipiente com isolamento térmico até a entrega no laboratório.

Os parâmetros analisados, bem como os métodos utilizados em laboratório estão relacionados no Quadro 01:

Quadro 01 – métodos das análises realizadas nas amostras de água subterrânea

Parâmetro	Ensaio	Referência
pH	Método Potenciométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 4500-H+ B
Condutividade elétrica	Método Potenciométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 2510 B
Cor Aparente	Método Espectrofotométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 2120 B
Turbidez	Método Espectrofotométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater -2130 B
Sólidos Totais	Método Gravimétrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater -2540 B
Cloretos Totais	Método Titulométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 4500-CL B
Fosfato Total	Método Espectrofotométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 4500-CL B
Sulfatos Totais	Método Espectrofotométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 4110 B
Nitratos	Método Espectrofotométrico	Análogo a ISO 7890-1; DIN 38405 D9-2.
Nitritos	Método Espectrofotométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 4500-NO2
Nitrogênio Amoniacal Total	Método Espectrofotométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 4500-NH3 F4-114
Nitrogênio Kjeldahl	Método Espectrofotométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 4500-Norg C d
Bactérias Heterotróficas	Método Microbiológico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 9223B
Coliformes Totais	Método Microbiológico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 9223B – 9221 E
E. Coli	Método Microbiológico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 9223B – 9221 E
<i>Clostridium perfringens</i>	Método Microbiológico	Anexo II e Nota da Directiva 98/83/CE

Fonte: Autor, 2021

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Localização

Conforme pode ser observada na figura 07, o Cemitério Municipal de Araquari está localizado entre as coordenadas UTM 726861 / 7080497 DATUM SIRGAS 2000 fuso 22S, na região central e zona urbana do município de Araquari, Estado de Santa Catarina. Possui área útil de 9.083,33 metros quadrados com aproximadamente 800 sepulturas e não encontra-se licenciado junto aos órgãos ambientais competentes.

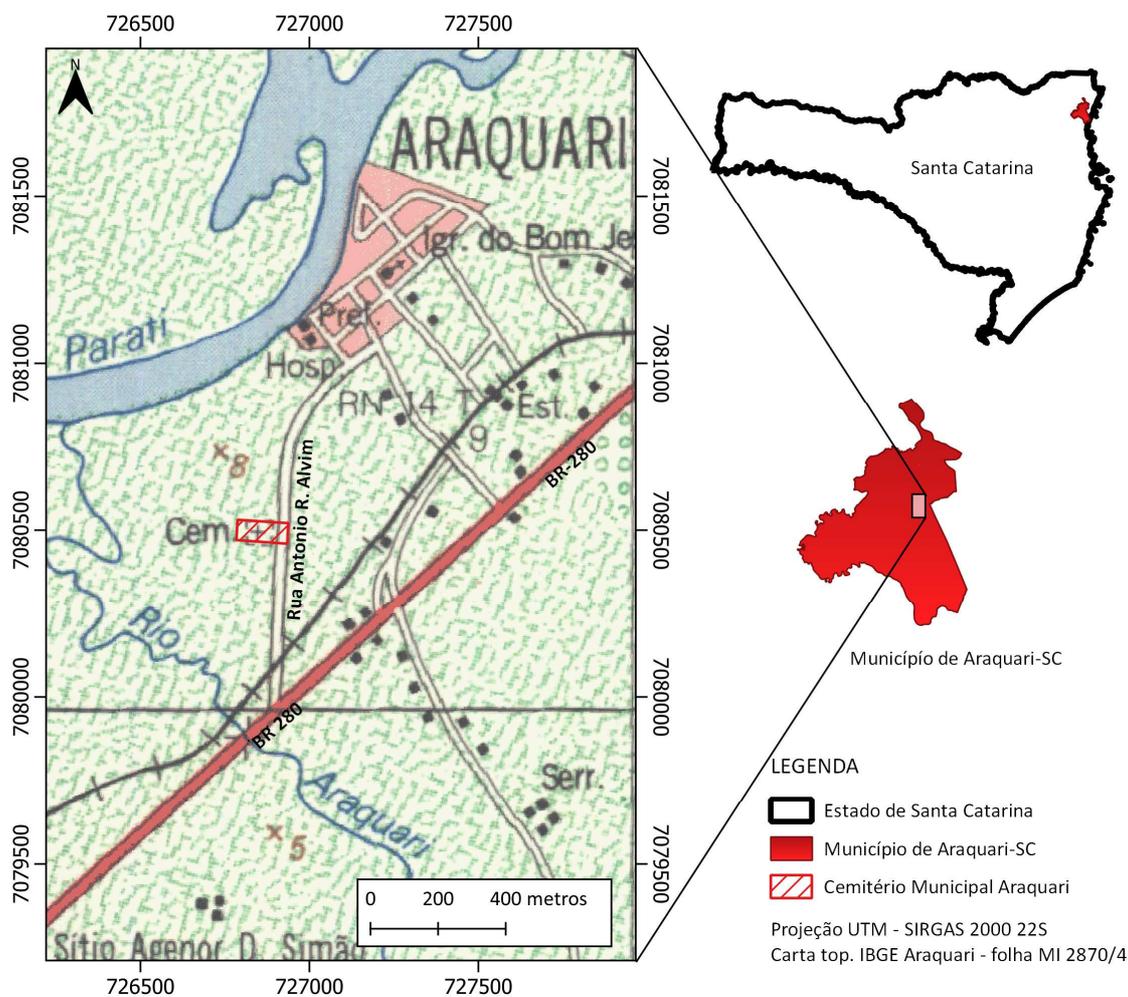


Figura 07 – Localização da área de estudo em detalhe da carta do IBGE de Araquari

Fonte: Autor, 2021

Predominam nestas sepulturas o sepultamento de cadáveres em gavetas subterrâneas ou em construção coletiva com gavetas aéreas, ambos os métodos de sepultamento utilizam urnas funerárias do tipo tradicional em madeira. Por força da Lei Municipal nº 3085/2016 os cemitérios de Araquari são geridos pela Fundação Municipal de Meio Ambiente de Araquari – FUNDEMA (ARAQUARI, 2016).

O cemitério objeto deste estudo faz parte de um complexo de 16.082,43m² administrado pela FUNDEMA, composto por um cemitério horizontal (Figuras 08 e 09), uma capela mortuária (Figura 10) e um cemitério vertical (Figura 11).



Figura 08 – Cemitério Horizontal
Fonte: Autor, 2021



Figura 09 – Cemitério Horizontal
Fonte: Autor, 2021



Figura 10 – Capela Mortuária
Fonte: Autor, 2021



Figura 11 – Cemitério Vertical
Fonte: Autor, 2021

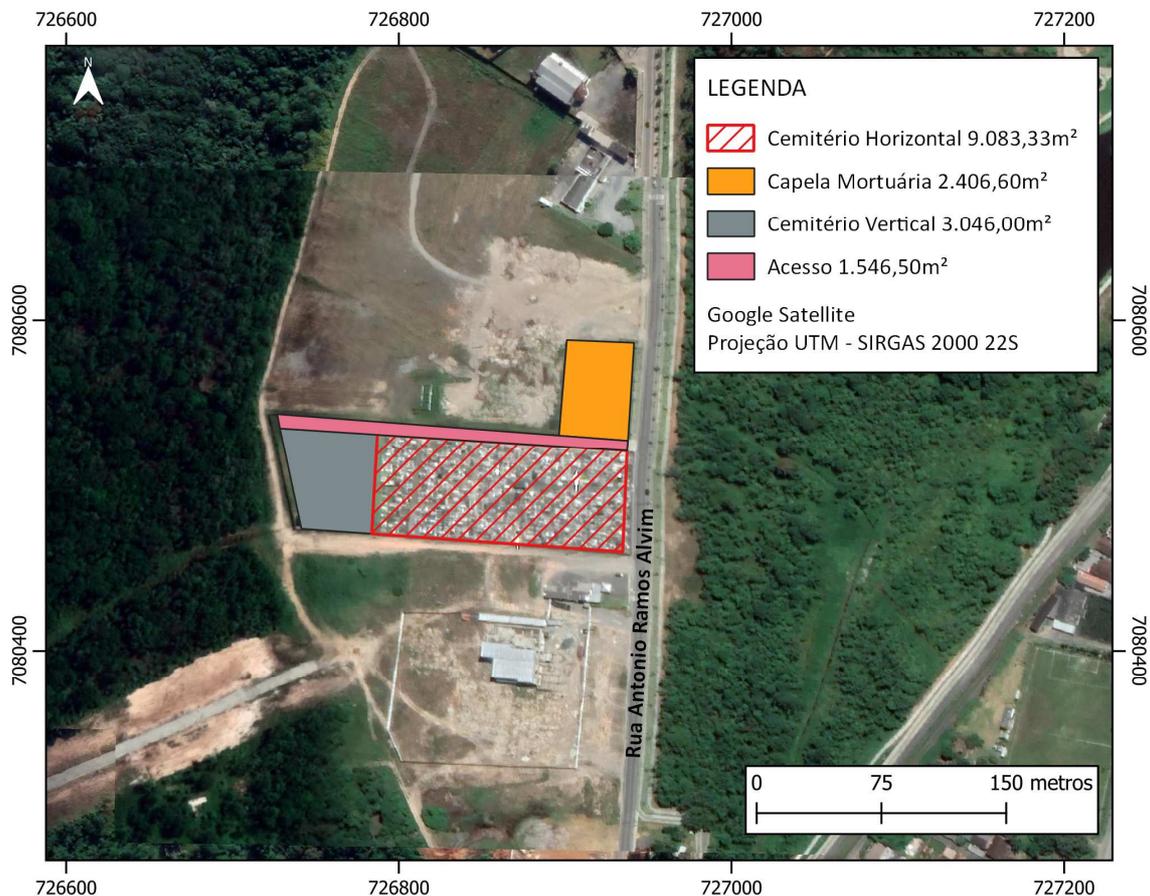


Figura 12 - Mapa complexo funerário do Município de Araquari-SC
fonte: Autor, 2021

A distribuição do complexo pode ser observado no mapa do complexo (Figura 12). No momento da vistoria foi constatado que o cemitério horizontal está com uma ocupação muito alta, restando poucos locais onde ainda é possível realizar novos sepultamentos.

Outra situação que merece destaque é a ausência de rede de drenagem no interior do cemitério favorecendo o acúmulo de água das chuvas no entorno de algumas sepulturas situadas em cotas mais baixas (Figura 13). Foram observadas sepulturas no nível do solo com a tampa quebrada como mostra a Figura 14. A má conservação das sepulturas favorece a entrada das águas das chuvas que após o extravasamento são encaminhadas a rede pluvial urbana e canalizadas para corpos hídricos causando contaminação de águas superficiais por necrochorume.

Nas figuras 14 e 15 é possível observar duas metodologias de sepultamento que muito embora não sejam as predominantes, também estão presentes na área objeto de estudo. Na figura 15 um exemplo de sepultamento por inumação (sepultamento sem construção tumular), e na figura 16 um exemplo de construção vertical acima do nível do solo.



Figura 13 – Acúmulo de água das chuvas
Fonte: Autor, 2021



Figura 14 – Sepulturas danificadas no nível do solo
Fonte: Autor, 2021



Figura 15 – Inumação
Fonte: Autor, 2021



Figura 16 – Construção tumular vertical (lúculos)
Fonte: Autor, 2021

No momento da vistoria observou-se que a construção vertical não possui saída para os gases oriundos do processo natural de decomposição dos corpos, o que fatalmente irá resultar em fissuramento da construção decorrente da pressão desses gases no interior da construção. As fissuras por sua vez, servem de meio condutor do

necrochorume para o exterior, favorecendo a contaminação do meio ambiente e a proliferação de vetores, com destaque para os insetos.

5.2 Pedologia, geologia e hidrogeologia

O Cemitério Municipal de Araquari-SC está situado em local geologicamente classificado como sedimentos holocênicos, composto por areias quartzosas marinhas bem selecionadas compreendendo também as praias atuais, oriundos do holoceno, período quaternário (IBGE, 2004).

“A Pedologia, do grego *pedon* (solo, terra) é a ciência da gênese, morfologia e classificação dos solos” (TULLIO, 2019). No tocante a pedologia local, com base nas informações presentes no Mapa Pedológico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), a região possui solos classificados como Espodossolos Ferrihumilúvico Órtico caracterizados por sua textura arenosa, A moderado e proeminente, relevo plano e suave ondulado.

As características hidrogeológicas da região estão classificadas na Carta hidrogeológica de articulação das folhas de Curitiba (CPRM, 2015), constituem um aquífero livre contínuo, com extensão e espessuras limitadas. As capacidades específicas se situam na média em 0,8 m³/h/m, atingindo excepcionalmente um máximo de 13,5 m³/h/m.

5.3 Clima

A área objeto de pesquisa está localizada na porção nordeste do estado de Santa Catarina, na Mesorregião Norte Catarinense e na Microrregião Joinville, que apresenta, segundo a classificação climática de Köppen, clima Cfa (EPAGRI, 2012).

Na região nordeste catarinense o máximo pluviométrico ocorre no verão enquanto o índice mínimo é, na maioria das vezes, registrado no inverno e,

secundariamente no outono, conforme pode ser observado na Figura 17 (GOTARDO et al, 2018). Essas diferenças podem ser devido à atuação diferenciada das massas de ar na região sul do País, refletindo diretamente na frequência e na intensidade das chuvas (BACK, 2012). De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021), no verão de 2020/2021 a região da área de estudo teve uma precipitação entre 500 e 550mm.

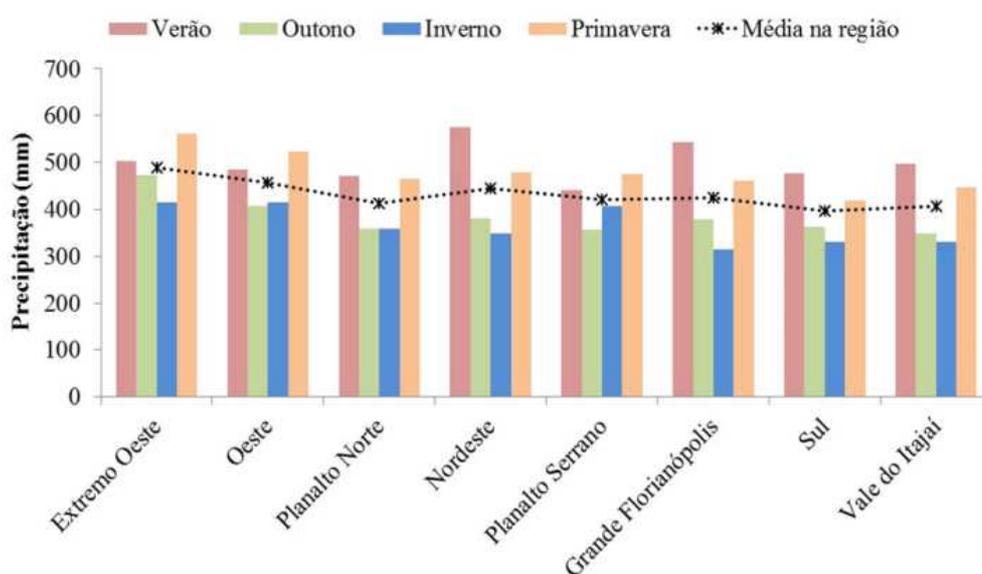


Figura 17 – Precipitação média sazonal e regional para Santa Catarina
Fonte: Gotardo, 2018.

5.4 Granulometria do solo

A metodologia utilizada para a classificação do solo é denominada como “trilinear”. É feita em função das porcentagens de seus contribuintes principais, utilizando o diagrama trilinear.

De acordo com os resultados da análises laboratoriais concernente as frações de areia, silte e argila das amostras coletadas no momento da perfuração dos poços em profundidade de 50 cm, obtivemos que o solo da área de estudo é classificado como areia ou areia franca, tendo em vista que as frações de areia presentes nas

amostras ultrapassarem a casa dos 80% em todos os pontos analisados, conforme Quadro 02.

Quadro 02 – resultados das análises de textura e classificação dos solos

Local	% Silte	% Areia	% Argila	Classificação
Poço-01	5,1	89,7	5,2	Areia
Poço-02	6,6	88,2	5,2	Areia
Poço-03	6,4	83,9	9,7	Areia Franca
Branco-01	5,0	87,5	7,5	Areia Franca
Branco-02	10,6	80,6	8,8	Areia Franca

Fonte: Autor, 2021

Nos solos arenosos, os teores de areia são superiores a 70% e o de argila inferior a 15%. São solos que possuem boa aeração, permeáveis de baixa capacidade de retenção de água e baixos teores de matéria orgânica, dificultando o desenvolvimento de plantas e microrganismos. A reduzida capacidade de retenção de água nesses solos permite o arejamento das sepulturas (prolongando o processo de putrefação) e em períodos chuvosos ocorre a saturação dos solos o que propicia a saponificação dos corpos” (ALCÂNTARA, 2010).

Nos terrenos destinados à implantação de cemitérios, a espessura da zona não saturada e o tipo de material geológico são fatores determinantes para a filtragem dos líquidos resultantes da decomposição de cadáveres. A porcentagem ideal de argila no solo é na faixa de 20 a 40%, para que os processos de decomposição aeróbica e as condições de drenagem do necrochorume sejam favorecidos (SILVA, 1995).

A análise de textura das amostras de solo coletadas durante a construção dos poços de monitoramento na área de sepultamento do Cemitério Municipal (horizontal) de Araquari e encaminhadas ao laboratório da EPAGRI, apresentaram teores de argila inferiores a 10% e teores de areia acima dos 80% para todos os pontos avaliados.

Essa composição granulométrica mostra-se inadequada para áreas destinadas a instalação de cemitérios horizontais. O solo avaliado facilita a percolação do necrochorume em decorrência da menor retenção do contaminante em sua camada superficial, sobretudo quando combinada com uma baixa profundidade do nível do

lençol freático pode levar a uma alteração nas características físico-químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas.

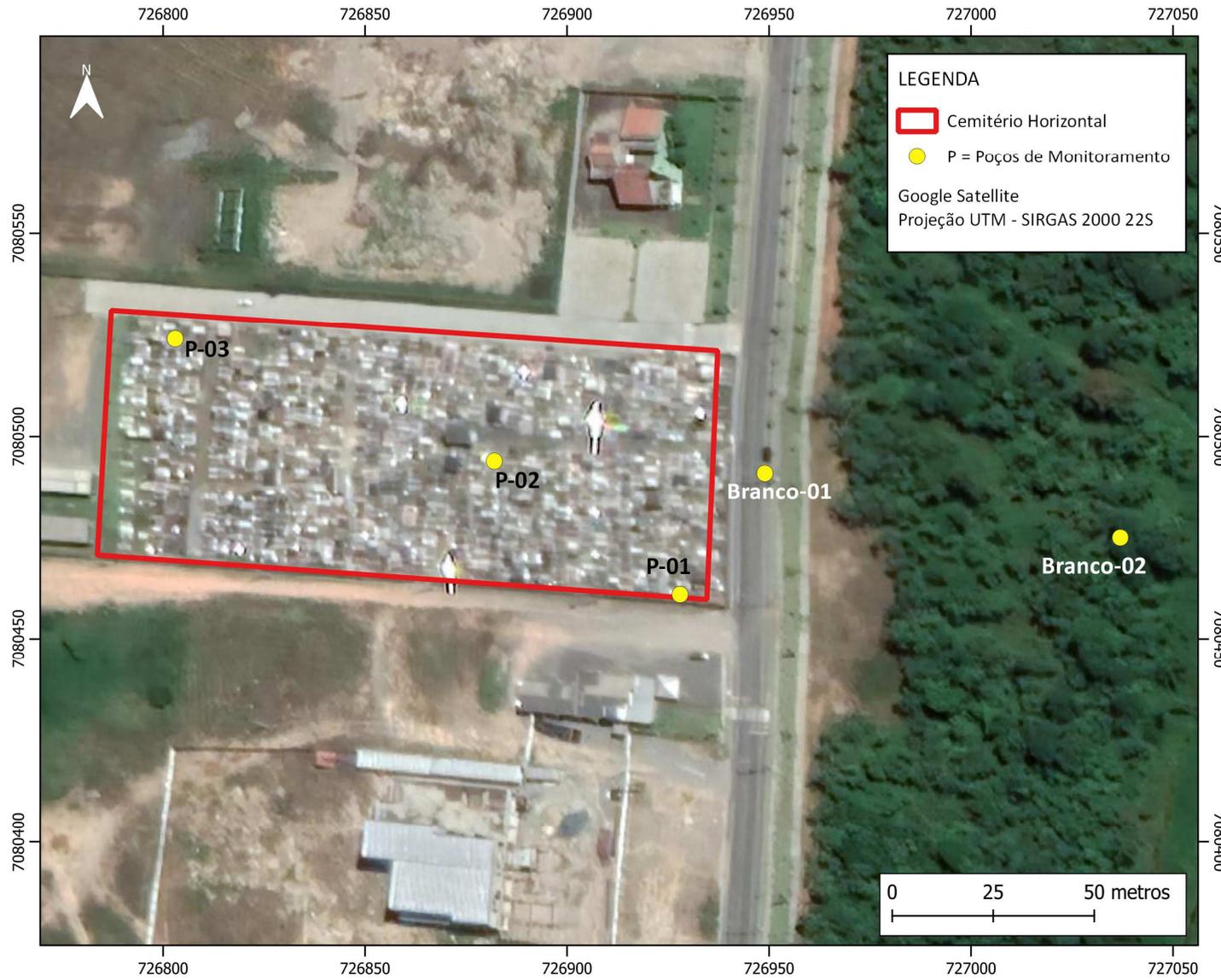


Figura 18 – Mapa de localização dos poços de monitoramento
Fonte: Autor, 2021

5.5 Levantamento topográfico

Foi realizado o georeferenciamento dos limites da área destinada a sepultamentos, o levantamento da altimetria do interior do cemitério e o cadastramento dos acessos internos. Tendo em vista que a área é plana com suaves desníveis, as curvas de níveis foram elaboradas tendo como diferença 0,25 m. A área total encontrada foi de 9.083,33m². A descrição completa pode ser vista na ilustração e memorial abaixo (Figura 19).



Figura 19 – Levantamento topográfico e tabela de coordenadas (sem escala)

Fonte: Autor, 2021

Memorial Descritivo da área destinada a sepultamentos:

Fazendo frente ao Leste para a Rua Antônio Ramos Alvim, iniciando no V1 com coordenadas X=726937,3273 e Y=7080521,0085 com ângulo interno 89°04'31", azimute de 182°29'01" e distância de 61,38 metros chega-se ao V2 com

coordenadas X=726934,6670 e Y=7080459,6790 com ângulo interno 88°17'56", azimute de 85°48'55" e distância de 149,64 metros, ao Sul, confrontando com terras do Município de Araquari, chega-se ao V3 com coordenadas X=726785,4259 e Y=7080470,5986 com ângulo interno 268°16'56", azimute de 1°43'08" e distância de 60,44 metros, ao Oeste, confrontando com o cemitério vertical, chega-se ao V4 com coordenadas X=726787,2389 e Y=7080531,0152 com ângulo interno 94°06'13", azimute de 85°53'47" e distância de 133,33 metros, ao Sul, chega-se ao V5 com coordenadas X=726787,2389 e Y=7080531,0152 com ângulo interno 182°32'40", azimute de 91°33'33" e distância de 17,10 metros, ao Norte, confrontando essas duas linhas com o acesso ao cemitério vertical, chega-se ao V1 com coordenadas X=726937,3273 e Y=7080521,0085, ponto inicial desse memorial. Contendo a área total de 9.083,33m².

5.6 Permeabilidade

A permeabilidade é uma das propriedades de maior relevância para estudos de movimento de água, substâncias químicas e solutos no solo. Segundo a classificação presente na Tabela 02, de Pinheiro et al (2017), o grau de permeabilidade nos pontos estudados variou de médio para os pontos AM01 e AM02 a baixo no Ponto AM03 conforme apresentado no Quadro 03. Estes resultados coincidem com a análise granulométrica realizada, onde o solo da área do cemitério foi classificado como areia e areia franca.

Tabela 02 – Valores típicos do coeficiente de permeabilidade

	Permeabilidade	Tipo de Solo	K (cm/s)
Solos Permeáveis	Alta	Pedregulhos	$>10^{-3}$
	Média	Areias	10^{-3} a 10^{-5}
	Baixa	Silte e argilas	10^{-5} a 10^{-7}
Solos impermeáveis	Muito baixa	Argila	10^{-7} a 10^{-9}
	Praticamente impermeável	Argila	$<10^{-9}$

Fonte: Adaptado de Pinheiro et al. (2017)

Quadro 03 – resultados laboratoriais dos ensaio de permeabilidade

LOCAL DA COLETA Coordenadas UTM Sirgas 2000 22S	COEF. DE PERMEABILIDADE 1º Estágio	COEF. DE PERMEABILIDADE 2º Estágio
AM01 – 726837 / 7080476	$1,30 \times 10^{-4}$ cm/s	$1,15 \times 10^{-4}$ cm/s
AM02 – 726907 / 7080495	$3,67 \times 10^{-4}$ cm/s	$3,50 \times 10^{-4}$ cm/s
AM03 – 726919 / 7080522	$5,73 \times 10^{-5}$ cm/s	$7,73 \times 10^{-5}$ cm/s

Fonte: Autor, 2021

Tocante especificamente aos índices adequados de condutividade hidráulica, torna-se relevante transcrever trecho da Resolução CONAMA nº 335/03, especificamente o artigo 5º, §1º:

I - a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador; (inciso acrescentado pela Resolução nº 368/06);

II - o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra; (inciso acrescentado pela Resolução nº 368/06);

III - **o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s**, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. **Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático** (inciso acrescentado pela Resolução nº 368/06) (grifo nosso).

Os pontos P-01 e P-02 apresentam resultados em desconformidade com o estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 335/03. Os valores aferidos para o P3 apresentaram resultados considerados dentro do intervalo considerado como adequado, contudo é sabido que essa parcela do cemitério foi objeto de aterro com material de origem desconhecida, evento que inevitavelmente alterou a composição natural do solo dessa parcela da área objeto de estudo.

5.7 Coeficiente de infiltração

O coeficiente de infiltração determinado através de ensaios *in situ* (Figuras 20 e 21) para os três pontos analisados apresentou variação entre 51 e 110 L/m².dia, onde EI-1 e EI-2 apresentaram os maiores coeficientes, ambos com 110 L/m².dia e EI-3 com 51 L/m².dia (Quadro 04).

Quadro 04 – resultados ensaio de infiltração realizado in loco conforme NBR 7229/93

Ponto	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000 22S	RESULTADO
E1-1	726932 / 7080464	110 L/m ² /dia
E2-2	726882 / 7080494	110 L/m ² /dia
E3-3	726821 / 7080521	51 L/m ² /dia

Fonte: Autor, 2021



Figura 20 – Ensaio de infiltração
Fonte: Autor, 2021



Figura 21 – Ensaio de infiltração
Fonte: Autor, 2021

Tabela 03 – Absorção relativa do solo

Tipos de Solos	Coefficiente de Infiltração Litros/m². dia	Absorção Relativa
Areia bem selecionado e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	Maior que 90	Rápida
Areia fina ou silte argiloso ou solo arenoso com humos e turfas variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
Argila arenosa e/ou siltosa, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.	40 a 60	Vagarosa
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta e cor branca, cinza ou preta, variando a rocha alterada e argila medianamente compacta e cor avermelhada.	Manor que 20	Impermeável

Fonte: ABNT, NBR 7229/73

Na mesma linha dos resultados apresentados anteriormente, a parcela da área situada mais ao oeste, onde está o EI-3, recebeu material de aterro por possuir relevo naturalmente mais baixo, esse fator pode ter sido determinante para explicar a diferença do resultado do ensaio de infiltração para esse ponto em relação aos demais.

Segundo Silva e Araújo (2003) apud Silva (2018), quanto maior a capacidade de infiltração da água, maior será o perigo de contaminação das águas subterrâneas. Assim, terrenos de composição arenosa e porosa apresentam uma maior relação entre porosidade e permeabilidade, sendo mais suscetíveis ao fluxo e ao espalhamento de plumas contaminantes. Já os terrenos argilosos, que são de baixíssima permeabilidade, dificultam o fluxo de fluidos, sejam eles contaminantes ou não.

5.8 Nível freático

Conforme estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 335/03 a medição do nível freático nos poços de monitoramento ocorreu ao final da estação de maior índice pluviométrico. Os resultados encontrados estão em desconformidade com a norma.



Figura 22 – medição do nível freático
Fonte: Autor, 2021



Figura 23 - medição do nível freático
Fonte: Autor, 2021

Quadro 05 – Resultados aferição do nivel freático.

POÇO DE MONITORAMENTO	COORDENADAS UTM – SIRGAS 2000	NIVEL FREÁTICO	DATA DA VERIFICAÇÃO
Poço-01	726928 / 7080461	1,30m	12/03/2021
Poço-02	726882 / 7080494	1,06m	12/03/2021
Poço-03	726803 / 7080524	0,46m	12/03/2021
Branco-01	726949 / 7080491	1,37m	12/03/2021
Branco-02	727037 / 7080475	0,55m	11/04/2021

Fonte: Autor, 2021

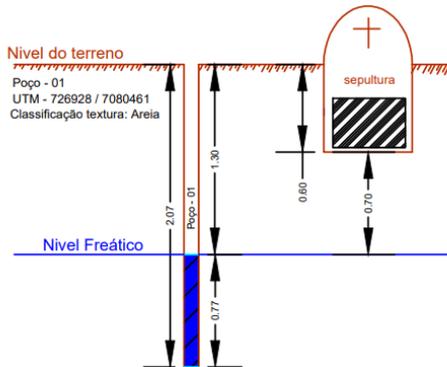


Figura 24 – Esquema Poço-01
Fonte: Autor, 2021

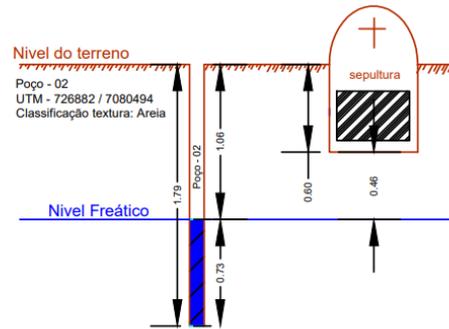


Figura 25 - Esquema Poço-02
Fonte: Autor, 2021

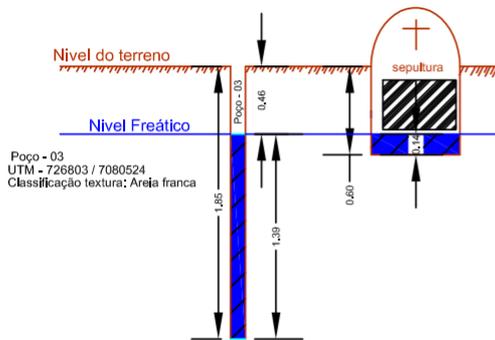


Figura 26 – Esquema Poço-03
Fonte: Autor, 2021

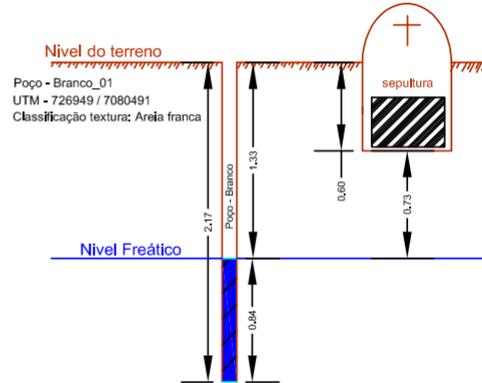


Figura 27 – Esquema Poço Branco-01
Fonte: Autor, 2021

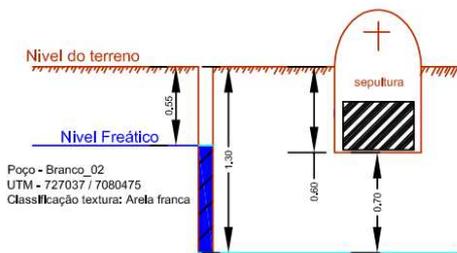


Figura 28 – Esquema Poço Branco-02
Fonte: Autor, 2021

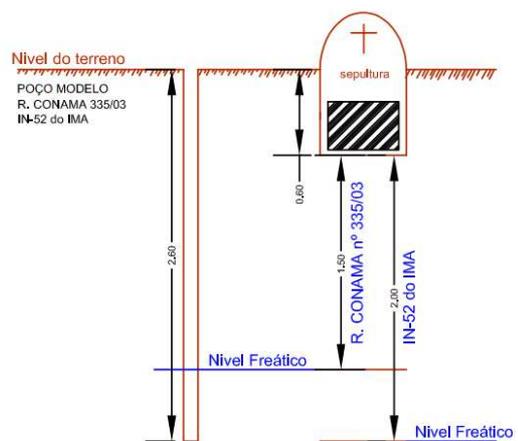


Figura 29 – Esquema Poço modelo
Fonte: Autor, 2021

De acordo com Silva (2008), ambientes que o material geológico apresenta baixa condutividade hidráulica e o nível freático quase aflorante, são considerados como de extrema vulnerabilidade a contaminações favorecendo fenômenos transformativos conservativos como da saponificação, sendo assim, desfavorável o processo de sepultamento. Em áreas que o material geológico apresenta alta condutividade hidráulica e profundidade do nível freático abaixo do recomendado, são consideradas como situação de alta vulnerabilidade. A situação em que o material geológico apresenta média condutividade hidráulica e profundidade do nível freático acima do recomendado, é considerada como de baixa vulnerabilidade de contaminação favorecendo os fenômenos transformativos destrutivos, sendo assim indicado o processo de sepultamento.

Elaborada para normatizar e orientar o processo de licenciamento ambiental de cemitérios a R. do CONAMA 335/03 estabelece que “o nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias”.

O cenário objeto de estudo pode ser classificado como impróprio do ponto de vista do nível freático, e de alta vulnerabilidade.

5.9 Mapa Potenciométrico

A Área de Influência Direta corresponde à área em que os impactos de determinado empreendimento poderão incidir diretamente no meio. Na delimitação da Área de Influência Direta do Meio Físico para cemitérios torna-se indispensável uma avaliação das características hidrogeológicas locais (nível do lençol freático, condutividade hidráulica, direção do fluxo subterrâneo, identificação das áreas de recarga, entre outras) visto que, a contaminação do lençol freático pelo produto da coligação é o maior impacto causado aos Meios Físico e Antrópico (LELI, 2012).

Os dados coletados e tabulados no quadro abaixo, foram a fonte de informação para a elaboração do mapa potenciométrico presente na figura 30. O sentido de fluxo

subterrâneo é concordante com a morfologia da superfície topográfica do terreno, ou seja, direcionada a água subterrânea no sentido oeste, em direção ao cemitério vertical. O mapa potenciométrico serviu de guia de orientação para que a locação dos poços de monitoramento seja realizada a montante e a jusante do fluxo subterrâneo.

No Estado de Santa Catarina, a IN-52 do IMA determina para os casos de regularização/licenciamento de cemitérios em operação e com atividades de sepultamento iniciadas antes de abril de 2003, entre outros documentos técnicos necessários ao processo, consta a determinação do fluxo hidrogeológico perceptível, não sendo necessariamente obrigatória a elaboração do mapa potenciométrico.

Quadro 06 – Coordenadas de localização das sondagens, níveis freáticos e respectivas cargas hidráulicas. Projeção UTM SIRGAS 2000 22S

Poço de Monitoramento	Sondagem	Coordenadas E	Coordenada N	Cota relativa (m)	Nível freático	Carga Hidráulica (m)
PM-01	-	726928	7080461	12	1,30	10,700
PM-02	-	726882	7080494	14	1,06	12,940
PM-03	-	726803	7080524	14	0,46	13,540
Branco -01	-	726949	7080491	14	1,37	12,630
Branco-02	-	727037	7080475	14	0,48	13,250
-	S-01	726973	7080471	13	0,84	12,160
-	S-02	726812	7080545	13	1,10	11,900
-	S-03	726514	7080334	8	0,15	7,850
-	S-04	726716	7080366	13	0,72	12,280
-	S-05	726782	7080797	12	0,71	11,290
-	S-06	726714	7080500	13	0,77	12,230

Fonte: Autor, 2021



Figura 30 – Mapa potenciométrico
Fonte: Autor, 2021

5.10 Análises da água subterrânea

Uma das maiores preocupações em relação aos cemitérios é quanto à contaminação dos recursos hídricos, sejam água superficial ou subterrânea. A Resolução CONSEMA nº 119/17 determina quais parâmetros devem ser objeto de análise tocante a verificação da qualidade da água subterrânea em cemitérios (Tabela 04).

Tabela 04 - Parâmetros para investigação/monitoramento de água subterrânea

Parâmetro	Unidade	Máximo Permitido
pH	-	6,0 – 9,5
Condutividade	mS/cm	----
Cor Aparente	mg Pt/L	----
Turbidez	NTU	----
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	----
Cloreto	mg Cl L ⁻¹	250
Fosfato	mg (PO ₄ ³⁻) L ⁻¹	----
Sulfato	mg SO ₄ L ⁻¹	250
Nitrato	mg N L ⁻¹	10
Nitrogênio Nitrito	mg N L ⁻¹	1
Nitrogênio Amoniacal	mg N L ⁻¹	1,25
Nitrogênio Kjeldhal Total	mg N L ⁻¹	---
Bactérias Heterotróficas	UFC mL ⁻¹	500
Coliformes Totais	P/A 100 mL ⁻¹	Ausente
<i>Escherichia coli</i>	P/A 100 mL ⁻¹	Ausente
<i>Clostridium perfringens</i>	P/A 100 mL ⁻¹	----

Fonte: Resolução CONSEMA nº 119/2017.

Os resultados compilados em forma de tabela foram comparados com a lista de valores orientadores da Resolução CONSEMA Nº 119/2017 (Tabela 05), contudo cabe salientar que a referida resolução não traz os limites máximo permitidos para os parâmetros: condutividade, cor aparente, turbidez, sólidos totais, fosfato, Nitrogênio Kjeldhal Total e *Clostridium perfringens*. Para o balizamento dos valores encontrados nas análises especificamente no que tange esses parâmetros, foram utilizados valores presentes em normas voltadas para a qualidade da água subterrânea e padrão de potabilidade: Portarias Nº 05/17, nº 518/04 e, a Resolução Nº 275/2005 ambos do Ministério da Saúde).

Parâmetro	Unidade	Máximo permitido	Referência	Branco-1	Poço-01	Poço-02	Poço-03	Branco-2
pH		6,0 – 9,5	R. CONSEMA 119/2017	8,28	6,86	7,21	7,8	6,15
Condutividade	µS/cm	400-600	Mendes e Oliveira (2004)	1.651	1.540	1.556	1.642	114,3
Cor aparente	mgPt/L	15	MS-Portaria 05/2017	667	947	713	501	5.225
Turbidez	NTU	5	MS-Portaria 05/2017	2.520	2.370	1.940	940	6.725
Sólidos totais	mg L ⁻¹	1000	MS-Portaria 05/2017	2.770	4.850	4.350	2.920	7.730
Cloreto	mg Cl L ⁻¹	250	R. CONSEMA 119/2017	20,56	12,76	15,60	14,18	209,16
Fosfato	mg (PO ₄ ³⁻)L ⁻¹	0,1	OMS	19,76	17,29	15,45	8,97	21,35
Nitrito	mg L ⁻¹	1	MS-Portaria 05/2017	1,12	0,80	0,50	0,30	< 0,1
Nitrato	mg L ⁻¹	≤ 10	R. CONSEMA 119/2017	15,9	16,1	16,2	8,1	< 0,9
Sulfato	mg SO ₄ L ⁻¹	250	R. CONSEMA 119/2017	144,30	206,90	774,7	36,70	< 2,50
Nitrogênio Amoniacal	mg N L ⁻¹	1,25	R. CONSEMA 119/2017	2,50	3,30	8,75	5,80	1,11
Nitrogênio Kjeldhal total	mg N L ⁻¹	-		101,85	30,10	150,25	91,15	25,23
Bactérias heterotróficas	UFC mg L ⁻¹	500	R. CONSEMA 119/2017	56.000	74.000	50.000	36.000	38
Coliformes totais	P/A 100 m L ⁻¹	Ausente	R. CONSEMA 119/2017	240	14.800	8.160	8.000	1.200
<i>Clostridium perfringens</i>	P/A 100 m L ⁻¹	<1 UFC/100ml ou ausente	MS-RESOLUÇÃO-RDC N° 275/2005	<10 UFC/100ml				
<i>E. Coli</i>	P/A 100 m L ⁻¹	Ausente	R. CONSEMA 119/2017	240	400	160	Ausente	Ausente

UFC: UNIDADE FORMADORA DE COLÔNIA; NTU: UNIDADE DE TURBIDEZ; NMP: NÚMERO MAIS PROVÁVEL;

Vermelho: acima do máximo permitido;

Azul: abaixo do permitido

Tabela 05 – Comparativo de valores obtidos nas análises de todas as amostras com os limites máximos permitidos pelas normas vigentes.

Fonte: Autor, 2021.

Os indicadores utilizados no monitoramento dizem respeito às alterações físico-químicas decorrentes da decomposição dos corpos. Para que os parâmetros sejam estipulados é necessária a realização de análises da água antes dos primeiros sepultamentos, para que sirvam de indicadores caso haja alguma alteração durante o exercício no cemitério. De acordo com a *American Public Health Association* os parâmetros utilizados como indicadores são: cor, turbidez, pH, temperatura, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, cálcio, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e totais (NEIRA et al., 2008 apud LELI, 2012).

As alterações na qualidade das amostras de água subterrânea coletadas na área do Cemitério Municipal de Araquari ficaram evidentes quando compilados os resultados em forma de tabela. Dos parâmetros presentes na listagem da *American Public Health Association* apenas o cálcio não foi alvo de análise pela pesquisa. Todavia torna-se importante destacar que a lista de parâmetros analisados pelo presente estudo possui maior diversidade de parâmetros que é indicado pela Associação Americana de Saúde Pública.

Diante da ausência de dados relativos à qualidade da água subterrânea da área objeto de estudo, anterior ao início da atividade de sepultamento, a alternativa para obter informações sobre a qualidade da água para que sirvam de indicadores foi instalar poços fora da área de sepultamento, no sentido contra o fluxo subterrâneo, denominados Branco-01 e Branco-02.

Com base na NBR 15515-2 (ABNT, 2011), normalmente uma única campanha de amostragem é necessária na etapa de investigação confirmatória. Excepcionalmente, outras campanhas podem ser realizadas para confirmação dos resultados ou para complementar a campanha anterior.

Os resultados das análises laboratoriais mostram alteração significativa na qualidade da água do poço situado fora da área de sepultamento numa distância não superior a 10 metros, denominado Branco-01. Diante da necessidade de valores de referência da qualidade da água sem interferência da atividade cemiterial, novo poço

de monitoramento foi instalado a mais de 90 metros área de sepultamento, denominado Branco-02.

5.10.1 Condutividade

Um dos parâmetros que podem ser destacados, possuindo grande importância na compreensão da migração dos contaminantes no solo, é a condutividade hidráulica do meio. Essa propriedade diz respeito à facilidade com que um fluido atravessa o meio poroso e, juntamente com outros importantes parâmetros geológicos, geotécnicos e geomorfológicos, caracteriza o meio físico em questão (ALMEIDA, 2008).

Aplicada a classificação presente na Tabela 06 elaborada por Mendes e Oliveira (2004), temos que a amostra coletada no poço denominado Branco-01 com valor de condutividade 114,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ apresenta classificação como mineralização fraca e excelente qualidade. Todos os demais apresentaram valores acima dos 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com classificação mineralógica excessiva e qualidade “não utilizável na regra”.

Tabela 06 – Classificação da água quanto aos valores de condutividade elétrica

Condutividade	Mineralização	Qualidade da Água
< 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Muito fraca	Excelente
100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Fraca	Excelente
200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Pouco acentuada	Excelente
400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Média	Boa
600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Importante	Utilizável
> 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Excessiva	Difícilmente utilizável
> 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Excessiva	Não utilizável na regra

Fonte: Mendes e Oliveira (2004)

Segundo Filho e Silva (2008), os compostos orgânicos liberados no processo de decomposição dos cadáveres causam um aumento da atividade microbiana no solo, ocorre também um aumento na presença de compostos de nitrogênio e fósforo, na concentração de sais (Cl^- , HCO_3^- , Ca^{+2} , Na^+) e conseqüentemente na condutividade elétrica, no pH e alcalinidade, e dureza da solução do solo.

5.10.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH de águas subterrâneas varia entre 5,5 a 8,5. Todas as amostras analisadas apresentaram resultado variando dentro da margem considerada adequada, com valores entre 6,15 a 8,28.

5.10.3 Cor Aparente

A Portaria MS nº 518, de 2004 estabeleceu que o valor máximo da cor aparente é de 15uH. Os valores obtidos nos poços dentro da área de sepultamento (P1; P2 e P3) e o Branco-01 variaram entre 501uH e 947uH. O poço fora da área de influência do cemitério denominado Branco-02 apresentou valor muito acima do apurado quando comprado aos demais, com 5225uH. Possivelmente esses valores elevados estão relacionados a uma grande quantidade de substâncias dissolvidas, ferro e manganês e pela decomposição de matéria orgânica. Tendo em vista que a área onde está situado o poço Branco-2 foi utilizada há décadas para atividade de reflorestamento é justificada alta concentração de matéria orgânica no solo.

5.10.4 Turbidez

A turbidez altera o aspecto cristalino da água, deixa-a com uma aparência opaca, o que compromete o seu uso para emprego em determinadas atividades. Ao observar a tabela 05, percebe-se que todos os 5 poços analisados se encontram fora dos limites máximo de 5UT estabelecido pela Portaria MS nº 518, de 2004. A exemplo do item anterior, destaca-se o poço Branco-02 pelo alto valor apurado.

5.10.5 Sólidos totais

Sólidos Totais Dissolvidos (STD), compreendem substâncias dissociadas e não-dissociadas, mas não materiais em suspensão, coloides ou gases dissolvidos (CELLIGOI, 1999). A Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04 estabelece como padrão de

aceitação para consumo humano, um limite em termos de Sólidos Totais Dissolvidos na ordem de 1.000mg L^{-1} . Os resultados apurados para todos os poços de monitoramento apresentaram resultados em desconformidade com o estabelecido. O Poço P3 apresentou o menor valor (2920 mg L^{-1}) e o Branco-02 apresentou o maior valor (7.730mg L^{-1}).

5.10.6 Cloretos

As águas dos oceanos constituem-se na maior fonte de cloreto, visto que o intemperismo das rochas ígneas colabora com poucas quantidades. Entretanto, a presença de cloreto em águas subterrâneas pode ser atribuída à dissolução de depósitos salinos, descargas de efluentes de indústrias químicas, intrusões salinas, etc. (CELLIGOI, 1999). Algumas substâncias químicas, como os compostos nitrogenados e os cloretos, também são indicadoras de contaminação por matéria orgânica (BRASIL, 2007).

Todos os poços apresentaram valores abaixo do máximo permitido pela Resolução do CONSEMA nº 119/17, que prevê 250 mg Cl. L^{-1} .

5.10.7 Fosfato

O fosfato pode ocorrer naturalmente em águas subterrâneas, pois está relacionado a processos naturais como a dissolução de rochas, decomposição de matéria orgânica e carreamento dos solos. Porém, pode também estar relacionado a processos antrópicos como lançamento de esgoto sanitário, fertilizantes, detergentes e pesticidas. As descargas diretas ou indiretas de águas residuais contendo fosfato podem prejudicar a qualidade das águas residuais, principalmente através do lançamento de detergentes fosfatados empregados no uso doméstico em larga escala (SANTOS, 2011).

A concentração de fosfato (PO_4^{3-}) variou de 8,97 a $21,35\text{ mg.L}^{-1}$, e sua concentração média foi de $16,56\text{ mg.L}^{-1}$. Embora não haja na legislação brasileira

valores de referências para PO_4^{3-} em águas subterrâneas, o máximo estipulado pela OMS é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

Os valores apurados para fosfato são reduzidos ao tempo que se distanciam do poço Branco-02 onde há décadas a área foi utilizada com reflorestamento de espécies exóticas. Nesse caso, não se pode descartar a possibilidade de correções do solo com fertilizantes a base de fósforo terem sido o fator determinante para os resultados obtidos.

5.10.8 Nitrito e Nitrato

Segundo Parron (2011), o nitrito é um estado de oxidação intermediário de nitrogênio, e ocorre tanto pela oxidação do amônio, como pela redução do nitrato. Ambos os processos (oxidação e redução) ocorrem em estações de tratamento de esgoto, em sistemas de distribuição de água e em águas naturais. Em águas subterrâneas, o nitrito pode ser encontrado em concentrações de até $0,1 \text{ mg. L}^{-1}$.

Atualmente o nitrato é o contaminante inorgânico de maior preocupação em águas subterrâneas. Este se origina principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011 *apud* PELUCO, 2020).

De acordo com a lista de valores orientadores para solo e para águas subterrâneas presente no Anexo II da Resolução do CONAMA nº 420/09, o valor de investigação o limite máximo para nitrato é de 10 mg. L^{-1} (tabela 3 - padrões de potabilidade de substâncias químicas que representam risco à saúde definidos na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde).

O nitrito apresentou resultados dentro do considerado adequado para quatro dos cinco pontos analisados, o único ponto que ultrapassou o limite máximo permitido foi o Branco-01 com $1,12 \text{ mg. L}^{-1}$ quando máximo é $1,00 \text{ mg. L}^{-1}$.

Para o nitrato os valores não tiveram o mesmo comportamento, os Poços P-01, P-02 e Branco-01 apresentaram valores acima do limite permitido e o P-03 quase alcançou o limite com $8,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, desta forma apenas o Branco-02 ficou abaixo do limite.

5.10.9 Sulfato

O sulfato pode ocorrer naturalmente em águas subterrâneas, pois é encontrado sob a forma de enxofre, nas plantas, no solo e em águas pluviais. As descargas diretas ou indiretas de águas residuais contendo sulfato, em aquíferos, podem prejudicar a qualidade das águas e interferir no ciclo natural do enxofre. Apresentam importância que vai desde o laboratório, passa pela indústria e chega aos sistemas vivos (FILHO, 2018).

Apenas o poço P-02 com $774,7 \text{ mg SO}_4^- \cdot \text{L}^{-1}$ apresentou resultados acima do limite máximo permitido pela Resolução do CONSEMA 119/17 de $250 \text{ mg SO}_4^- \cdot \text{L}^{-1}$. O poço Branco-02 foi o ponto com menor valor aferido $< 2,5 \text{ mg SO}_4^- \cdot \text{L}^{-1}$.

5.10.10 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal (amônia) foi detectado em todos os poços, com altos valores nos poços Branco-1 com $101,85 \text{ mg N} \cdot \text{L}^{-1}$, P2 com $150,25 \text{ mg N} \cdot \text{L}^{-1}$ e P3 com $91,15 \text{ mg N} \cdot \text{L}^{-1}$. Valores menores e mais próximos foram encontrados no Branco_2 com $25,23 \text{ mg N} \cdot \text{L}^{-1}$ e P1 com $30,10 \text{ mg N} \cdot \text{L}^{-1}$, contudo ambos estão acima do limite permitido de $1,25 \text{ mg N} \cdot \text{L}^{-1}$.

Segundo investigação em aquíferos freáticos de cemitérios realizada por Migliorini (1994), altas concentrações de produtos nitrogenados em águas subterrâneas podem ser creditados ao processo de decomposição dos corpos.

5.10.11 Bactérias heterotróficas, Coliformes totais, *Escherichia Coli* e *Clostridium perfringes*

Podem estar presentes no necrochorume números elevados de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas. Encontram-se também *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* e a *Streptococcus faecalis*, e microrganismos patogênicos como *Clostridium perfringes*, *Clostridium welchii* – estes causam tétano, gangrena gasosa e toxi-infecção alimentar; *Salmonella typhi* que causa a febre tifóide e *S. paratyphi* a febre paratifóide, *Shigella* causadora da desintéria bacilar e o vírus da hepatite A (FILHO e SILVA, 2008).

Segundo Costa, Silva, Antunes (2020), a atividade cemiterial pode contaminar águas superficiais impactando negativamente o meio ambiente, pois registraram-se alterações nos parâmetros analisados como DBO, cromo, ferro, fosfato, bactérias heterotróficas, coliformes totais, *Escherichia coli*, em quase todos os cemitérios analisados, em comparação com as leis vigentes (CONAMA 335/2003, CONAMA 430/2011 e Portaria 2914/2011) (BRASIL, 2003; BRASIL, 2011) que determinam sua qualidade para usos e potabilidade.

Filho e Silva (2008), listam uma série de pesquisas realizadas por diferentes autores em cemitérios de vários estados da federação em que foram encontradas a presença de bactérias e vírus em amostras de água subterrânea e menciona um relatório publicado pela OMS, onde foi relatado os impactos que os cemitérios poderiam causar ao ambiente, por meio do aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas e eventual presença de patógenos.

Para a pesquisa realizada no Cemitério Municipal de Araquari os resultados das análises dos parâmetros microbiológicos podem ser observados na tabela abaixo.

Tabela 07 – Resultados das análises para os parâmetros microbiológicos

Parâmetro	Limite permitido	P-01	P-02	P-03	Branco-1	Branco-2
Bactérias heterotróficas	500 UFC mg L ⁻¹	74.000	50.000	36.000	56.000	38
Coliformes totais	Ausente	14.800	8.160	8.000	240	1.200
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	400	160	Ausente	240	Ausente
<i>Clostridium perfringes</i>	Ausente	<10 UFC/100ml				

Fonte: Autor, 2021

O Branco-02 apresentou resultado em desconformidade com os limites máximos permitidos apenas para coliformes totais. Como a presença de coliformes totais está ligada ao sistema gastrointestinal humano e de alguns animais, é possível que há contaminação por esgoto doméstico, muito possivelmente decorrente do lançamento de esgotos sem o devido tratamento pelas residências situadas no entorno.

O Branco-01 que foi inicialmente instalado para servir de branco apresentou resultados demasiadamente alterados com destaque para bactérias heterotróficas onde obteve o segundo maior valor dos cinco poços analisados. Nos poços P1, P2 e P3 foi constatada a presença de *Escherichia Coli* e Coliformes totais, com destaque para o P1 com alta concentração de coliformes totais. Todos os poços analisados apresentaram resultados considerados aceitáveis para *Clostridium perfringes*.

Na pesquisa o poço Branco-01 apresentou resultados similares aos dos poços situados na área de sepultamento para a maioria dos parâmetros analisados, o que indica que mesmo fora do perímetro do cemitério há possibilidade de contaminação por necrochorume. O Branco-02 apresenta algumas alterações possivelmente decorrentes do longo período do uso solo para reflorestamento, desta forma recomenda-se a instalação de outro poço branco em local sem a interferência tanto do cemitério como do reflorestamento para confirmação dos objetivos complementares da pesquisa.

O quadro abaixo apresenta a classificação dos itens avaliados no presente trabalho em comparação com a Resolução do CONAMA nº 335/03.

Quadro 07 – Classificação dos itens analisados em comparação com a Resolução do CONAMA 335/03.

Resolução do CONAMA Nº 335/03	(A) Atende (B) Não atende
O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias.	B
Adotar-se-ão técnicas e práticas que permitam a troca gasosa, proporcionando, assim, as condições adequadas à decomposição dos corpos, exceto nos casos específicos previstos na legislação;	B
A área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de cinco metros em relação ao perímetro do cemitério, recuo que deverá ser ampliado, caso necessário, em função da caracterização hidrogeológica da área;	B
A área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;	B
O perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra;	B
O subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático.	B
Os resíduos sólidos, não humanos, resultantes da exumação dos corpos deverão ter destinação ambiental e sanitariamente adequada.	B

Fonte: Autor, 2021.

6 CONCLUSÃO

Os resultados dos parâmetros do meio físico: textura, infiltração, permeabilidade e nível freático apresentaram resultados em desconformidade com o estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 335/03, levando-nos a concluir que o local analisado é considerado impróprio para a instalação de cemitério horizontal segundo a legislação vigente.

As análises da qualidade da água subterrânea da área onde está situado o Cemitério Municipal de Araquari apresentaram resultados característicos de águas contaminadas por necrochorume.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo geral aferir os parâmetros físicos do cemitério municipal de Araquari e verificar se estão em conformidade com os parâmetros listados no art. 5º da Resolução CONAMA nº 335/03.

Para tanto, vários objetivos específicos relacionados ao levantamento de dados primários e secundários foram estabelecidos, como o levantamento topográfico, a instalação dos poços de monitoramento, determinação do nível freático, determinação do coeficiente de infiltração e permeabilidade do solo, avaliação da qualidade da água subterrânea, apontamento das inconformidades relacionadas aos parâmetros estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 335/03 e elaboração de um manual digital de regularização ambiental de cemitérios.

Os ensaios de permeabilidade e infiltração foram realizados em laboratório e *in situ*, respectivamente. Ambos indicaram que o solo da área de estudo não possui propriedades físicas adequadas por estarem em desconformidade com o estabelecido pelo CONAMA. O mesmo cenário de desconformidade com a norma ficou evidenciado com relação ao nível freático, onde constatou-se distanciamento inferior a 1,5 metro do fundo das sepulturas.

Para análise da qualidade da água subterrânea foram instalados três poços de monitoramento na área de sepultamento, denominados P-01, P-02 e P-03, e dois poços a montante em sentido contrário ao fluxo subterrâneo, denominados como Branco-01 e Branco-02.

Importa destacar que a necessidade de se instalar dois poços “Branco” se deu em decorrência das alterações na qualidade da água subterrânea do Branco-01. Os resultados das análises laboratoriais mostram alteração significativa na qualidade da água do poço situado fora da área de sepultamento numa distância de 10 metros, denominado Branco-01. Diante da necessidade de valores de referência da qualidade da água sem interferência da atividade cemiterial, novo poço de monitoramento foi instalado a mais de 90 metros área de sepultamento, denominado Branco-02.

A Resolução do CONAMA 335/03 não faz menção de quais os parâmetros devem ser analisados como indicadores de contaminação por necrochorume, desta forma convencionou-se utilizar os parâmetros presentes na Resolução do CONSEMA 119/17, quais sejam: pH; Condutividade; Cor Aparente; Turbidez; NTU; Sólidos Totais; Cloreto; Fosfato; Sulfato; Nitrato; Nitrito; Nitrogênio Amoniacal; Nitrogênio *Kjeldhal* Total; Bactérias Heterotróficas; Coliformes Totais; *Escherichia coli*; *Clostridium perfringens*.

As coletas das amostras de água subterrânea foram encaminhadas ao laboratório da Scaba Química em Jaraguá do Sul-SC, onde foram devidamente processadas e analisadas.

Os resultados apresentaram desconformidade com os limites estabelecidos por norma na ordem de 50 a 68,75% para os poços P-01, P-02, P-03 e Branco-01. Cenário distinto foi verificado no poço situado a montante da área de estudo, denominado Branco-02, onde os parâmetros estão 68,75% abaixo dos limites estabelecidos.

Alcançados os objetivos específicos, os dados obtidos serviram de subsídios para a construção de um parecer final que concluiu no sentido de que o meio físico onde está instalado o cemitério municipal de Araquari é impróprio para essa atividade, e por consequência comprometeu a qualidade da água subterrânea.

Frente aos resultados da pesquisa, recomenda-se a imediata interrupção dos sepultamentos abaixo do nível do solo e a regularização da atividade junto aos órgãos ambientais competentes. Dentre as medidas que certamente serão objeto do processo de regularização destacamos: a) a instalação da rede de drenagem; b) segregação dos resíduos de exumação; c) encaminhamento dos mesmo como resíduos de serviço de saúde; d) uso de EPI pelos colaboradores; e) investigação da abrangência da pluma de contaminação para monitoramento da qualidade da água subterrânea; f) controle de vetores e adequação das sepulturas em formato vertical no tocante a saída de gases; g) técnicas que impeçam o vazamento do necrochorume para o exterior do lóculo.

No decorrer da pesquisa observou-se que o cenário de descaso tocante aos problemas ambientais é consideravelmente superior em cemitérios públicos.

O risco aumenta com falta de políticas ambientais e cuidados sanitários em cemitérios públicos. De acordo com a tese desenvolvida pelo Prof. Dr. Bolívar Antunes Matos, do Instituto de Geociências da USP (Universidade de São Paulo) o maior problema está nos cemitérios administrados pelos municípios, onde os sepultamentos ocorrem em covas rasas e diretamente no solo, sem qualquer tipo de proteção. (...) A situação é crítica, segundo o hidrogeólogo Leziro Marques Silva, que nos últimos 35 anos pesquisou mais de 900 cemitérios no Brasil e no exterior. O resultado da pesquisa é alarmante. Desse universo de cemitérios pesquisados, de todos os municipais, 75% apresentam problemas de ordem tanto ambiental quanto sanitária (FELICIONI; ANDRADE; BORTOLOZZO, 2007).

Na ânsia de contribuir para alteração desse cenário de falta de políticas públicas relacionadas aos cuidados sanitários/ambientais dos cemitérios, como produto da pesquisa foi elaborado o Manual Digital de Regularização Ambiental de Cemitérios dirigido aos gestores de cemitérios de todo o estado de Santa Catarina, com propósito de fornecer informações sobre o processo de regularização ambiental junto aos órgãos competentes.

8 REFERÊNCIAS

ABNT. 2016. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo – Análise Granulométrica: NBR 7181/16. Rio de Janeiro, 12p.

ABNT. 1993. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: NBR 7229/93. Rio de Janeiro, 15p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Investigação Confirmatória. ABNT NBR 15515-2, 2011.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR 15495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas de aquíferos granulares. Parte 1 – Projetos e construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 25p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR 15495-2: Poços de monitoramento de águas subterrâneas de aquíferos granulares. Parte 2 – Desenvolvimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 24p.

ALCÂNTARA, Larissa Azambuja et al. Contaminação de recursos naturais por necrópoles. *Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas*, v. 11, n. 1, p. 17-28, 2010.

ALMEIDA, T.L.; SCHALCH, V. Avaliação da movimentação de líquidos contaminantes percolados nos poros do solo em locais de disposição de resíduos sólidos. VI simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. 15p, 2008.

ARAQUARI. Lei Municipal nº 3085/2016 de 16 de fevereiro de 2016. Dispõe sobre o regime de funcionamento e controle dos cemitérios públicos municipais e comunitários em operação. Fixa preço público e/ou taxas no município de Araquari. Araquari, 2016. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/a/araquari/lei-ordinaria/2016/309/3085/lei-ordinaria-n-3085-2016-dispoe-sobre-o-regime-de-funcionamento-e-controle-dos-cemiterios-publicos-municipais-e-comunitarios-em-operacao-fixa-preco-publico-e-ou-taxas-no-municipio-de-araquari?q=3085> Acessado em: 31 de outubro de 2021.

AZARIAS, V.; PUSCEDDU, L. (2021) Covid-19 e Necrochorume. Disponível em < <https://www.parquecientec.usp.br/passeio-virtual/solo-na-escola/covid-19-e-necrochorume> > Acesso em 27 de outubro de 2021.

BACK, A. J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J. L. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.16, n.4, p.391–398, 2012.

BIM, E.F. Licenciamento ambiental. 4 ed. Belo Horizonte : Fórum, 2019.

BRASIL: Mapa geológico do quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral. 1988.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1997_Res_CONAMA_237.pdf
Acesso em: 13 jan. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2003. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/> Acesso em: 13 jan. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 368, de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2006. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/> Acesso em: 03 de abr. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. 1986. Disponível em: Acesso em: 14 de abr. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 420 de 28 de Dezembro de 2009 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas. Brasília. Disponível em: Acesso em: Abr./2021.

BRASIL. Manual de saneamento. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007.

BRASIL. Painel Coronavírus, 2021. Disponível em <https://covid.saude.gov.br/>
Acessado em: 01 de novembro de 2021.

BIANCHINI, D.C.; BORBA, W.F.B.; FRANK, J.C.; KEMERICH, P.D.C.; UCKER, F.E.; WEBWE, D.P. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. REMOA, V13 n.5, Ed. Especial LPMA/UFSM. 9, 3777-3785, 2014.

BIGUELINI, C.P.; GUMY, M.P. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. v. 14, 23p, 153-175, 2012.

BODAH, E. T.; MARIO, D. N.; COSTA, C.; NECKEL, A; SABADIN, C. E. S. Environmental damage and public health threat caused by cemeteries: a proposal of ideal cemeteries for the growing urban sprawl. *Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)*, ISSN 2175-3369, 216-230, 2017.

BORNEMISSZA, G. F. An analysis of arthropod succession in carion and the effect of its decomposition on the soil fauna. *Australian Journal of Zoology*, 5, 1-2, 1957.

CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. *Geografia. Londrina-PR*, V8, 7p, 91-97, 1999.

CAPUTO, H.P. mecânica dos solos e suas aplicações. 6 Ed., rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CARVALHO, P.S.; FERREIRA, A.M.; OLIVEIRA, B.M.; OURIVES, E.M. Análise de impacto ambiental de cemitério no município de Três Pontos – MG. *Revista Brasileira de gestão Ambiental*. V. 11, n.1. 3, 109-111, 2017.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Implantação de cemitérios: Norma L1.040. São Paulo, 6p, 1999.

COSTA, L.A.; SILVA, P.A.; ANTUNES, P.A. Análise da atividade cemiterial na qualidade da água no município de Presidente Prudente-SP. *Geosul, Florianópolis*, v. 35, n. 76, p. 298-325, 2020.

CPRM. Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. Brasília: Ministério de Minas e Energia. 2014. 1:500.000.

EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS. Boletim de pesquisa n. 6, 1998.

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

FELICIONI, F.; ANDRADE, F.F.A.; BORTOLOZZO, N. A ameaça dos mortos. Cemitérios põem em risco a qualidade das águas subterrâneas. 1ª ed. Jundiaí: editora e gráfica Maxprint, 65p, 2007.

FELTRE, R. Físico-química. 6. Ed., v.2, p.228. São Paulo: Moderna, 2004.

FERNANDES, G.D.F.; FIGUEIREDO, A.S. KEMERICH, P.D.C.; SILVA, L.R.; SILVA, L.S. Índices Físicos do Solo e Alterações Químicas Decorrentes da Ocupação por Necrópoles em

Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul. Anuário do instituto de geociências – UFRJ. Vol. 41. 15, 328-342, 2018.

FERRARI, L.C.K.M. modelagem tridimensional de fluxo de águas subterrâneas em um aquífero livre e raso: aplicação no parque ecológico do Tiete – São Paulo. Instituto geociências – USP, São Paulo, 2006.

FILHO, V.J.F. Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero barreiras: estudo de caso em Benevides-PA. 2001.172 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

FILHO, W.M.; SILVA, R.W.C. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. Revista brasileira de ciências ambientais, 10, 26-35, 2008.

FINEZA, A. G. Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de Tabuleiro - MG. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 63. 2008.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. 2014. 1. ed, 112 p. Brasília, DF.

GOTARDO, R.; PIAZZA, G. A.; TORRES, E.; SEVERO, D. L.; KAUFMANN, V. Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. Geosul, Florianópolis, v.33, n. 67, p. 253-276, 2018.

GUEDES, M. A.; PREZOTO, H.S. cadáveres e sua diversidade de insetos: Uma revisão. Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora – CES/FF. 16, 2019.

GUERRA, J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (organizadores). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340p, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa geomorfologia - Joinville-SC. Escala 1:250.000, folha: SG.22-Z-B MIR-519. Rio de Janeiro: 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa geologia - Joinville-SC. Escala 1:250.000, folha: SG.22-Z-B MIR-519. Rio de Janeiro: 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa pedologia - Joinville-SC. Escala 1:250.000, folha: SG.22-Z-B MIR-519. Rio de Janeiro: 2004.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Balanço das precipitações ocorridas na Região Sul durante o verão 2020/2021. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-das-precipita%C3%A7%C3%B5es->

ocorridas-na-regi%C3%A3o-sul-durante-o-ver%C3%A3o-2020-2021>. Acessado em: 27 de out. 2021.

LELI, I.T.; ZAPAROLI, F.C.M.; SANTOS, V.C.; OLIVEIRA, M.; REIS, F.A.G.V. Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais. Bol. geogr., Maringá, v. 30, n. 1, p. 45-54, 2012.

LEPSCH, I.F. Formação e classificação dos solos. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 216p, 2010.

LUCENA, L.R.F.; FILHO, E.F.R.; BITTENCOURT, A.V.L. A potenciometria do aquífero barreiras no setor oriental da bacia do Rio Pirangi-RN e considerações sobre a relação com mananciais superficiais. Ver. Águas subterrâneas n.18, 10p, 19-28, 2004.

MARTINS, E. Análise dos processos de decomposição e sucessão ecológica em carcaças de suínos (*Sus scrofa* L.) mortos por disparo de arma de fogo e overdose de cocaína e protocolo de procedimento diante de corpo de delito. 2009. 120 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009.

MATOS, B.A. Avaliação da Ocorrência e do Transporte de Microrganismos no Aquífero Freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo. 2001.172 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MIGLIORINI, R.B. Cemitérios como fonte de poluição de aquíferos, estudo do cemitério de Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo. Dissertação mestrado – instituto de geociências, Universidade de São Paulo. 74p, 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 05, de 10 de dezembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Publicada no Diário Oficial da União nº 190-Suplemento, de 03 de outubro de 2017.

PARRON, M.P., MUNIZ, D.H.F., PEREIRA, C.M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas. ISSN 1980-3958, Documentos 232, Colombo – PR. 2011.

PECHECO, A. Meio ambiente & cemitérios. São Paulo: Série Meio Ambiente, 15. Editora Senac São Paulo, 191p, 2012.

PINHEIRO, R.J.B.; NUMMER, A.V.; RAUBER, A.C. Determinação da condutividade hidráulica das principais unidades geológico-geotécnicas de Santa Maria – RS. Geociências, UNESP. 17, 347-363, 2017.

SANTA CATARINA. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA. Resolução nº 119 de 01 de dezembro de 2017 - fine critérios para regularização e licenciamento ambiental de cemitérios, conforme art. 11 da Resolução CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003, alterada pela Resolução CONAMA nº 402, de 17 de novembro de 2008 e altera o Anexo VI da Resolução CONSEMA nº 98, de 5 de maio de 2017 e o Anexo Único da Resolução CONSEMA nº 99, de 5 de maio de 2017. Florianópolis. Acesso em maio de 2021.

SANTA CATARINA. Instrução Normativa nº 52 de outubro de 2019. Definir a documentação necessária ao licenciamento e estabelecer critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais para implantação de cemitérios, incluindo tratamento de resíduos líquidos, tratamento e disposição de resíduos sólidos e outros passivos ambientais. Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas> Acessada em 01 d novembro de 2021.

SILVA, M.P. Qualidade da água subterrânea em área de cemitério horizontal em Caçapava do Sul-RS. Universidade Federal do Pampa, 45p, 2017.

SILVA, L.M. Os Cemitérios na Problemática Ambiental. In: SINCESP & ACEMBRA: Seminário Nacional “Cemitérios e Meio Ambiente”, São Paulo, 1995. 1., 1995. (Apostila).

SANTOS, R. A. Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas do Município de Iraquara, Bahia. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2011.

TORRES, F.T.P. introdução a hidrogeografia. São Paulo : Cengage Learning, 178p, 2012.

9 APÊNDICES E ANEXOS



Governo do Estado de Santa Catarina
Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca
Epagri Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina



Laboratório de Análise de Solos
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

Análise Granulométrica

Produtor...: Marcelo Mauri da Cunha - 006.975.809-38
Localidade...: Centro
Município...: ARAQUARI/SC
Remetente...: EPAGRI Araquari
Município...: ARAQUARI/SC
Matrícula...:

Nº do Relatório: 113673
Data Entrada: 26/01/2021
Data Análise: 04/02/2021
Data Emissão: 05/02/2021
Cópias.....: 5

Nº da Amostra	Ref.	Área (ha)	Análise Granulométrica (%)			Zoneamento Agrícola
			Argila	Areia	Silte	
45025	01 - Centro	--	5,2	88,2	6,6	--
45026	02 - Canto Frente	--	5,2	89,7	5,1	--
45027	03	--	9,7	83,9	6,4	--
45028	04 - Branco	--	7,5	87,5	5,0	--

Cristiano Mora
QUÍMICO CRQ XIII 13100823
Responsável Técnico

Selo digital de fiscalização de laudo
EDF34C0A-3619-44F8-8B12-57177588F966
Confira os dados do laudo em:
<http://solosit.epagri.sc.gov.br/>



Governo do Estado de Santa Catarina
Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca
Epagri Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina



Laboratório de Análise de Solos
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

Análise Granulométrica

Produtor...: Marcelo Mauri da Cunha - 006.975.809-38 N° do Relatório: 119794
Localidade...: Ecoparque R. dos Pássaros-Centro Data Entrada: 27/04/2021
Município...: ARAQUARI/SC Data Análise: 06/05/2021
Remetente...: EPAGRI Barra Velha Data Emissão: 06/05/2021
Município...: BARRA VELHA/SC Cópias.....: 2
Matrícula...:

N° da Amostra	Ref.	Área (ha)	Análise Granulométrica (%)			Zoneamento Agrícola
			Argila	Areia	Silte	Tipo de Solo
45508	05 - Branco 2	--	8,8	80,6	10,6	--

Cristiano Mora
QUÍMICO CRQ XIII 13100823
Responsável Técnico

Selo digital de fiscalização de laudo
462603E2-C2A0-4F3B-AE5-C4844F10D52D
Confira os dados do laudo em:
<http://solosit.epagri.sc.gov.br/>


Relatório de Ensaio 1163/2021.1

Este relatório de ensaio cancela e substitui o relatório 1163/2021.0

Proposta Técnica: PC371/2021

Data de Publicação: 05/04/2021 14:19

Identificação Conta	
Ciente: Marcelo Mauri da Cunha	CNPJ/CPF: 006.975.809-38
Endereço: Av. Amando P. Petrelli, 476 - Centro - Barra Velha - Brazil	

N° Amostra: 53516 - Branco - Coord. UTM 726949/7080491 - NF 1,37 m	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	
Data Coleta: 12/03/2021 10:00	Data Recebimento: 15/03/2021 07:42
Responsabilidade da Amostragem: Contratante	Local da Amostragem: Cemitério Municipal de Araquari (R. Antônio Ramos Alvin, 466 - Centro - Araquari/SC)

Resultados Analíticos

Físico Químico					
Análise	Resultado	CONSEMA N° 119	LQ	Referência	Data Análise
pH	8,28	6,0 - 9,5	-	SMWW 4500-HH B	15/03/2021
Condutividade elétrica	1.651 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	-	1	SMWW 2510 B	15/03/2021
Cor Aparente	667,0 mg Pt-Co L^{-1}	-	0,2	SMWW 2120 C.	15/03/2021
Turbidez	2.520,00 NTU	-	1,00	SMWW - 2130 B	15/03/2021
Sólidos Totais	2.770,00 mg L^{-1}	-	10,00	SMWW - 2540B	16/03/2021
Cloretos Totais	20,56 mg $\text{Cl}\cdot\text{L}^{-1}$	$\leq 250,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	10,00	SMWW 4500-Cl B.	15/03/2021
Fosfato Total	19,76 mg L^{-1}	-	0,20	SMWW - 4500-P E.	15/03/2021
Sulfatos Totais	144,30 mg L^{-1}	$\leq 250,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	2,50	SMWW - 4110B	15/03/2021
Nitratos	15,9 mg L^{-1}	$\leq 10,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,9	Análogo a ISO 7890-1; DIN 38405 D9-2.	15/03/2021
Nitritos	1,12 mg L^{-1}	$\leq 1,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,10	SMWW 4500-NO2-	15/03/2021
Nitrogênio Amoniacal Total	2,50 mg L^{-1}	$\leq 1,25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,05	SMWW 4500-NH3 F4-114	15/03/2021
Nitrogênio Kjeldahl	101,85 mg L^{-1}	-	1,00	SMWW 4500-Norg C d	15/03/2021

Microbiológico					
Análise	Resultado	CONSEMA N° 119	LQ	Referência	Data Análise
Bactérias Heterotróficas à 36°C	56.000 UFC.mL ⁻¹	$\leq 500 \text{ UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$	0	SMWW - 9223B	12/03/2021
Contagem de Coliformes Totais	2320 NMP.100mL ⁻¹	-	0	SMWW - 9223B - 9221E	12/03/2021
Contagem de E. Coli	240 NMP.100mL ⁻¹	Ausente NMP.100mL ⁻¹	0	SMWW - 9223B - 9221E	12/03/2021

Subcontratado (Microbiológico)					
Análise	Resultado	CONSEMA N° 119	LQ	Referência	Data Análise
Clostridium Perfringens	<10 UFC/100mL	-	-	---	24/03/2021

Interpretações					
O(s) parâmetro(s) abaixo Não Atende(m) a Resolução CONSEMA N° 119, de 01 de Dezembro de 2017:					
<ul style="list-style-type: none"> Bactérias Heterotróficas à 35°C, Nitratos, Nitritos, Nitrogênio Amoniacal Total 					


Relatório de Ensaio 1715/2021.1
 Este relatório de ensaio cancela e substitui o relatório 1715/2021.0

Proposta Técnica: PC371/2021

Data de Publicação: 29/04/2021 09:37

Identificação Conta	
Ciente: Marcelo Mouri da Cunha	CNPJ/CPF: 006.975.809-38
Endereço: Av. Armando P. Petrelli, 476 - Centro - Barra Velha - Brazil	
Nº Amostra: 54844 - Branco 2 - Coord. UTM 727037/7080475	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	
Data Coleta: 19/04/2021 08:30	Data Recebimento: 19/04/2021 15:30
Responsabilidade da Amostragem: Contratante	

Resultados Analíticos

Físico Químico

Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
pH	6,15	6,0 - 9,5	-	SMWW 4500-H+ B	20/04/2021
Cor Aparente	5.255,0 mg Pt-Co L ⁻¹	-	0,2	SMWW 2120 C.	20/04/2021
Turbidez	6.725,00 NTU	-	1,00	SMWW - 2130 B	20/04/2021
Sólidos Totais	7.730,00 mg L ⁻¹	-	10,00	SMWW - 2540B	20/04/2021
Cloratos Totais	209,16 mg Cl ⁻¹ L ⁻¹	≤ 250,00 mg L ⁻¹	10,00	SMWW 4500-Cl B.	20/04/2021
Fosfato Total	21,35 mg L ⁻¹	-	0,20	SMWW - 4500-P E.	20/04/2021
Sulfatos Totais	< 2,50 mg L ⁻¹	≤ 250,00 mg L ⁻¹	2,50	SMWW - 4110B	20/04/2021
Nitratos	< 0,9 mg L ⁻¹	≤ 10,00 mg L ⁻¹	0,9	Análogo a ISO 7890-1; DIN 38405 D9-2.	20/04/2021
Nitritos	< 0,10 mg L ⁻¹	≤ 1,00 mg L ⁻¹	0,10	SMWW 4500-NO2-	20/04/2021
Nitrogênio Amomiacal Total	1,11 mg L ⁻¹	≤ 1,25 mg L ⁻¹	0,05	SMWW 4500-NH3 F4-114	20/04/2021
Nitrogênio Kjeldahl	26,23 mg L ⁻¹	-	1,00	SMWW 4500-Norg C d	20/04/2021
Condutividade elétrica	114,3 µS.cm ⁻¹	-	1	SMWW 2510 B	20/04/2021

Microbiológico

Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
Bactérias Heterotróficas à 36°C	38 UFC.mL ⁻¹	≤ 500 UFC.mL ⁻¹	0	SMWW - 9223B	19/04/2021
Contagem de Coliformes Totais	1200 NMP.100mL ⁻¹	-	0	SMWW - 9223B - 9221E	19/04/2021
Contagem de E. Coli	Ausente NMP.100mL ⁻¹	Ausente NMP.100mL ⁻¹	0	SMWW - 9223B - 9221E	19/04/2021

Subcontratado (Microbiológico)

Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
Clostridium Perfringens	< 10 UFC/100mL	-	10	Anexo II e Nota de Diretiva 93/93/CE	23/04/2021

Interpretações

Os parâmetros analisados na amostra atendem a Resolução CONSEMA Nº 119, de 01 de Dezembro de 2017.

Notas

Legenda:

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
 LQ: Limite de quantificação do método utilizado

- Laboratório reconhecido pelo IMA/ISC, certificado nº 3763/2020 FCEI: 559916.
- Os resultados apresentados referem-se tão somente às características próprias das respectivas amostras analisadas e não substituem ou invalidam resultados de amostras coletadas anteriormente;
- A Scaba Química não se responsabiliza por dados informados pelo cliente;
- A constatação dos resultados dos ensaios deverá ser formalizada no prazo de 5 dias após a publicação do relatório de ensaio;
- As interpretações dos resultados deste relatório de ensaio não fazem parte do escopo deste laboratório, e tem significado restrito ao comparativo com a legislação informada, servindo apenas para fins de referência. É de responsabilidade do interessado a utilização dos limites apropriados à finalidade da avaliação;
- O conteúdo deste relatório somente poderá ser reproduzido por inteiro, e sem nenhuma modificação. A reprodução por parte requer a aprovação da Scaba Química.
- As amostras foram coletadas e acondicionadas pelo cliente. Os resultados apresentados se aplicam à amostra conforme recebida.


Relatório de Ensaio 1161/2021.1
 Este relatório de ensaio cancela e substitui o relatório 1161/2021.0

Proposta Técnica: PC371/2021

Data de Publicação: 05/04/2021 14:19

Identificação Conta	
Ciente: Marcelo Mauri da Cunha	CNPJ/CPF: 006.575.809-38
Endereço: Av. Amando P. Petrelli, 476 - Centro - Barra Velha - Brazil	
N° Amostra: 53518 - Poço 2 - Coord. UTM 726882/7080494 - NF 1,06 m	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	
Data Coleta: 12/03/2021 10:30	Data Recebimento: 15/03/2021 07:42
Responsabilidade da Amostragem: Contratante	

Resultados Analíticos

Físico Químico					
Análise	Resultado	CONSEMA N° 119	LQ	Referência	Data Análise
pH	7,21	6,0 - 9,5	-	SMWW 4500-H B	15/03/2021
Condutividade elétrica	1.556 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	-	1	SMWW 2510 B	15/03/2021
Cor Aparante	713,0 mg Pt-Co L ⁻¹	-	0,2	SMWW 2120 C.	15/03/2021
Turbidez	1.940,00 NTU	-	1,00	SMWW - 2130 B	15/03/2021
Sólidos Totais	4.350,00 mg L ⁻¹	-	10,00	SMWW - 2540B	16/03/2021
Cloretos Totais	15,60 mg Cl L ⁻¹	$\leq 250,00 \text{ mg L}^{-1}$	10,00	SMWW 4500-Cl B.	15/03/2021
Fosfato Total	15,45 mg L ⁻¹	-	0,20	SMWW - 4500-P E.	15/03/2021
Sulfatos Totais	774,70 mg L ⁻¹	$\leq 250,00 \text{ mg L}^{-1}$	2,50	SMWW - 4110B	15/03/2021
Nitratos	16,2 mg L ⁻¹	$\leq 10,00 \text{ mg L}^{-1}$	0,9	Análogo a ISO 7890-1; DIN 38405 D9-2.	15/03/2021
Nitritos	0,50 mg L ⁻¹	$\leq 1,00 \text{ mg L}^{-1}$	0,10	SMWW 4500-NO2-	15/03/2021
Nitrogênio Amomiacal Total	8,75 mg L ⁻¹	$\leq 1,25 \text{ mg L}^{-1}$	0,05	SMWW 4500-NH3 F4-114	15/03/2021
Nitrogênio Kjeldahl	150,25 mg L ⁻¹	-	1,00	SMWW 4500-Norg C d	15/03/2021

Microbiológico					
Análise	Resultado	CONSEMA N° 119	LQ	Referência	Data Análise
Bactérias Heterotróficas à 36°C	50.000 UFC.mL ⁻¹	$\leq 500 \text{ UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$	0	SMWW - 9223B	12/03/2021
Contagem de Coliformes Totais	8160 NMP.100mL ⁻¹	-	0	SMWW - 9223S - 9221E	12/03/2021
Contagem de E. Coli	160 NMP.100mL ⁻¹	Ausente NMP.100mL ⁻¹	0	SMWW - 9223S - 9221E	12/03/2021

Subcontratado (Microbiológico)					
Análise	Resultado	CONSEMA N° 119	LQ	Referência	Data Análise
Clostridium Perfringens	<10 UFC/100mL	-	-	---	24/03/2021

Interpretações

O(s) parâmetro(s) abaixo **Não Atende(m)** a Resolução CONSEMA N° 119, de 01 de Dezembro de 2017.

- Bactérias Heterotróficas à 36°C, Nitratos, Nitrogênio Amomiacal Total, Sulfatos Totais


Relatório de Ensaio 1160/2021.1

Este relatório de ensaio cancela e substitui o relatório 1160/2021.0

Proposta Técnica: PC371/2021

Data de Publicação: 05/04/2021 14:19

Identificação Conta	
Cliente: Marcelo Mauri da Cunha	CNPJ/CPF: 006.975.806-38
Endereço: Av. Armando P. Petrelli, 476 - Centro - Barra Velha - Brazil	
Nº Amostra: 53519 - Poço 3 - Coord. UTM 726803/7080524 -NF 0,46 m	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	
Data Coleta: 12/03/2021 10:45	Data Recabimento: 15/03/2021 07:42
Responsabilidade da Amostragem: Contratante	

Resultados Analíticos

Físico Químico					
Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
pH	7,80	6,0 - 8,5	-	SMWW 4500-H+ B	15/03/2021
Condutividade elétrica	1.642 $\mu\text{S cm}^{-1}$	-	1	SMWW 2510 B	15/03/2021
Cor Aparante	501,0 mg Pt-Co L ⁻¹	-	0,2	SMWW 2120 C.	15/03/2021
Turbidez	940,00 NTU	-	1,00	SMWW - 2130 B	15/03/2021
Sólidos Totais	2.920,00 mg L ⁻¹	-	10,00	SMWW - 2540B	16/03/2021
Cloratos Totais	14,18 mg Cl ⁻¹	$\leq 250,00 \text{ mg L}^{-1}$	10,00	SMWW 4500-Cl B.	15/03/2021
Fosfato Total	8,97 mg L ⁻¹	-	0,20	SMWW - 4500-P E.	15/03/2021
Sulfatos Totais	36,70 mg L ⁻¹	$\leq 250,00 \text{ mg L}^{-1}$	2,50	SMWW - 4110B	15/03/2021
Nitratos	8,1 mg L ⁻¹	$\leq 10,00 \text{ mg L}^{-1}$	0,9	Análogo a ISO 7890-1; DIN 38405 D9-2.	15/03/2021
Nitritos	0,30 mg L ⁻¹	$\leq 1,00 \text{ mg L}^{-1}$	0,10	SMWW 4500-NO2-	15/03/2021
Nitrogênio Amoniacal Total	5,80 mg L ⁻¹	$\leq 1,25 \text{ mg L}^{-1}$	0,05	SMWW 4500-NH3 F4-114	15/03/2021
Nitrogênio Kjeldahl	91,15 mg L ⁻¹	-	1,00	SMWW 4500-Norg C d	15/03/2021

Microbiológico					
Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
Bactérias Heterotróficas à 36°C	36.000 UFC.mL ⁻¹	$\leq 500 \text{ UFC.mL}^{-1}$	0	SMWW - 9223B	12/03/2021
Contagem de Coliformes Totais	8000 NMP.100mL ⁻¹	-	0	SMWW - 9223B - 9221E	12/03/2021
Contagem de E. Coli	Ausente NMP.100mL ⁻¹	Ausente NMP.100mL ⁻¹	0	SMWW - 9223B - 9221E	12/03/2021

Subcontratado (Microbiológico)					
Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
Clostridium Perfringens	<10 UFC/100mL	-	-	---	24/03/2021

Interpretações					
O(s) parâmetro(s) abaixo Não Atende(m) a Resolução CONSEMA Nº 119, de 01 de Dezembro de 2017:					
<ul style="list-style-type: none"> Bactérias Heterotróficas à 36°C, Nitrogênio Amoniacal Total 					



Relatório de Ensaio 1162/2021.1

Este relatório de ensaio cancela e substitui o relatório 1162/2021.0

Proposta Técnica: PC371/2021

Data de Publicação: 05/04/2021 14:19

Identificação Conta	
Cliente: Marcelo Mauri da Cunha	CNPJ/CPF: 006.975.809-38
Endereço: Av. Armando P. Petre, 476 - Centro - Barra Velha - Brazil	
Nº Amostra: 53517 - Poço 1 - Coord. UTM 726928/7080461 - NF 1,30 m	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	
Data Coleta: 12/03/2021 10:15	Data Recabimento: 15/03/2021 07:42
Responsabilidade da Amostragem: Contratante	

Resultados Analíticos

Físico Químico					
Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
pH	6,66	6,0 - 9,5	-	SMWW 4500-H+ B	15/03/2021
Condutividade elétrica	1.540 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	-	1	SMWW 2510 B	15/03/2021
Cor Aparente	947,0 mg Pt-Co L^{-1}	-	0,2	SMWW 2120 C.	15/03/2021
Turbidez	2.370,00 NTU	-	1,00	SMWW - 2130 B	15/03/2021
Sólidos Totais	4.850,00 mg L^{-1}	-	10,00	SMWW - 2540B	16/03/2021
Cloretos Totais	12,76 mg $\text{Cl}\cdot\text{L}^{-1}$	$\leq 250,00$ mg L^{-1}	10,00	SMWW 4500-Cl B.	15/03/2021
Fosfato Total	17,29 mg L^{-1}	-	0,20	SMWW - 4500-P E.	15/03/2021
Sulfatos Totais	206,90 mg L^{-1}	$\leq 250,00$ mg L^{-1}	2,50	SMWW - 4110B	15/03/2021
Nitratos	16,1 mg L^{-1}	$\leq 10,00$ mg L^{-1}	0,9	Análogo a ISO 7890-1; DIN 38405 D9-2.	15/03/2021
Nitritos	0,60 mg L^{-1}	$\leq 1,00$ mg L^{-1}	0,10	SMWW 4500-NO2-	15/03/2021
Nitrogênio Amôniaco Total	3,30 mg L^{-1}	$\leq 1,25$ mg L^{-1}	0,65	SMWW 4500-NH3 F4-114	15/03/2021
Nitrogênio Kjeldahl	30,10 mg L^{-1}	-	1,00	SMWW 4500-Norg C d	15/03/2021

Microbiológico					
Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
Bactérias Heterotróficas à 36°C	74.000 UFC.mL ⁻¹	≤ 500 UFC.mL ⁻¹	0	SMWW - 9223B	12/03/2021
Contagem de Coliformes Totais	14800 NMP.100mL ⁻¹	-	0	SMWW - 9223B - 9221E	12/03/2021
Contagem de E. Coli	400 NMP.100mL ⁻¹	Ausente NMP.100mL ⁻¹	0	SMWW - 9223B - 9221E	12/03/2021

Subcontratado (Microbiológico)

Análise	Resultado	CONSEMA Nº 119	LQ	Referência	Data Análise
Clostridium Perfringens	<10 UFC/100mL	-	-	---	24/03/2021

Interpretações

O(s) parâmetro(s) abaixo Não Atende(m) a Resolução CONSEMA Nº 119, de 01 de Dezembro de 2017:

- Bactérias Heterotróficas à 36°C, Nitratos, Nitrogênio Amôniaco Total

ENSAIO DE PERMEABILIDADE DE CARGA VARIÁVEL

RE MISTRADO - 02/21

Cliente: Mestrado
Amostra: AM01 - 1º estágio
Data: 15/02/2021

Características da amostra

Amostra	Cilindro	Massa do cilindro (g)	1008,78
Altura (cm):	116,0	Área (cm ²):	84,62
Diâmetro (cm):	10,4	Volume (cm ³):	9816,18

Características do corpo de prova

Massa do cilindro + Solo + Água (g)	2715,00
Massa do Solo + Água (g):	1706,22
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):	0,174
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):	0,137

Características do permeâmetro

Altura inicial da coluna de água - h ₀ (cm):	116,00
---	--------

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula n°	34	64	74
Tara (g)	8,55	8,10	8,26
Massa úmida + tara (g)	31,88	28,69	31,94
Massa seca + tara (g)	26,94	24,29	26,80
Massa da água (g)	4,94	4,4	5,14
Massa do solo seco (g)	18,39	16,19	18,54
Umidade (%)	26,86	27,18	27,72
Umidade média (%)	27,25		

t (h:m)	delta t (s)	leitura (cm)	Vácuo (mmHg)	cm.c.a	h (cm)	temperatura (°C)	k _t (cm/s)	k _{20°} (cm/s)
14:05:00		80,0	0	0,00	198,00	27,0		
14:20:00	900	75,8	0	0,00	191,80	27,0	1,85E-04	1,56E-04
14:35:00	900	71,7	0	0,00	187,70	27,0	1,84E-04	1,56E-04
14:50:00	900	67,4	0	0,00	183,40	27,0	1,97E-04	1,67E-04
15:05:00	900	64,7	0	0,00	180,70	27,0	1,26E-04	1,07E-04
15:20:00	900	61,6	0	0,00	177,60	27,0	1,47E-04	1,25E-04
15:35:00	900	58,0	0	0,00	174,00	26,5	1,74E-04	1,51E-04
15:50:00	900	55,0	0	0,00	171,00	26,5	1,48E-04	1,28E-04
16:05:00	900	52,6	0	0,00	168,60	26,5	1,20E-04	1,04E-04
16:20:00	900	49,5	0	0,00	165,50	26,5	1,58E-04	1,37E-04
16:35:00	900	46,9	0	0,00	162,90	26,5	1,35E-04	1,17E-04
16:50:00	900	45,0	0	0,00	161,00	26,5	9,99E-05	8,67E-05
17:05:00	900	42,4	0	0,00	158,40	26,5	1,39E-04	1,20E-04

K_{20°} (cm/s) - média

1,30E-04

ENSAIO DE PERMEABILIDADE DE CARGA VARIÁVEL

RE MISTRADO - 02/21

Cliente: Mestrado
Amostra: AM01 - 2º estágio
Data: 16/02/2021

Características da amostra

Amostra	Cilindro	Massa do cilindro (g)	1008,78
Altura (cm):	116,0	Área (cm ²):	85,11
Diâmetro (cm):	10,4	Volume (cm ³):	9873,00

Características do corpo de prova

Massa do cilindro + Solo + Água (g):	2715,00
Massa do Solo + Água (g):	1706,22
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):	0,173
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):	0,136

Características do permeâmetro

Altura inicial da coluna de água - h ₀ (cm):	113,00
---	--------

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula n°	34	64	74
Tara (g)	8,55	8,10	8,26
Massa úmida + tara (g)	31,88	28,69	31,94
Massa seca + tara (g)	26,94	24,29	26,80
Massa da água (g)	4,94	4,4	5,14
Massa do solo seco (g)	18,39	16,19	18,54
Umidade (%)	26,86	27,18	27,72
Umidade média (%)	27,25		

t (h:m)	delta t (s)	leitura (cm)	Vácuo (mmHg)	cm.c.a	h (cm)	temperatura (°C)	k _t (cm/s)	k _{20°} (cm/s)
08:00:00		80,0	0	0,00	193,00	25,0		
08:15:00	900	76,0	0	0,00	189,00	25,0	1,77E-04	1,57E-04
08:30:00	900	73,1	0	0,00	186,10	25,0	1,31E-04	1,16E-04
08:45:00	900	70,2	0	0,00	183,20	25,5	1,33E-04	1,18E-04
09:00:00	900	67,4	0	0,00	180,40	25,5	1,30E-04	1,16E-04
09:15:00	900	64,8	0	0,00	177,80	25,5	1,23E-04	1,09E-04
09:30:00	900	62,0	0	0,00	175,00	25,5	1,34E-04	1,19E-04
09:45:00	900	59,2	0	0,00	172,20	25,5	1,37E-04	1,21E-04
10:00:00	900	56,9	0	0,00	169,90	25,5	1,14E-04	1,01E-04
10:15:00	900	54,5	0	0,00	167,50	26,0	1,20E-04	1,04E-04
10:30:00	900	51,9	0	0,00	164,90	26,0	1,32E-04	1,15E-04
10:45:00	900	49,6	0	0,00	162,60	26,0	1,19E-04	1,03E-04
11:15:00	1800	45,2	0	0,00	158,20	26,0	1,16E-04	1,01E-04

K_{20°} (cm/s) - média

1,15E-04

ENSAIO DE PERMEABILIDADE DE CARGA VARIÁVEL

RE MESTRADO - 02/21

Cliente: Mestrado
 Amostra: AM02 - 1º estágio
 Data: 16/02/2021

Características da amostra

Amostra	Cilindro	Massa do cilindro (g)	1017,11
Altura (cm):	116,0	Área (cm ²):	83,97
Diâmetro (cm):	10,3	Volume (cm ³):	9740,67

Características do corpo de prova

Massa do cilindro + Solo + Água (g)	2762,00
Massa do Solo + Água (g):	1744,89
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):	0,179
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):	0,153

Características do permeâmetro

Altura inicial da coluna de água - h ₃ (cm):	113,00
---	--------

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula nº	28	29	60
Tara (g)	7,90	8,48	7,96
Massa úmida + tara (g)	31,48	31,61	27,45
Massa seca + tara (g)	28,07	28,17	24,72
Massa da água (g)	3,41	3,44	2,73
Massa do solo seco (g)	20,17	19,69	16,76
Umidade (%)	16,91	17,47	16,29
Umidade média (%)	16,89		

t (h:m)	delta t (s)	leitura (cm)	Vácuo (mmHg)	cm.c.a	h (cm)	temperatura (°C)	k _i (cm/s)	k _{20°} (cm/s)
14:30:00		80,0	0	0,00	193,00	27,5		
14:45:00	900	65,9	0	0,00	178,90	27,5	6,51E-04	5,52E-04
15:00:00	900	56,6	0	0,00	169,60	28,0	4,58E-04	3,80E-04
15:15:00	900	48,0	0	0,00	161,00	28,0	4,47E-04	3,70E-04
15:30:00	900	39,1	0	0,00	152,10	28,0	4,88E-04	4,04E-04
15:45:00	900	31,9	0	0,00	144,90	28,0	4,16E-04	3,45E-04
16:00:00	900	24,4	0	0,00	137,40	27,5	4,56E-04	3,87E-04
16:15:00	900	18,6	0	0,00	131,60	27,5	3,70E-04	3,14E-04
16:30:00	900	12,6	0	0,00	125,60	27,5	4,01E-04	3,39E-04
16:45:00	900	6,8	0	0,00	119,80	27,5	4,06E-04	3,44E-04
17:00:00	900	3,0	0	0,00	116,00	27,5	2,77E-04	2,34E-04
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

K_{20°} (cm/s) - média

3,67E-04

ENSAIO DE PERMEABILIDADE DE CARGA VARIÁVEL

RE MISTRADO - 02/21

Cliente: Mestrado
Amostra: AM02 - 2º estágio
Data: 17/02/2021

Características da amostra

Amostra	Cilindro	Massa do cilindro (g)	1017,11
Altura (cm):	116,0	Área (cm ²):	83,97
Diâmetro (cm):	10,3	Volume (cm ³):	9740,67

Características do corpo de prova

Massa do cilindro + Solo + Água (g)	2762,00
Massa do Solo + Água (g):	1744,89
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):	0,179
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):	0,153

Características do permeômetro

Altura inicial da coluna de água - h ₀ (cm):	113,00
---	--------

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula n°	28	29	60
Tara (g)	7,90	8,48	7,96
Massa úmida + tara (g)	31,48	31,61	27,45
Massa seca + tara (g)	28,07	28,17	24,72
Massa da água (g)	3,41	3,44	2,73
Massa do solo seco (g)	20,17	19,69	16,76
Umidade (%)	16,91	17,47	16,29
Umidade média (%)	16,89		

t (h:m)	delta t (s)	leitura (cm)	Vácuo (mmHg)	cm.c.a	h (cm)	temperatura (°C)	k _i (cm/s)	k ₅₀ (cm/s)
08:00:00		80,0	0	0,00	193,00	25,5		
08:15:00	900	67,1	0	0,00	180,10	25,5	5,94E-04	5,27E-04
08:30:00	900	56,4	0	0,00	169,40	25,5	5,26E-04	4,66E-04
08:45:00	900	47,2	0	0,00	160,20	25,5	4,79E-04	4,25E-04
09:00:00	900	40,4	0	0,00	153,40	25,5	3,72E-04	3,30E-04
09:15:00	900	33,6	0	0,00	146,60	26,0	3,89E-04	3,38E-04
09:30:00	900	26,6	0	0,00	139,60	26,0	4,20E-04	3,64E-04
09:45:00	900	21,2	0	0,00	134,20	296,0	3,39E-04	9,53E-05
10:00:00	900	15,4	0	0,00	128,40	26,0	3,79E-04	3,29E-04
10:30:00	1800	5,8	0	0,00	118,80	26,0	3,34E-04	2,89E-04
10:45:00	900	0,5	0	0,00	113,50	26,0	3,92E-04	3,40E-04
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

K₂₀° (cm/s) - média

3,50E-04

ENSAIO DE PERMEABILIDADE DE CARGA VARIÁVEL

RE MISTRADO - 02/21

Cliente: Mestrado
Amostra: AM03 - 1º estágio
Data: 17/02/2021

Características da amostra

Amostra	Cilindro	Massa do cilindro (g)	996,65
Altura (cm):	116,0	Área (cm ²):	84,95
Diâmetro (cm):	10,4	Volume (cm ³):	9854,05

Características do corpo de prova

Massa do cilindro + Solo + Água (g)	2668,00
Massa do Solo + Água (g):	1569,35
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm ³):	0,169
Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³):	0,124

Características do permeâmetro

Altura inicial da coluna de água - h ₀ (cm):	113,00
---	--------

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Cápsula n°	48	87	90
Tara (g)	7,60	7,95	8,06
Massa úmida + tara (g)	31,66	28,75	28,48
Massa seca + tara (g)	25,20	23,31	22,79
Massa da água (g)	6,46	5,44	5,69
Massa do solo seco (g)	17,6	15,36	14,73
Umidade (%)	36,70	35,42	38,63
Umidade média (%)	36,92		

t (h:m)	delta t (s)	leitura (cm)	Vácuo (mmHg)	cm.c.a	h (cm)	temperatura (°C)	k _i (cm/s)	k _{50°} (cm/s)
14:35:00		80,0	0	0,00	193,00	28,0		
14:50:00	900	78,2	0	0,00	191,20	28,0	7,95E-05	6,59E-05
15:05:00	900	76,6	0	0,00	189,60	28,0	7,13E-05	5,91E-05
15:20:00	900	74,1	0	0,00	187,10	28,5	1,13E-04	9,33E-05
15:35:00	900	73,4	0	0,00	186,40	28,5	3,18E-05	2,64E-05
15:50:00	900	71,9	0	0,00	184,90	28,5	6,86E-05	5,68E-05
16:05:00	900	70,4	0	0,00	183,40	28,5	6,91E-05	5,73E-05
16:20:00	900	68,8	0	0,00	181,80	28,5	7,44E-05	6,16E-05
16:35:00	900	67,2	0	0,00	180,20	28,5	7,50E-05	6,21E-05
16:50:00	900	66,2	0	0,00	179,20	28,5	4,72E-05	3,91E-05
17:05:00	900	64,8	0	0,00	177,80	29,0	6,66E-05	5,40E-05
17:20:00	900	63,4	0	0,00	176,40	29,0	6,71E-05	5,44E-05
	-			-	-		-	-

K_{20°} (cm/s) - média

5,73E-05

ENSAIO DE PERMEABILIDADE DE CARGA VARIÁVEL

RE MESTRADO - 02/21

Cliente: Mestrado
Amostra: AM03 - 2º estágio
Data: 18/02/2021

Características da amostra

Amostra	<i>Cilindro</i>	Massa do cilindro (g)	998,65
Altura (cm):	116,0	Área (cm²):	84,95
Diâmetro (cm):	10,4	Volume (cm³):	9854,05

Características do corpo de prova

Massa do cilindro + Solo + Água (g)	2668,00
Massa do Solo + Água (g):	1669,35
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm³):	0,169
Massa Específica Aparente Seca (g/cm³):	0,124

Características do permeâmetro

Altura inicial da coluna de água - h₀ (cm):	113,00
---	--------

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

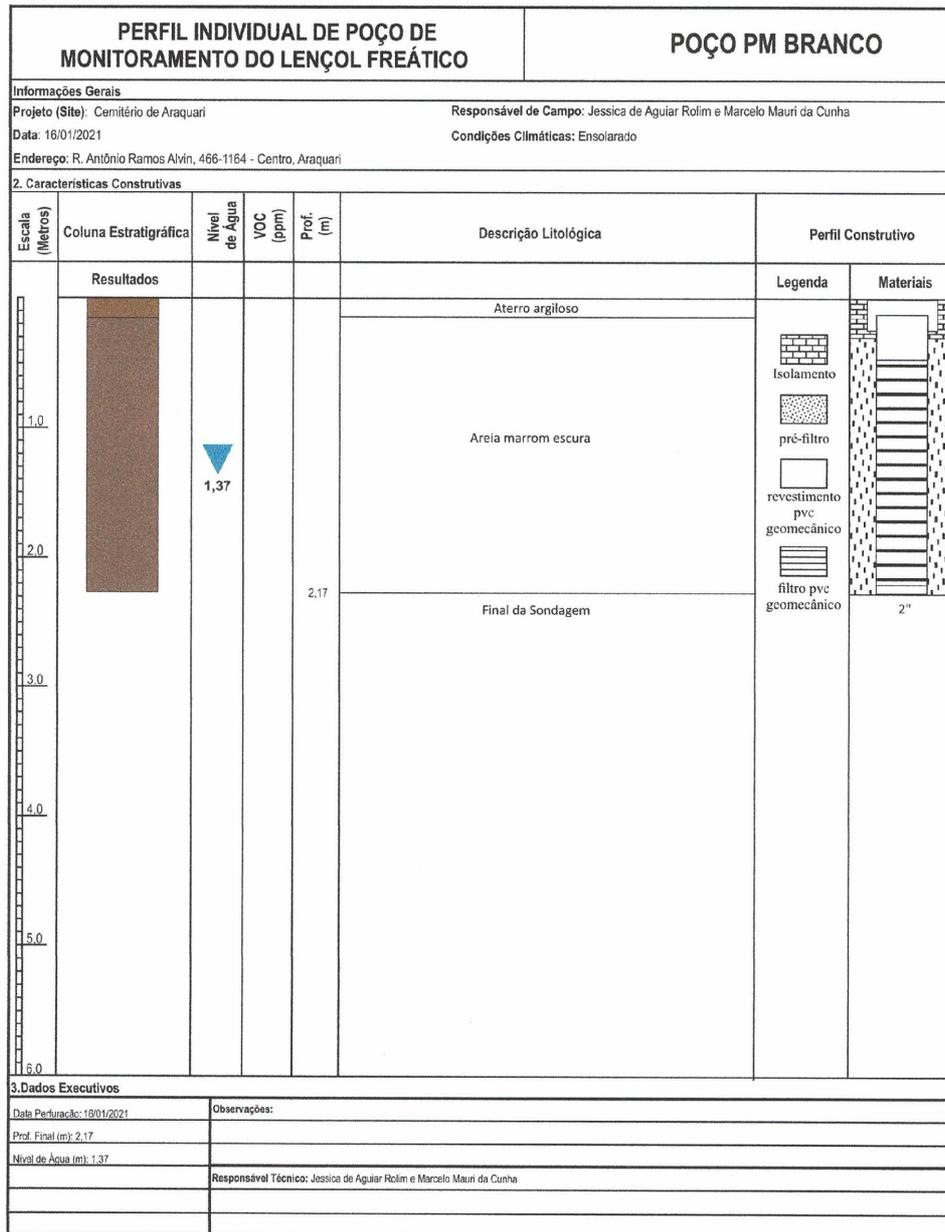
Cápsula n°	48	87	90
Tara (g)	7,60	7,95	8,06
Massa úmida + tara (g)	31,66	28,75	28,48
Massa seca + tara (g)	25,20	23,31	22,79
Massa da água (g)	6,46	5,44	5,69
Massa do solo seco (g)	17,6	15,36	14,73
Umidade (%)	36,70	35,42	38,63
Umidade média (%)	36,92		

t (h:m)	delta t (s)	leitura (cm)	Vácuo (mmHg)	cm. c. a	h (cm)	temperatura (°C)	k (cm/s)	k _{20°} (cm/s)
09:30:00		80,0	0	0,00	193,00	27,0		
09:45:00	900	77,8	0	0,00	190,80	27,0	9,73E-05	8,24E-05
09:00:00	900	75,6	0	0,00	188,60	27,0	9,84E-05	8,34E-05
09:15:00	900	73,6	0	0,00	186,60	27,0	9,05E-05	7,67E-05
09:30:00	900	71,6	0	0,00	184,60	27,0	9,14E-05	7,75E-05
09:45:00	900	69,6	0	0,00	182,60	27,0	9,24E-05	7,83E-05
10:00:00	900	67,6	0	0,00	180,60	26,5	9,35E-05	8,10E-05
10:30:00	1800	64,2	0	0,00	177,20	26,5	8,06E-05	6,99E-05
10:45:00	900	62,2	0	0,00	175,20	26,5	9,63E-05	8,35E-05
11:00:00	900	60,6	0	0,00	173,60	26,5	7,78E-05	6,75E-05
11:15:00	900	58,6	0	0,00	171,60	26,5	9,83E-05	8,53E-05
11:30:00	900	57,1	0	0,00	170,10	26,5	7,45E-05	6,46E-05
	-			-	-		-	-

K_{20°} (cm/s) - média

7,73E-05

PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO					POÇO PM BRANCO 2	
Informações Gerais						
Projeto (Site): Cemitério de Araquari			Responsável de Campo: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha			
Data: 11/04/2021			Condições Climáticas: Ensolarado			
Endereço: R. Antônio Ramos Alvin, 466-1164 - Centro, Araquari						
2. Características Construtivas						
Escala (Metros)	Coluna Estratigráfica	Nível de Água	VOC (ppm)	Prof. (m)	Descrição Litológica	Perfil Construtivo
	Resultados					Legenda
1.0		 0,48		1,30	Areia marrom escura	 Isolamento  pré-filtro  revestimento pvc geomecânico  filtro pvc geomecânico
2.0					Final da Sondagem	2"
3.0						
4.0						
5.0						
6.0						
3. Dados Executivos						
Data Perfuração: 11/04/2021			Observações:			
Prof. Final (m): 1,30						
Nível de Água (m): 0,48			Responsável Técnico: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha			



PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO					POÇO PM 01		
Informações Gerais							
Projeto (Site): Cemitério de Araquari			Responsável de Campo: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha				
Data: 16/01/2021			Condições Climáticas: Ensolarado				
Endereço: R. Antônio Ramos Alvin, 466-1164 - Centro, Araquari							
2. Características Construtivas							
Escala (Metros)	Coluna Estratigráfica	Nível de Água	VOC (ppm)	Prof. (m)	Descrição Litológica	Perfil Construtivo	
	Resultados					Legenda	Materiais
0.0					Areia marrom clara		
1.0		▼ 1,30		Areia grossa marrom			
2.0				2,07	Final da Sondagem		
3.0							
4.0							
5.0							
6.0							
3. Dados Executivos							
Data Perfuração: 18/01/2021			Observações:				
Prof. Final (m): 2,07							
Nível de Água (m): 1,30			Responsável Técnico: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha				

PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO					POÇO PM 02	
Informações Gerais						
Projeto (Site): Cemitério de Araquari			Responsável de Campo: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha			
Data: 16/01/2021			Condições Climáticas: Ensolarado			
Endereço: R. Antônio Ramos Alvin, 466-1154 - Centro, Araquari						
2. Características Construtivas						
Escala (Metros)	Coluna Estratigráfica	Nível de Água	VOC (ppm)	Prof. (m)	Descrição Litológica	Perfil Construtivo
	Resultados					Legenda
1.0		 1,06		1,79	Areia argilosa marrom	 Isolamento  pré-filtro  revestimento pvc geomecânico  filtro pvc geomecânico
2.0					Final da Sondagem	
3.0						
4.0						
5.0						
6.0						
3. Dados Executivos						
Data Perfuração: 16/01/2021			Observações:			
Prof. Final (m): 1,79						
Nível de Água (m): 1,06			Responsável Técnico: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha			

PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO					POÇO PM 03		
Informações Gerais							
Projeto (Site): Cemitério de Araquari			Responsável de Campo: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha				
Data: 16/01/2021			Condições Climáticas: Ensolarado				
Endereço: R. Antônio Ramos Alvin, 466-1164 - Centro, Araquari							
2. Características Construtivas							
Escala (Metros)	Coluna Estratigráfica	Nível de Água	VOC (ppm)	Prof. (m)	Descrição Litológica	Perfil Construtivo	
						Legenda	Materiais
1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0	Resultados	0,46		1,85	Aterro argiloso	 Isolamento  pré-filtro  revestimento pvc geomecânico  filtro pvc geomecânico	       2"
					Areia argilosa cinza escura (turfosa)		
3. Dados Executivos							
Data Perfuração: 16/01/2021			Observações:				
Prof. Final (m): 1,85							
Nível de Água (m): 0,46			Responsável Técnico: Jessica de Aguiar Rolim e Marcelo Mauri da Cunha				



Araquari, 16 de junho de 2020
Ofício nº 217/2020

A/C Marcelo Mauri da Cunha
Engenheiro Ambiental
Aluno do Mestrado IFC - Matrícula nº 2020101158

Assunto: Resposta a requerimento de anuência para realização de pesquisa com fins acadêmicos no cemitério municipal de Araquari.

Prezado Senhor,

Vimos por meio do presente documento, informar que a Fundação Municipal do Meio Ambiente, declara não haver oposição da realização de pesquisas de campo com o objetivo acadêmico, para obter dados técnicos relativos a qualidade de solo e água subterrânea para uso exclusivo na tese de mestrado profissional em tecnologia e ambiente, a ser realizado no Cemitério Municipal localizado na Rua Antonio Ramos Alvim.

Sem mais para o momento, agradecemos a atenção dispensada.

Atenciosamente,


Adriano Corrêa Portugal
Presidente da FUNDEMA
Adriano Corrêa Portugal
Presidente da FUNDEMA