

DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO EM ÁREA DE CEMITÉRIO HORIZONTAL PARA
ENQUADRAMENTO NOS PARÂMETROS DA RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 335/03.

*Diagnosis of the physical environment in horizontal cemeteries for compliance with CONAMA
Resolution nº 335/03.*

Marcelo Mauri da Cunha¹, Patrícia Devantier Neuenfeldt²

Resumo: 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. 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. 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. 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. 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.

Abstract: 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. 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. 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 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. 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.

Palavras-chave:

Poços de monitoramento; nível freático; necrochorume; coeficiente de permeabilidade.

Keywords:

Monitoring wells; water table; necroslurry; permeability coefficient.

¹Eng. Ambiental, Mestre em Tecnologia e Ambiente; Esp. Direito Ambiental; MBA Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental. Aluno: IFC – campus Araquari-SC

²Doutora em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Instituição de vínculo: IFC campus São Francisco do Sul

1 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).

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).

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 na Resolução do CONAMA nº 335/03 como próprio ou impróprio, e de forma complementar verificar a influência do cemitério na qualidade da água subterrânea.

2 METODOLOGIA

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, procedimentos de campo e análises laboratoriais de solo e água subterrânea.

2.1 Coeficiente de permeabilidade

Foram coletadas três amostras indeformadas com auxílio de cilindros metálicos de 16 cm de altura e 10,4 cm de diâmetro. 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 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.

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.

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 poços 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.

2.4 Nível 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”

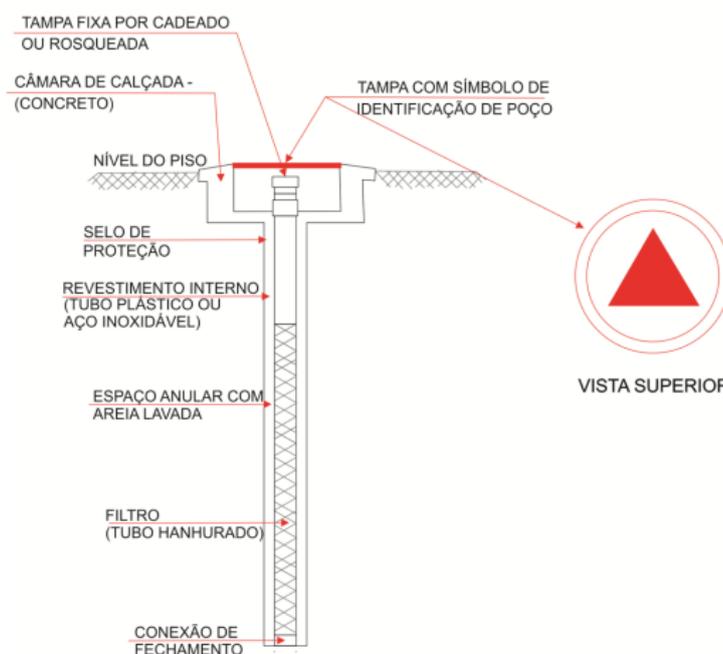
2.5 Levantamento Topográfico

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*.

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

Figura 01 – 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.

2.7 Mapa Potenciométrico

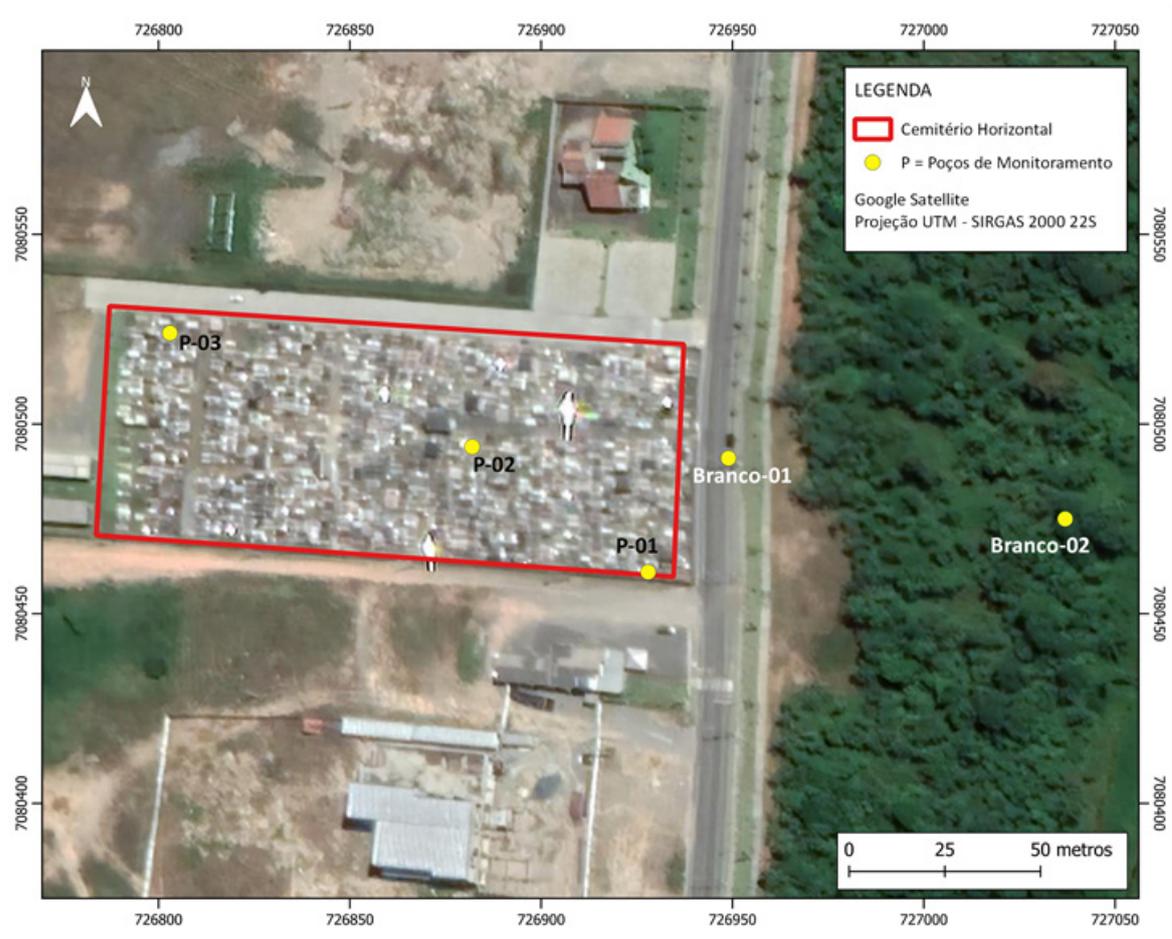
Através da elaboração de um mapa potenciométrico é possível o conhecimento de zonas de descarga, recarga e sentido do fluxo subterrâneo em um aquífero em particular no caso de aquíferos livres e rasos (LUCENA et al., 2004). Segundo Ferrari (2010), a importância do estudo do fluxo de água subterrânea 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. 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.

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.

Figura 02 – Mapa de localização dos poços de monitoramento



Fonte: Autor, 2021

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	
Condutividade elétrica	Método Potenciométrico	
Cor Aparente	Método Espectrofotométrico	
Turbidez	Método Espectrofotométrico	
Sólidos Totais	Método Gravimétrico	
Cloretos Totais	Método Titulométrico	
Fosfato Total	Método Espectrofotométrico	
Sulfatos Totais	Método Espectrofotométrico	
Nitratos	Método Espectrofotométrico	Análogo a ISO 7890-1; DIN 38405 D9-2.
Nitritos	Método Espectrofotométrico	
Nitrogênio Amoniacal Total	Método Espectrofotométrico	
Nitrogênio Kjeldahl	Método Espectrofotométrico	
Bactérias Heterotróficas	Método Microbiológico	
Coliformes Totais	Método Microbiológico	
E. Coli	Método Microbiológico	
<i>Clostridium perfringens</i>	Método Microbiológico	Anexo II e Nota da Directiva 98/83/CE

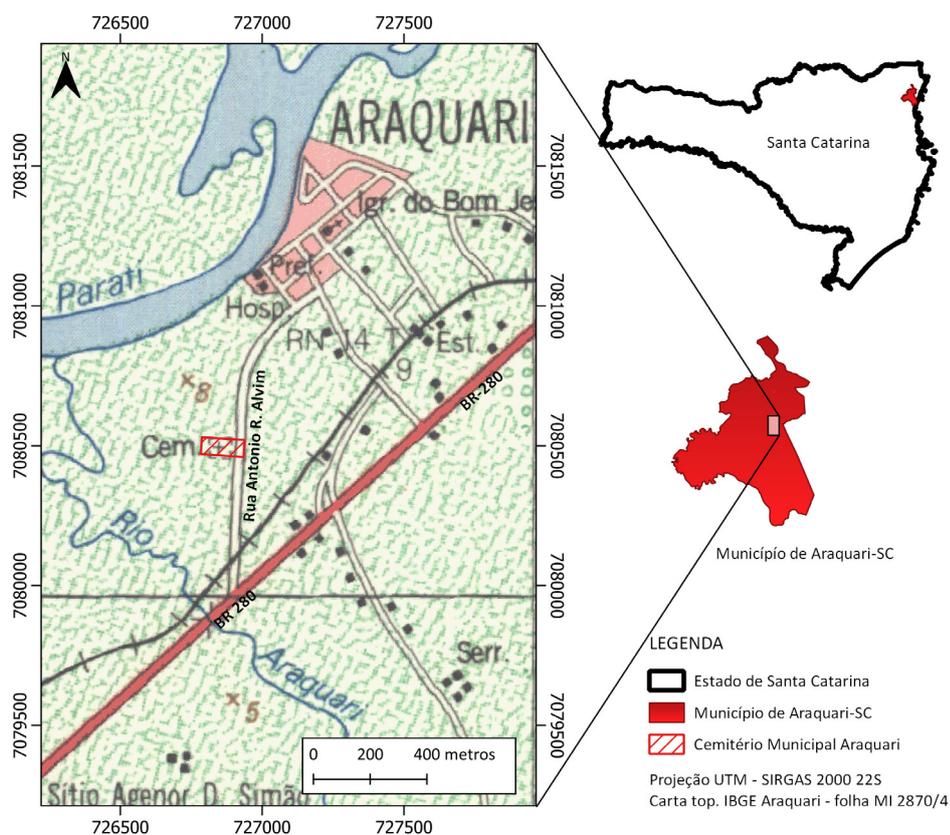
Fonte: Autor, 2021

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Localização

Conforme pode ser observada na Figura 03, 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 03 – Localização da área de estudo em detalhe da carta do IBGE de Araquari



Fonte: Autor, 2021

3.2 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.

3.3 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 (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.

3.4 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 das 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.

3.5 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 01, 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. Estes resultados coincidem com a análise granulométrica realizada, onde o solo da área do cemitério foi classificado como areia e areia franca.

Tabela 01 – 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)

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.

3.6 Coeficiente de infiltração

O coeficiente de infiltração determinado através de ensaios *in situ* 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 03).

Quadro 03 – 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

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.

3.7 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.

Quadro 04 – Resultados aferição do nível freático.

POÇO DE MONITORAMENTO	COORDENADAS UTM – SIRGAS 2000	NÍVEL 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

3.8 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 02).

Tabela 02 - 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 03), 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).

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).

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.

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

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.

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

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 Nº 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

3.8.1 Condutividade

Aplicada a classificação presente na Tabela 04 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 04 – 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)

3.8.2 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.

3.8.3 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.

3.8.4 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.

3.8.5 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 (7.730 mg L^{-1}).

3.8.6 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 $250 \text{ mg Cl. L}^{-1}$.

3.8.7 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 mg.L^{-1} , e sua concentração média foi de 16,56 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 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.

3.8.8 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 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 mg. L^{-1} quando máximo é 1,00 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.

3.8.9 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 $774,7 \text{ mg} \text{ SO}_4^{-} \cdot \text{L}^{-1}$ apresentou resultados acima do limite máximo permitido pela Resolução do CONSEMA 119/17 de $250 \text{ mg} \text{ SO}_4^{-} \cdot \text{L}^{-1}$. O poço Branco-02 foi o ponto com menor valor aferido $< 2,5 \text{ mg} \text{ SO}_4^{-} \cdot \text{L}^{-1}$.

3.8.10 Nitrogênio amoniacal

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

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.

3.8.11 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 05 – 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.

4 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.

5 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.

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.

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/UFMS. 9, 3777-3785, 2014.

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

91-97, 1999.

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.

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.

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

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.

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.

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%3%A7o-das-precipita%3%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.

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.