

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**MILENE PRIEBE E SILVA**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE CEMITÉRIO  
HORIZONTAL EM CAÇAPAVA DO SUL-RS**

**Caçapava do Sul - RS  
2017**

e581q e Silva, Milene Priebe

QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE CEMITÉRIO  
HORIZONTAL EM CAÇAPAVA DO SUL-RS / Milene Priebe e  
Silva.

45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E  
SANITÁRIA, 2017.

"Orientação: Pedro Daniel da Cunha Kemerich".

1. Hidrogeologia. 2. Poços de Monitoramento. 3.  
Contaminação. I. Título.

**MILENE PRIEBE E SILVA**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE CEMITÉRIO  
HORIZONTAL EM CAÇAPAVA DO SUL-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich

**Caçapava do Sul - RS**

**2017**

**MILENE PRIEBE E SILVA**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE CEMITÉRIO  
HORIZONTAL EM CAÇAPAVA DO SUL-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 27/11/2017

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Julio Cesar Mendes Soares  
UNIPAMPA

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Mateus Guimarães da Silva  
UNIPAMPA

Mãe, com muita saudade,  
dedico a ti este trabalho e todas as vitórias que virão!

## **AGRADECIMENTOS**

Obrigada Deus, pela vida, pela família, amigos e oportunidades colocadas no meu caminho!

Pai e Muri, vocês são minha maior motivação de seguir em frente, os pilares da minha vida, a base de tudo. A vocês, todo meu amor e gratidão!

Leonardo, obrigada pela paciência, pela ajuda, pelo amor e compreensão!

Kelly e Mayara, vocês foram fundamentais para que as médias fossem alcançadas. Ary, tua ajuda foi essencial para realizar este trabalho. Obrigada pelo carinho, incentivo e amizade!

Obrigada ao meu orientador, professor Pedro Kemerich, que caminhou comigo durante toda a graduação. Agradeço por toda ajuda, motivação e ensinamentos.

Agradeço a minha banca avaliadora, professores Julio Cesar Mendes Soares e Mateus Guimarães da Silva, os quais admiro muito.

Agradeço também aqueles que pude conviver durante o último ano da graduação nos dois estágios realizados. O primeiro na Secretaria de Município de Planejamento e Meio Ambiente de Caçapava do Sul, agradeço, especialmente, aos amigos Vera, Mab, Cris e Luis Carlos, que ajudaram, de diferentes formas, na realização deste trabalho. E o segundo estágio realizado no Laboratório de Hidrogeologia da UFSM, agradeço ao professor José Luiz Silvério da Silva pela oportunidade e ao colega Gabriel Fernandes, que acompanhou e ajudou no desenvolvimento desta pesquisa.

A todos que torcem por mim, muito obrigada!

## RESUMO

Os cemitérios podem ser considerados fontes geradoras de poluição. Após a inumação, a decomposição dos corpos libera um líquido denominado necrochorume, composto de água, sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis as quais podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas e provocar riscos à saúde pública, caso os cemitérios não disponham de infraestrutura e gestão adequada. Considerando a importância de ter água de boa qualidade, este trabalho tem como objetivo investigar a qualidade da água subterrânea sob influência de cemitério horizontal no Município de Caçapava do Sul-RS. Para isso, foram obtidas amostras de água de poços já existentes no local e de poços de monitoramento construídos na área do cemitério, para realização de análises como: cor, turbidez, ferro, dureza total, alcalinidade, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, fósforo, nitrato+nitrito, sódio, potássio, coliformes totais e termotolerantes. Os resultados das análises químicas, físicas e bacteriológicas demonstraram que os resultados de cor e turbidez, juntamente com a alta condutividade elétrica encontrada em todos os pontos, podem indicar contaminação por necrochorume, pois o cemitério é considerado fonte de poluição pontual, recebendo carga de pontos variáveis, dependendo de onde o cadáver foi sepultado, quanto ao nitrato e nitrito, não foi comprovada contaminação por estes compostos. O fósforo e potássio apresentaram os maiores valores no ponto considerado branco, fato que pode ser associado as atividades que ocorrem no local deste poço. Para coliformes totais e termotolerantes, foi identificada a presença em todos os poços estudados. Os demais parâmetros analisados não apresentaram relações com contaminação por necrochorume.

Palavras-chave: Hidrogeologia. Poços de Monitoramento. Contaminação.

## **ABSTRACT**

The cemeteries may be considered sources of pollution. After the inhumation, during the decomposition process, the corpses release a liquid denominated necroleachate, made up of 60% water, 30% mineral salts and 10% degradable organic substances that compromise the quality of groundwater and health public if without preventive structures to avoid contamination. Considering the importance of water quality, this study aimed to investigate the quality of groundwater. Water samples were collected in existing wells and monitoring wells constructed in the cemetery to analyses as: color, turbidity, iron, hardness, alkalinity, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, total dissolved solids, phosphorous, nitrate+nitrite, sodium, potassium, total and thermotolerant coliforms. The results of chemical, physical and bacteriological analyzes showed that the results of color and turbidity, together with the high electrical conductivity found, may indicate contamination by necroleachate, because cemeteries are considered a point source pollution receiving variables loads depending the area of buried, for nitrate and nitrite, no contamination by these compounds was proven. Phosphorus and potassium presented the highest values at the point considered background, a fact that may be associated with the activities that occur at the well site. For total and thermotolerant coliforms, the presence in all the wells studied was identified. The other analyzed parameters did not present relations with necroleachate contamination.

**Keywords:** Hidrogeology. Monitoring Wells. Contamination.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição vertical da água no solo e subsolo. ....	14
Figura 2 - Tipos de aquíferos .....	16
Figura 3 - Mapa de acesso à área de estudo.....	19
Figura 4 - Localização dos poços de monitoramento. (a) Referente ao período de 2016 e (b) Referente ao período de 2017. ....	22
Figura 5 - Coleta de água (a) Coletor do tipo bailer e (b) acondicionamento em garrafas plásticas .....	23
Figura 6 - Fluxo preferencial da água subterrânea.....	25
Figura 7 - Cor (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017 .....	26
Figura 8 – Turbidez (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017 .....	27
Figura 9 - Ferro .....	28
Figura 10 - Dureza total (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017 .....	29
Figura 11 – Alcalinidade (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017 .....	30
Figura 12 - pH (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017 .....	31
Figura 13 - Condutividade elétrica (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017 .....	32
Figura 14 - Oxigênio dissolvido (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017 .....	33
Figura 15 - Sólidos totais dissolvidos .....	34
Figura 16 - Fósforo.....	35
Figura 17 - Nitrato + Nitrito .....	36
Figura 18 - Sódio.....	37
Figura 19 - Potássio .....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	Justificativa.....	13
1.2	Objetivo geral.....	13
1.3	Objetivos específicos.....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1	Água subterrânea .....	14
2.2	Aquíferos.....	15
2.3	Qualidade da água.....	16
2.4	Poços de monitoramento.....	17
2.5	Cemitérios como fonte de contaminação .....	17
2.6	Legislação vigente no Brasil .....	18
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
3.1	Localização e caracterização da área de estudo .....	19
3.1.1	<i>Contexto geológico</i> .....	20
3.1.2	<i>Hidrogeologia</i> .....	20
3.1.3	<i>Pedologia</i> .....	20
3.1.4	<i>Clima</i> .....	21
3.2	Poços de monitoramento e coleta da água.....	21
3.3	Superfície Potenciométrica .....	23
3.4	Análises da qualidade da água .....	23
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
4.1	Superfície Potenciométrica (SP).....	25
4.2	Cor .....	25
4.3	Turbidez .....	26
4.4	Ferro (Fe).....	27
4.5	Dureza total.....	28
4.6	Alcalinidade.....	29
4.7	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	30
4.8	Condutividade elétrica .....	31
4.9	Oxigênio dissolvido (OD) .....	32
4.10	Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	33
4.11	Fósforo (P).....	34

<b>4.12 Nitrato + Nitrito (<math>\text{NO}_3^-</math> e <math>\text{NO}_2^-</math>) .....</b>	<b>35</b>
<b>4.13 Sódio (Na) .....</b>	<b>36</b>
<b>4.14 Potássio (K) .....</b>	<b>37</b>
<b>4.15 Coliformes Totais e Termotolerantes .....</b>	<b>38</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade e quantidade de águas superficiais e subterrâneas estão associadas ao consumo e desperdício de água. Segundo Kemerich et al. (2010) frente às ações antrópicas, os recursos hídricos superficiais sofrem grandes alterações, tornando futuramente as águas subterrâneas como a principal fonte de abastecimento da população.

Os cemitérios podem ser fonte geradora de impactos ambientais. A localização e procedimento inadequado de sepultamentos em zonas urbanas podem provocar a contaminação de mananciais hídricos por microrganismos que se proliferam do processo de decomposição dos corpos. Se o aquífero for contaminado na área interna do cemitério esta contaminação poderá fluir para outras regiões, gerando risco à saúde das pessoas que residem nas proximidades destas áreas e utilizem de água captada de poços (FUNASA, 2007).

A principal causa de poluição nos cemitérios denomina-se necrochorume, líquido liberado durante a decomposição dos cadáveres. Esta é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, de tonalidade castanho-acinzentada, viscosa, de cheiro forte e variado grau de patogenicidade (MACEDO, 2004).

A contaminação por necrochorume se deve ao aumento da carga orgânica no meio ambiente, que provoca alterações no ecossistema, ou ainda pela disseminação de microrganismos patogênicos como vírus e bactérias (CARNEIRO, 2009).

As características da água, para o aceite da população, deve ser livre de gosto e odor, principalmente porque na avaliação da qualidade da água potável os consumidores confiam, sobretudo, nos seus sentidos. Porém, os constituintes microbiológicos, químicos e físicos da água nem sempre afetam a aparência, odor ou gosto da água. Dessa forma, a população pode estar consumindo água poluída, porém com aspecto de limpa (ALVES et al., 2010).

Comumente, a população que reside em áreas próximas a cemitérios é de baixa renda, e constrói suas casas em encostas e em outras áreas vulneráveis, onde o necrochorume pode percolar no solo e causar danos à qualidade da água de mananciais e de poços utilizados por essa população, o que favorece o aparecimento de patologias relacionadas à água, o que está intimamente ligado a saúde pública (MIGLIORINI et al., 2006).

## **1.1 Justificativa**

A contaminação dos solos e águas subterrâneas oriunda do processo de decomposição dos corpos pode atingir regiões próximas a área do cemitério, comprometendo a qualidade das águas captadas de poços, sujeitando a população às doenças de veiculação hídrica. Esses processos ocorrem principalmente quando os cemitérios são implantados em áreas classificadas como de extrema e alta vulnerabilidade. Considerando os impactos causados por cemitérios percebe-se a necessidade da correta implantação destes empreendimentos e do monitoramento da qualidade de água, evitando riscos à saúde da população.

## **1.2 Objetivo geral**

- O trabalho tem o objetivo de investigar a qualidade da água subterrânea sob influência de cemitério horizontal no Município de Caçapava do Sul-RS.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Analisar as alterações químicas, físicas e bacteriológicas da água subterrânea na área de influência da necrópole;
- Estabelecer relações entre a qualidade da água subterrânea com o cemitério em estudo;
- Verificar as não conformidades no que se refere às legislações vigentes.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta etapa serão abordados temas de relevada importância para o trabalho, onde foram consideradas pesquisas já publicadas ao longo do tempo relacionada a qualidade da água subterrânea, contaminação causada por cemitérios e, também, as legislações vigentes.

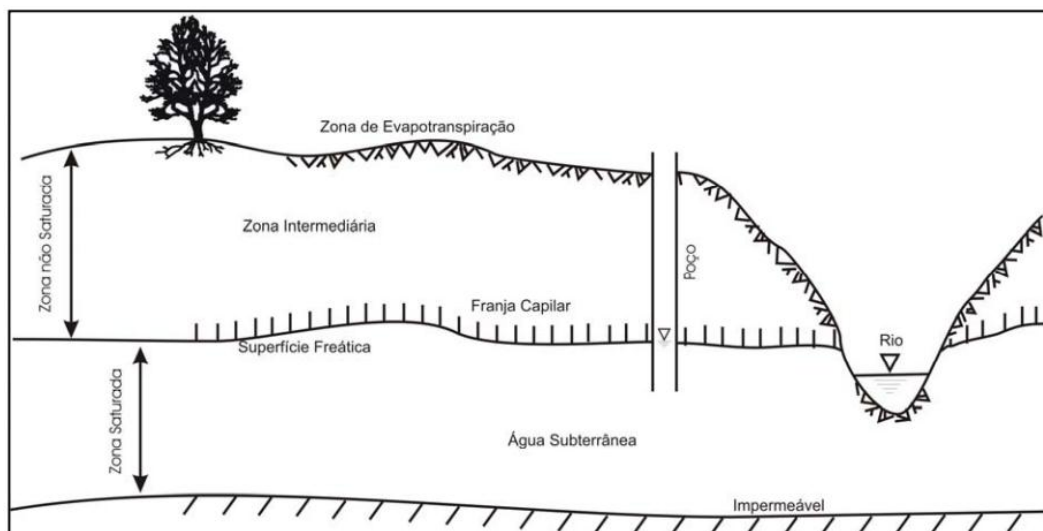
## 2.1 Água subterrânea

De acordo com Manoel Filho (2008):

Define-se como água subterrânea aquela que ocorre abaixo do nível de saturação ou nível freático, presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas, e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas. O estudo da água subterrânea, além de tratar do fluxo em formações saturadas, inclui o movimento da água em meios não saturados nos quais a distribuição de umidade desempenha papel importante no ciclo hidrológico e em muitos processos geológicos (MANOEL FILHO, 2008, p. 53).

Conforme o mesmo autor, abaixo da superfície do terreno a água contida no solo e nas formações geológicas é dividida ao longo da vertical, em duas zonas horizontais, a zona saturada que fica situada abaixo da superfície freática e todos os espaços vazios encontram-se preenchidos com água, e a zona não saturada que se situa entre a superfície freática e a superfície do terreno, onde os poros estão parcialmente preenchidos por ar e água. A zona não saturada divide-se em três partes: zona capilar, a qual se estende da superfície freática até o limite de ascensão capilar da água, zona intermediária que está compreendida entre o limite de ascensão capilar da água e o limite de alcance das raízes das plantas e a zona de água no solo, também chamada de zona de evapotranspiração, que fica situada entre os extremos radiculares da vegetação e a superfície do terreno. A distribuição vertical da água está representada na Figura 1.

Figura 1 - Distribuição vertical da água no solo e subsolo.



Fonte: Feitosa e Manoel Filho (1997).

As águas subterrâneas permanecem em aquíferos, que são camadas ou formações geológicas que armazenam água e permitem seu movimento em condições naturais e quantidades significativas (CAICEDO, 2004).

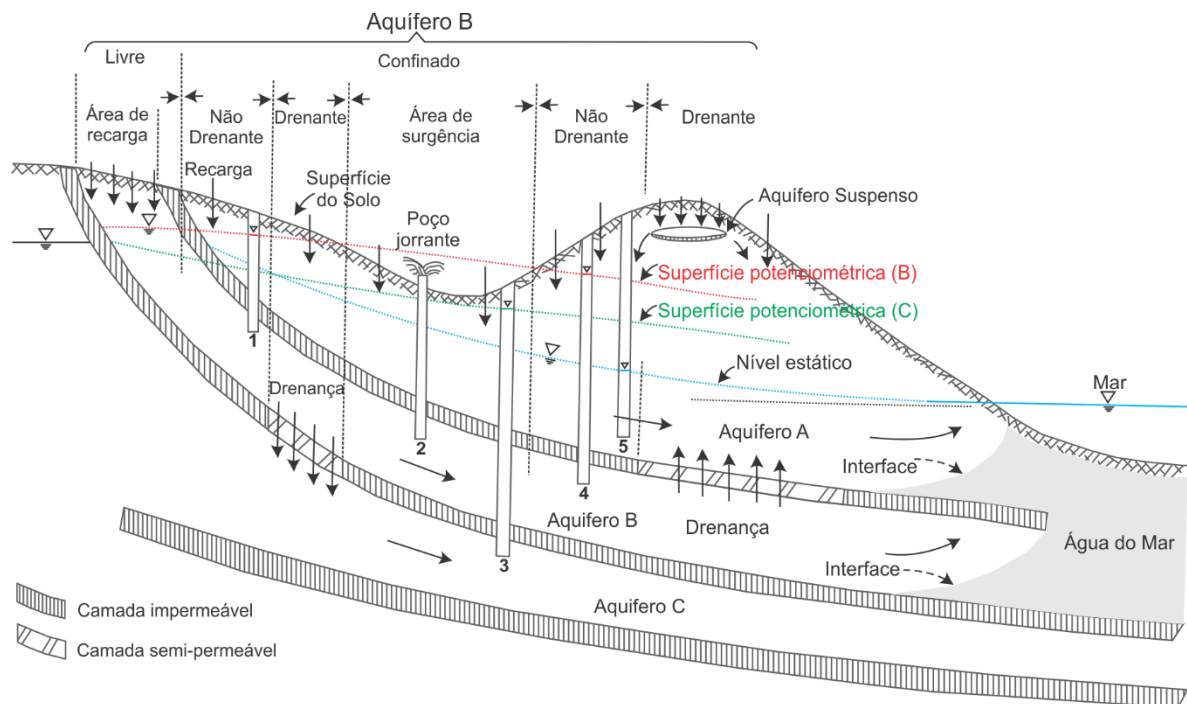
As variações naturais da água subterrânea são pequenas. Conforme seu fluxo, o teor de substâncias dissolvidas pode aumentar. Por isso, características diferentes daquelas esperadas indicam a presença de situações anômalas (CETESB, 2001).

## **2.2 Aquíferos**

Para Borguetti et al. (2004), a litologia do aquífero determina a velocidade da água em seu meio, sua qualidade e de seu reservatório. A litologia decorre da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcárias), determinando os diferentes tipos de aquíferos.

Conforme Feitosa e Manoel Filho (1997) e Capucci et al. (2001) os aquíferos podem ainda ser classificados em função da pressão das águas nas suas superfícies limítrofes. Os aquíferos livres ou freáticos têm sua base representada por uma rocha ou formação rochosa impermeável e seu limite superior por uma superfície hídrica livre, ficando sujeito a pressão atmosférica, o que os torna mais vulneráveis à contaminação. Os confinados se encontram entre duas camadas impermeáveis, apresentando-se saturados em toda sua espessura, com pressão superior a pressão atmosférica. Este aquífero é representado por dois tipos: confinado não drenante e confinado drenante. No confinado não drenante ou artesianos, a camada saturada está confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis, de forma que a pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto. Se a pressão for suficientemente forte a água poderá jorrar espontaneamente pela boca do poço. Já no confinado drenante ao menos uma das camadas limitantes é semipermeável, fazendo com que a entrada e saída da água pelo topo e/ou pela base se faça por drenança. No aquífero semi-confinado, onde a base e o topo são rochas semi-permeáveis, ocorre além do fluxo horizontal da água, também um fluxo vertical. Os tipos de aquífero estão representados na Figura 2.

Figura 2 - Tipos de aquíferos



Fonte: Feitosa e Manoel Filho (1997).

Bons aquíferos são constituídos por materiais com média a alta condutividade hidráulica, como sedimentos inconsolidados, rochas sedimentares, além de rochas vulcânicas, plutônicas e metamórficas com alto grau de faturamento (KARMANN, 2009).

### 2.3 Qualidade da água

De acordo com Rocha et al. (2004) nem todos os problemas relacionados à qualidade da água são devido a impactos causados pela atividade humana. Metais presentes na litosfera podem ciclar no ambiente como resultado da atividade geológica, incluindo ação vulcânica, atividades hidrotérmicas e longos períodos chuvosos. Porém, é indiscutível que a atividade humana interfere na qualidade das águas de forma considerável, sendo a poluição por matéria orgânica devido a ocupação humana um dos principais problemas ambientais do mundo.

Conforme Kemerich et al. (2012) os cemitérios podem provocar danos a qualidade das águas subterrâneas. A infiltração e a percolação da água precipitada em túmulos e no solo propicia a migração de compostos químicos orgânicos e



inorgânicos através da zona não saturada, podendo estes compostos atingir a zona saturada e poluir o aquífero, e, de acordo com a ANA (2005) seus custos de remediação são muito altos e sua recuperação tecnicamente muito mais difícil.

#### **2.4 Poços de monitoramento**

Poços mal construídos ou abandonados, sem critérios técnicos, com revestimento corroído, sem manutenção e abandonados sem o fechamento adequado, podem se tornar formas de contaminação das águas subterrâneas (MMA, 2007).

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.

#### **2.5 Cemitérios como fonte de contaminação**

A localização de cemitérios deveria ocorrer, preferencialmente, em áreas afastadas dos centros urbanos, porém, devido ao intenso processo de urbanização é comum encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana, até mesmo em áreas mais centrais. Considerando que na construção da maioria destes cemitérios não são levados em conta estudos geológicos, hidrogeológicos e de saneamento, os mesmos podem constituir-se em um alto potencial de risco de contaminação para as águas subterrâneas (MIGLIORINI et al., 2006).

Dentre as fontes de poluição e contaminação do meio ambiente, neste trabalho, será destacada a poluição causada por necrochorume, proveniente do processo de decomposição dos corpos. Em virtude da densidade deste poluente em relação a água, há a formação de plumas de contaminação, que podem vir a disseminar no solo, dependendo, sobretudo, de sua formação geológica e seguindo o fluxo subterrâneo (BACIGALUPO, 2013).

Neira et al. (2008) afirmam que o necrochorume é constituído em média por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas complexas biodegradáveis. Ottan (1987) apud Pacheco (2000) relata que dos componentes do necrochorume, destacam-se duas diaminas altamente tóxicas: a putrescina (1,4 Butanodiamina) e a cadaverina (1,5 Pentanodiamina). O corpo de um homem de 70 kg libera quantidades de 30 a 40 litros de necrochorume, sendo mais significativa essa liberação nos períodos de 5 a 8 meses após o sepultamento (REIS SOBRINHO, 2002).

Áreas com intensa precipitação pluviométrica e com o nível do lençol freático próximo a superfície são muito vulneráveis à contaminação por cemitérios (FINEZA, 2008), enquanto os aquíferos mais profundos, em princípio, estão protegidos a estas contaminações, desde que não haja falhas técnicas na construção de poços e não seja um aquífero vulnerável, com rochas fraturadas e canais de dissolução (PACHECO, 2000).

## **2.6 Legislação vigente no Brasil**

Com o aumento na procura pelo uso da água subterrânea, muitas vezes de forma indiscriminada, se faz cada vez mais necessário o uso correto deste recurso. A Resolução CONAMA nº 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências é uma das formas de gestão do recurso hídrico subterrâneo. Aliado a necessidade da população em obter água de qualidade, tem-se a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

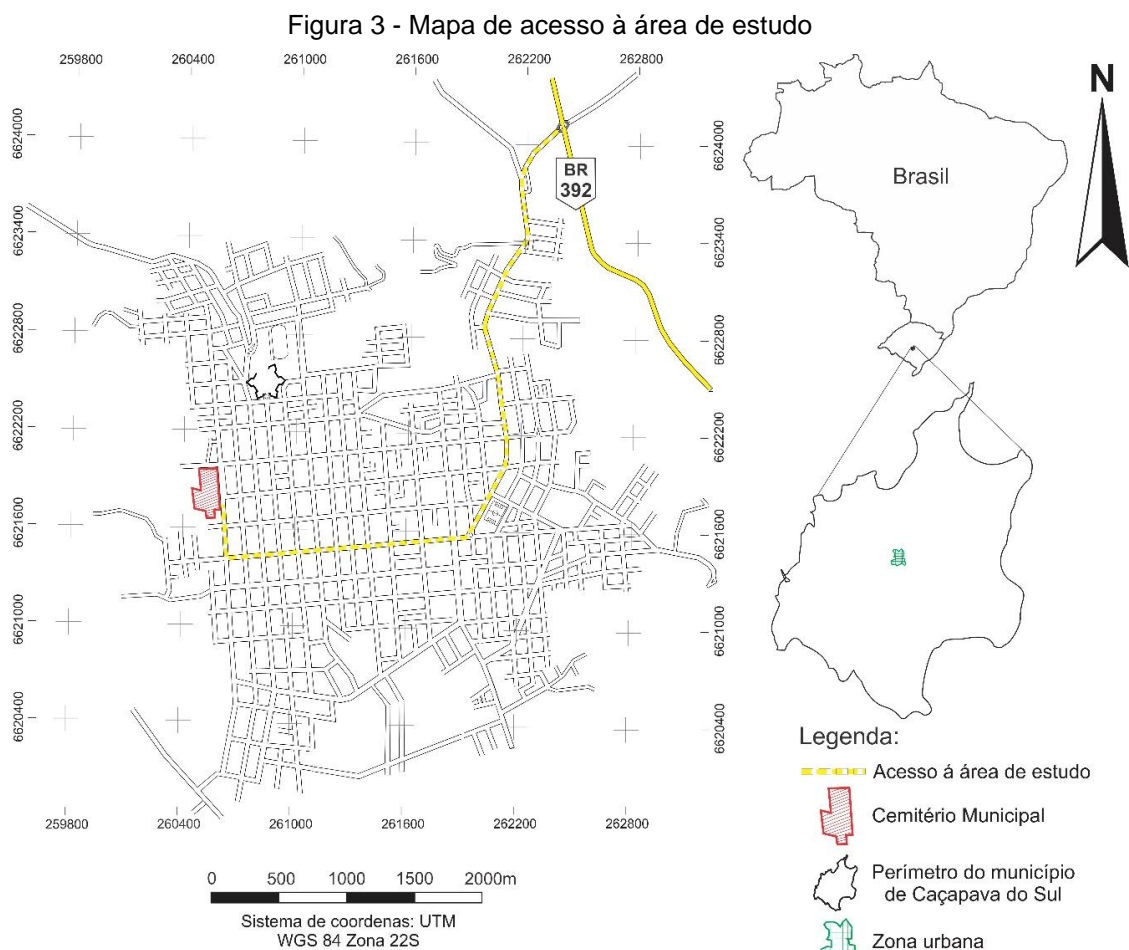
Quanto a legislação referente a cemitérios, foi no ano de 2003 que os problemas relacionados a estes empreendimentos chamaram atenção do Governo Federal, sendo criada a Resolução CONAMA nº 335/2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, mais tarde, alterada pela Resolução CONAMA nº 368/2006 e Resolução CONAMA nº 402/2008. Como critérios estabelecidos, entre outros, distância mínima de um metro e meio entre o fundo das sepulturas e o nível freático máximo, e obrigando a destinação ambiental e sanitariamente adequada dos resíduos sólidos em cemitérios.

### 3 METODOLOGIA

Nesta etapa, é realizada a descrição da área de estudo e os procedimentos adotados na pesquisa, em fase de campo, como a construção de poços de monitoramento e coleta de água, e em fase de laboratório com o tratamento de dados.

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no cemitério municipal de Caçapava do Sul-RS (Figura 3). O município de Caçapava do Sul, RS, Brasil, na latitude 30°30'44" S e longitude 53°29'29" O, com altitude de 450 metros acima do nível médio do mar, abrange uma área de 3.047,1 km<sup>2</sup> com população de 33 650 habitantes (IBGE, 2010). Conforme o IBGE - estatísticas de registro civil (1999 a 2012), a média de óbitos no município é de 266 mortes por ano.



Fonte: Silva, L. (2016).

O local de estudo se caracteriza por ser um cemitério horizontal tradicional, com sepulturas conhecidas como jazigos, construções pré-existentes compostas por gavetas onde são sepultados os corpos. Os dados do cemitério foram perdidos devido a um incêndio no local de banco de dados, porém, estima-se que há mais de 5 mil corpos sepultados.

### *3.1.1 Contexto geológico*

O local de estudo está assentado sobre as rochas da Suíte Granítica Caçapava do Sul regionalmente situada no Escudo Sul-Riograndense, porção sul da Província da Mantiqueira (ALMEIDA, 2001). Estas rochas são fraturadas, com falhas normais de direção NW-SE, com planos subverticais e falhas com deslocamentos laterais, responsáveis pelo desenvolvimento das zonas cataclásticas (BITENCOURT, 1983).

### *3.1.2 Hidrogeologia*

O município de Caçapava do Sul possui seis domínios hidrogeológicos, conforme o “Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica – Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil”, realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2007), sendo eles: Domínio Formações Cenozóicas, Domínio Bacias Sedimentares, Domínio Poroso/Fissural, Metassedimentos/Metavulcânicas, Domínio Vulcânicas e Domínio Cristalino.

A área em estudo está sobre o Domínio Cristalino tendo um comportamento hidrodinâmico típico de aquífero fissural. Em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água em função da falta de circulação e do tipo de rocha é, na maior parte das vezes, salinizada (CPRM, 2005).

### *3.1.3 Pedologia*

Segundo a EMBRAPA (1999) existem dez unidades de mapeamento de solos. O tipo de solo do local em estudo é oriundo do substrato (material de origem) Granítico, classificado como neossolo litólico distrófico típico com características de

solo raso (variando de alguns centímetros até 20 metros), bem drenado, textura média, ocorre em relevo ondulado e fortemente ondulado. Possui uma textura média, possuindo grande porcentagem de areia, quartzo/feldspato alcalino/plagioclásio, além de silte/argila oriundo dos minerais félsicos.

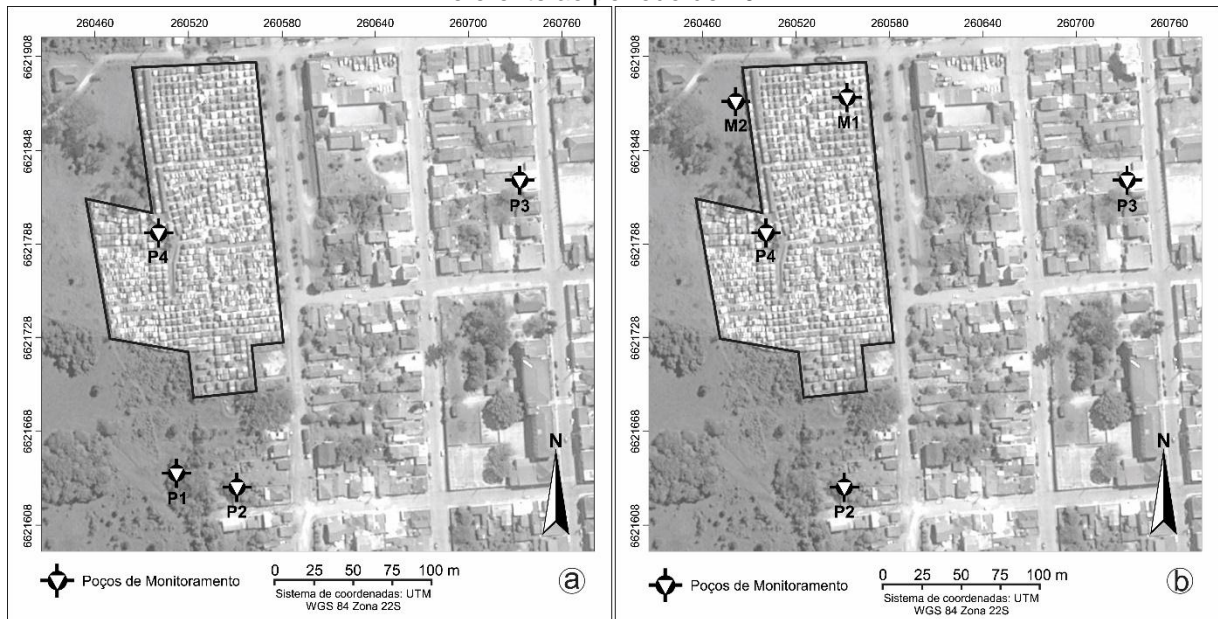
#### 3.1.4 *Clima*

Os dados climáticos se referem à estação de monitoramento climático localizada no município de Encruzilhada do Sul, que oferece características físicas semelhantes às do município, além de estar localizado próximo ao município de estudo. Os dados correspondem aos anos de 1961 a 1990 (EMBRAPA, 2010) e apresenta temperatura média, no período analisado, de 17,1 °C. A média anual de precipitação registrada é de 128 mm. No mês de julho ocorrem os maiores índices pluviométricos (157 mm), no mês de abril são registradas as menores precipitações (97 mm).

### 3.2 **Poços de monitoramento e coleta da água**

O monitoramento da qualidade da água ocorreu em dois períodos distintos, o primeiro entre os meses de abril e junho de 2016 e o segundo entre os meses de junho e outubro de 2017, totalizando 10 coletas, 5 em cada período. As amostras foram retiradas de quatro poços já existentes na área de estudo, todas captadas de aquíferos livres, três poços localizados em área residencial com captação manual, denominados P1, P2 e P4, e um localizado em empresa que utiliza a água para lavagem de carros através de bombeamento, denominado P3, localizado em cota superior aos outros pontos e supostamente sem interferência na qualidade da água, por isso considerado como ponto branco. Nas duas últimas coletas referente ao período de 2016 não foi possível obter amostras de água do poço denominado P1, os moradores do local não permitiram a entrada na residência, e, por este motivo eliminou-se P1 e optou-se pela construção de mais 2 poços de monitoramento, denominados M1 e M2. A localização dos pontos de coleta está representada na Figura 4.

Figura 4 - Localização dos poços de monitoramento. (a) Referente ao período de 2016 e (b) Referente ao período de 2017.



Fonte: A autora (2017).

A localização para construção dos poços de monitoramento foi determinada a partir da sugestão de um estudo geofísico realizado por Zanato (2016) na mesma área de estudo. A construção dos poços de monitoramento partiu de um estudo prévio da área, com base no nível da água, camada hidrogeológica de interesse e sentido preferencial do fluxo subterrâneo. A construção dos poços de monitoramento seguiu o disposto nas normas vigentes NBR 15495-1/2007 (ABNT, 2007) e NBR 15495-2/2008 (ABNT, 2008), com etapas de perfuração, pré-filtro, filtro e selo sanitário

A coleta foi através do coletor descartável de PVC tipo bailer (Figura 5-a) e o acondicionamento realizado em garrafas plásticas estéreis de 1000 ml, rotuladas e identificadas de acordo com o número do poço de monitoramento (Figura 5-b).

Figura 5 - Coleta de água (a) Coletor do tipo bailer e (b) acondicionamento em garrafas plásticas



Fonte: A autora (2017).

### 3.3 Superfície Potenciométrica

A identificação do nível da água se deu através do Freatímetro Sonoro TLC Solinst, dotado de um cabo de 100 m. Os dados foram obtidos em cada dia de coleta de água, para posteriormente realizar o mapa com o fluxo subterrâneo estimado através da superfície potenciométrica, obtida pela diferença entre a cota da “boca” do poço e o nível da água (HEATH, 1982),

### 3.4 Análises da qualidade da água

A metodologia utilizada para as análises de água em laboratório está descrita no quadro 1. O parâmetro ferro foi realizado apenas no período de 2016 enquanto os parâmetros fósforo, sódio, potássio, nitrato+nitrito e sólidos totais dissolvidos foram analisados apenas no período referente ao ano de 2017.

Quadro 1 - Metodologia das análises realizadas nas amostras de água

<b>Parâmetro</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Referência</b>
Cor pH	Método Colorimétrico	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Turbidez	Método Nefelométrico	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Ferro	Método Colorimétrico do Tiocianato	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Dureza	Método Titulométrico do EDTA - Complexometria	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Alcalinidade	Método Titulométrico	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Oxigênio Dissolvido (OD)	Método Iodométrico (Winkler)	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Coliformes Totais Coliformes Termotolerantes	Substrato enzimático	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Condutividade elétrica	Condutivímetro digital	AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
Fósforo	Método espectrofotométrico	Tedesco, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995.
Sódio	Fotômetro de chama	Tedesco, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995.
Potássio	Fotômetro de chama	Tedesco, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995.
Nitrato + Nitrito	Método Titulométrico	Tedesco, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995.
Sólidos Totais Dissolvidos	Gravimetria	Macedo, J. A. B. Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas. 2ª ed. CRQ-MG., 2003.

Fonte: A autora (2017)

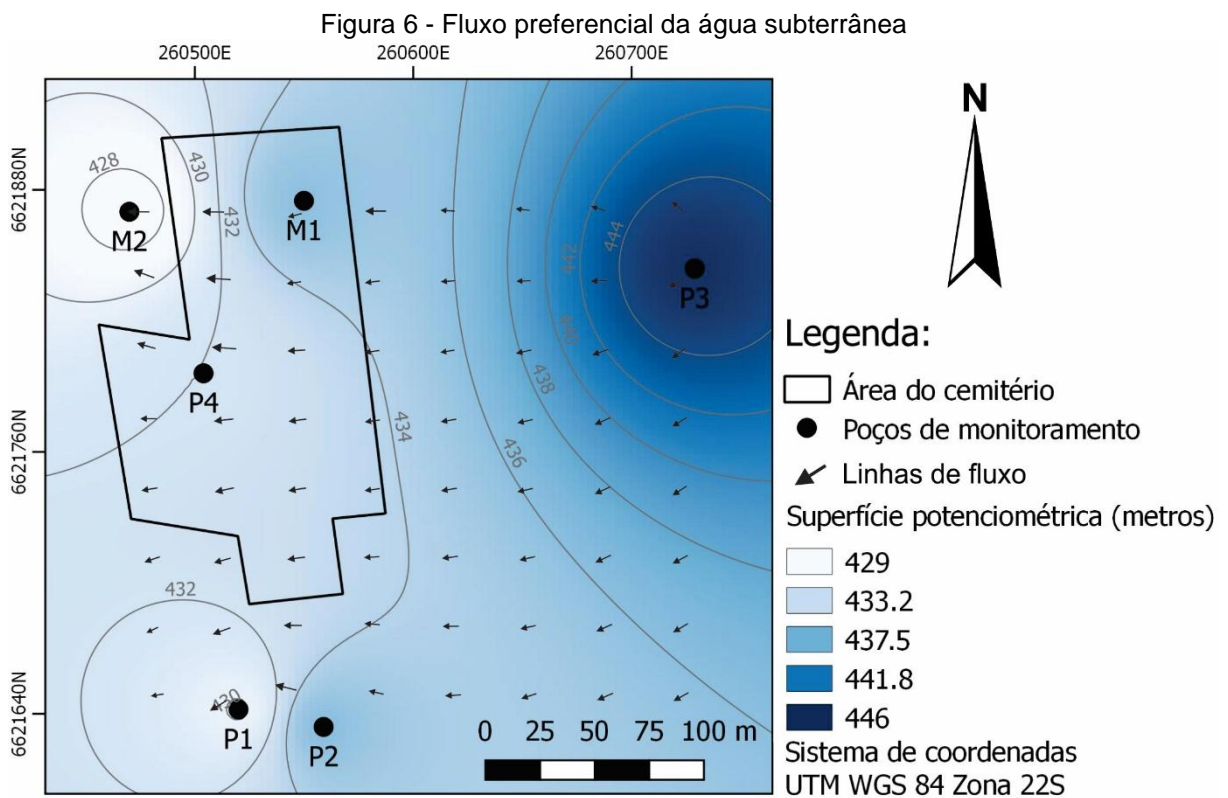


## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa, serão apresentados os resultados obtidos em forma de cartogramas, a fim de facilitar a visualização da variação dos parâmetros no tempo de realização da pesquisa. Os valores das análises realizadas são os valores médios entre as coletas.

### 4.1 Superfície Potenciométrica (SP)

Na Figura 6 ilustra a tendência de direção do fluxo a partir dos dados de registros de nível da água, estimando assim, a superfície potenciométrica. Nota-se que o fluxo preferencial ocorre no sentido de Leste a Oeste, ou seja, do Ponto P3 para a área de influência do Cemitério.

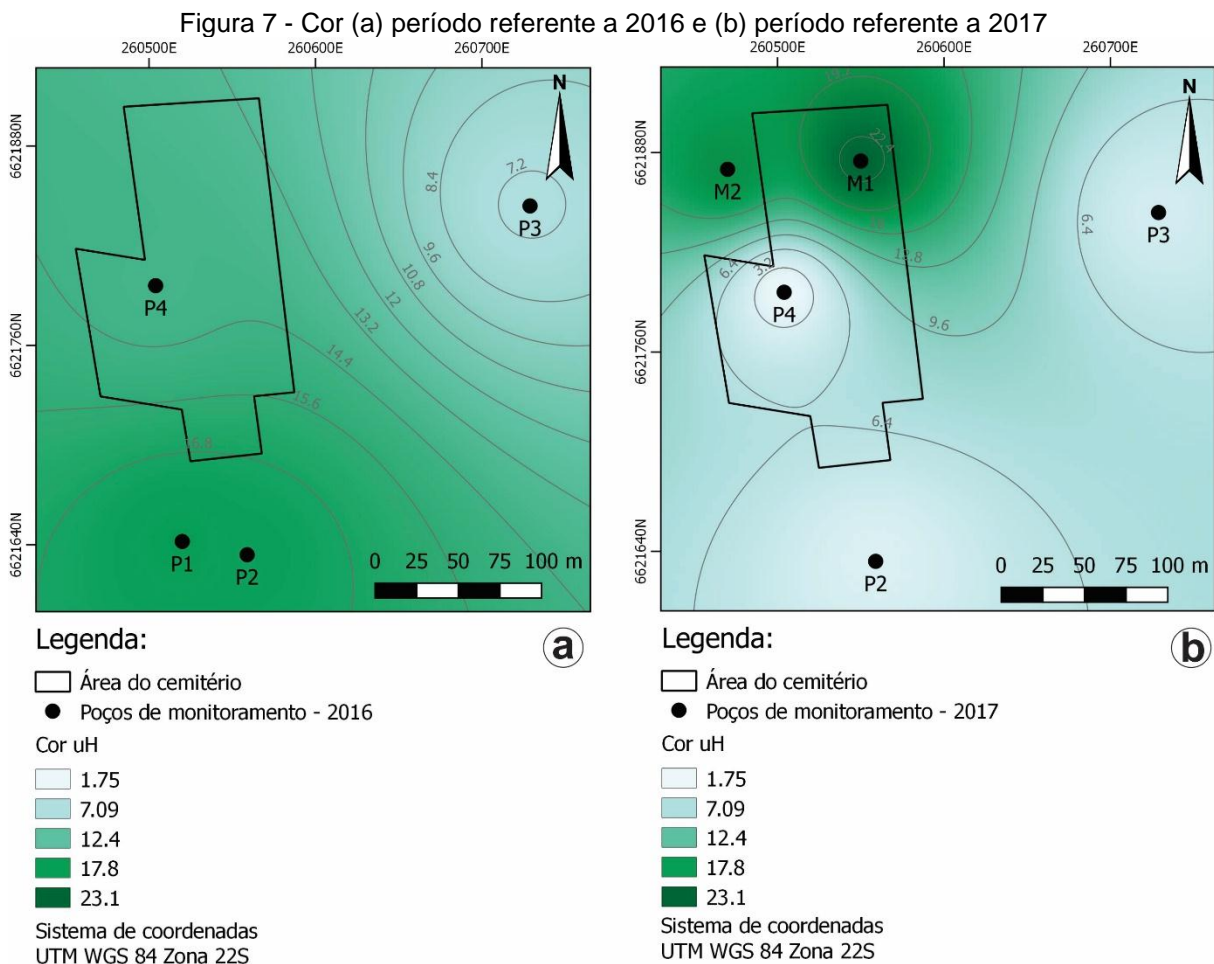


Fonte: A autora (2017)

### 4.2 Cor

A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo da cor aparente de 15uH. O menor valor encontrado foi de 1,75uH em P4 e o maior

valor de 23,1 uH em M1. Percebe-se que houve variação nestes valores do ano de 2016 (Figura 7-a) para o ano de 2017 (Figura 7-b), onde no primeiro período P1, P2 e P4 ultrapassaram os valores estabelecidos pela referência, enquanto no segundo período, os maiores valores encontrado foram em M1 e M2, o que pode estar relacionado ao fato de o cemitério ser fonte de poluição pontual, recebendo carga de pontos variáveis, dependendo de onde o cadáver foi sepultado. Macedo (2006) relata que em locais com alta decomposição de matéria orgânica, é provável que as taxas de cor sejam influenciadas juntamente com outros parâmetros, principalmente o pH e turbidez.

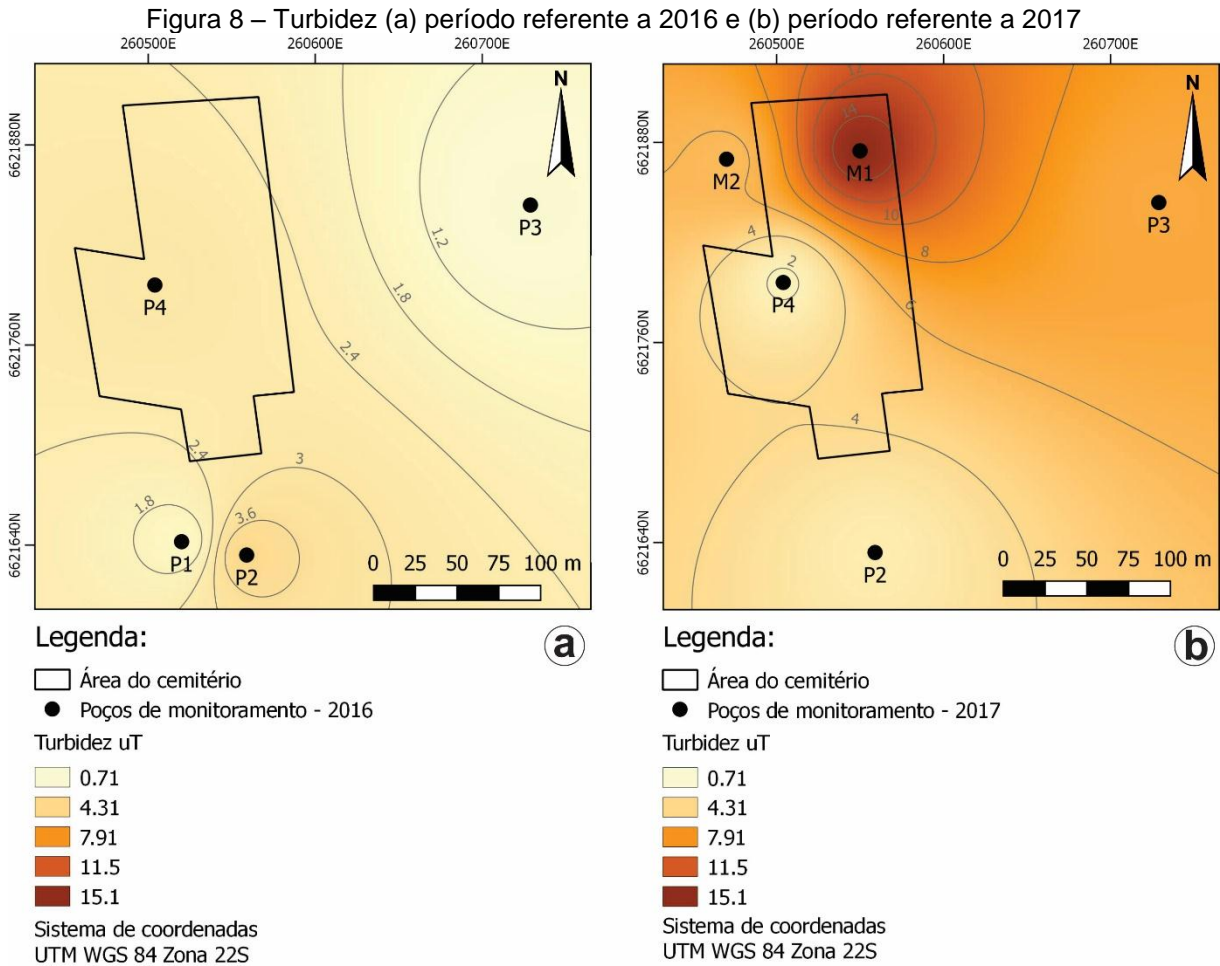


Fonte: A autora (2017)

### 4.3 Turbidez

A mesma portaria, nº 2914/2011 do MS, estabelece o valor máximo de turbidez de 5 uT, onde os resultados encontrados para este parâmetro podem estar relacionados com a cor aparente, já que, o aumento nos resultados para a turbidez

coincidem com os aumentos nos valores de cor. A turbidez variou de 0,71 uT em P3 no período de 2016 (Figura 8-a) a 15,1 uT em M1 no período de 2017 (Figura 8-b), ultrapassando a referência citada, fato que, novamente, pode estar relacionado ao local de sepultamentos dos corpos.

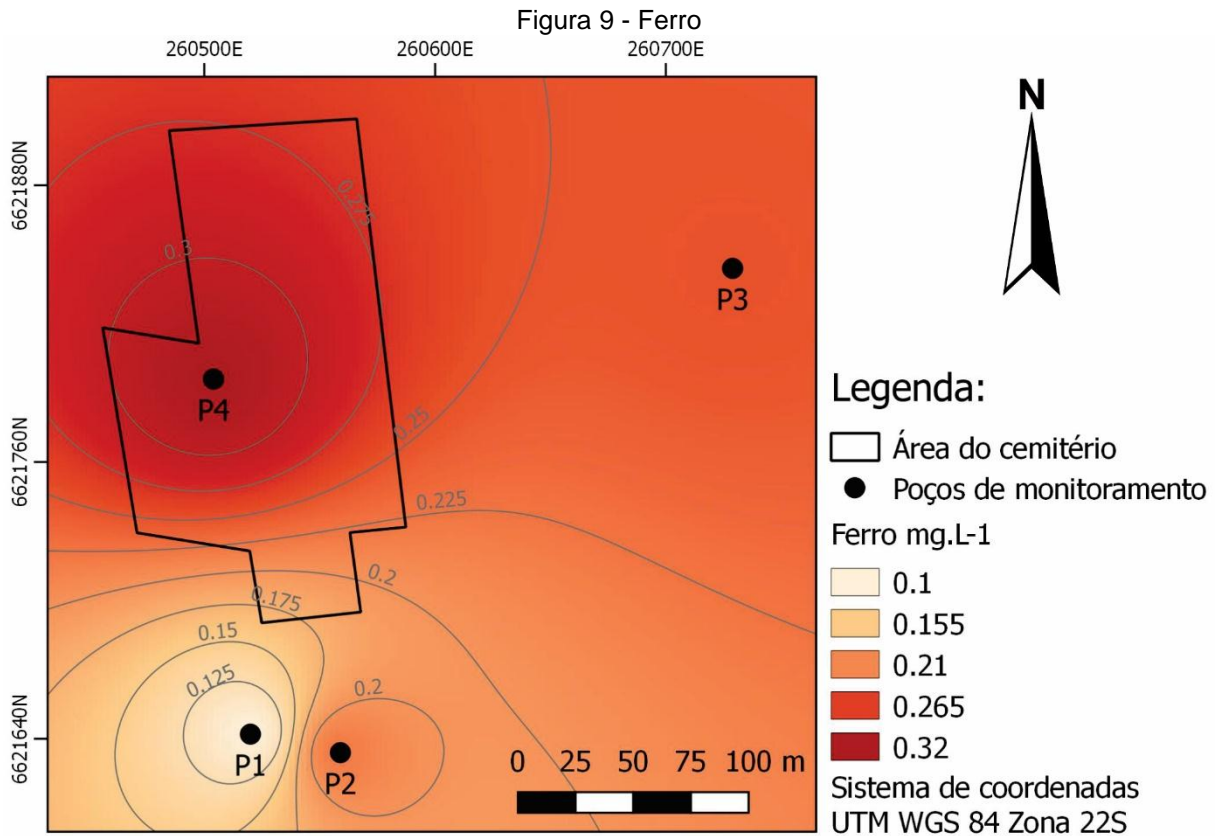


Fonte: A autora (2017)

#### 4.4 Ferro (Fe)

Ainda, pode-se ter cor devido à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, plâncton, macrófitas e despejos industriais, bem como microrganismos distribuídos no ambiente (MACEDO, 2004). A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde e a Resolução nº 396/2008 do CONAMA estabelecem como valor máximo permitido de ferro 0,3 mg/L, valores superiores podem causar manchas nas roupas, além de conferir à água odor e sabor desagradável. As análises de ferro ocorreram apenas no primeiro período de coleta, e conforme Figura 9, apenas P4 ultrapassou a

referência, com 0,32 mg/L, enquanto os outros pontos variaram de 0,1 mg/L a 0,265 mg/L.

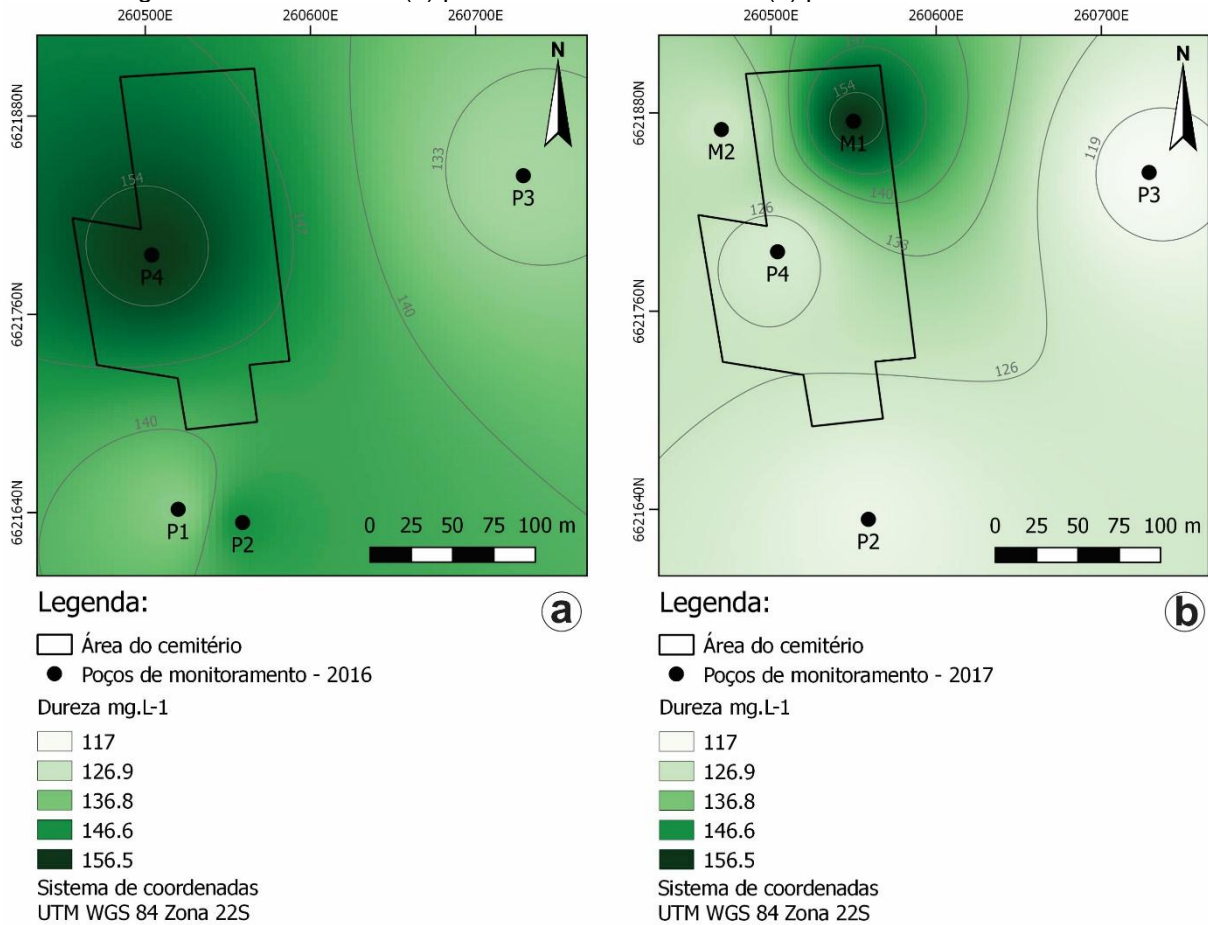


Fonte: A autora (2017)

#### 4.5 Dureza total

A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece 500mg/L  $\text{CaCO}_3$  como valor máximo permissível para a dureza total. As águas subterrâneas podem ser classificadas em termos de dureza como “branda” (< 50 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), “pouco dura” (50-100 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), “dura” (100-200 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) e “muito dura” (>200 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) (FRANCA et al., 2006). As amostras dos poços de monitoramento estão dentro do estabelecido pela portaria citada e variaram de 131 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em P3 a 156 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em P4 no período de 2016 (Figura 10-a) e de 117 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em P3 a 156,5 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em M2 no período de 2017 (Figura 10-b), sendo classificadas como “duras”.

Figura 10 - Dureza total (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017

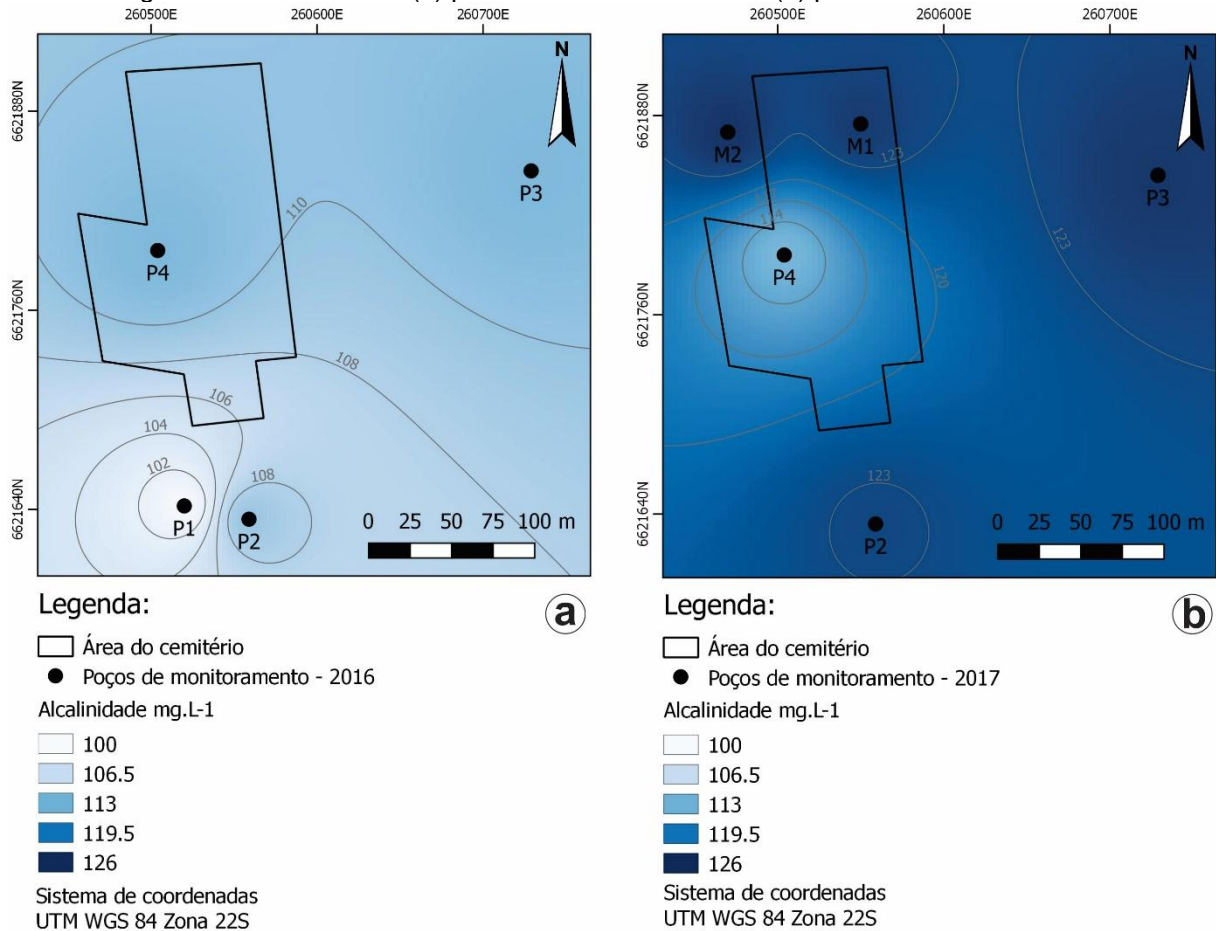


Fonte: A autora (2017)

#### 4.6 Alcalinidade

A alcalinidade variou de 100,3 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em P1 a 111,6 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em P3 e P4 no período de 2016 (Figura 11-a) e de 112 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em P4 a 125 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em M2 no período de 2017 (Figura 11-b). A alcalinidade não está especificada nas legislações brasileiras, porém, Santos e Mohr (2013) apontam que águas subterrâneas contêm alcalinidade superior a 20 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , confirmado pelos resultados obtidos neste estudo.

Figura 11 – Alcalinidade (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017

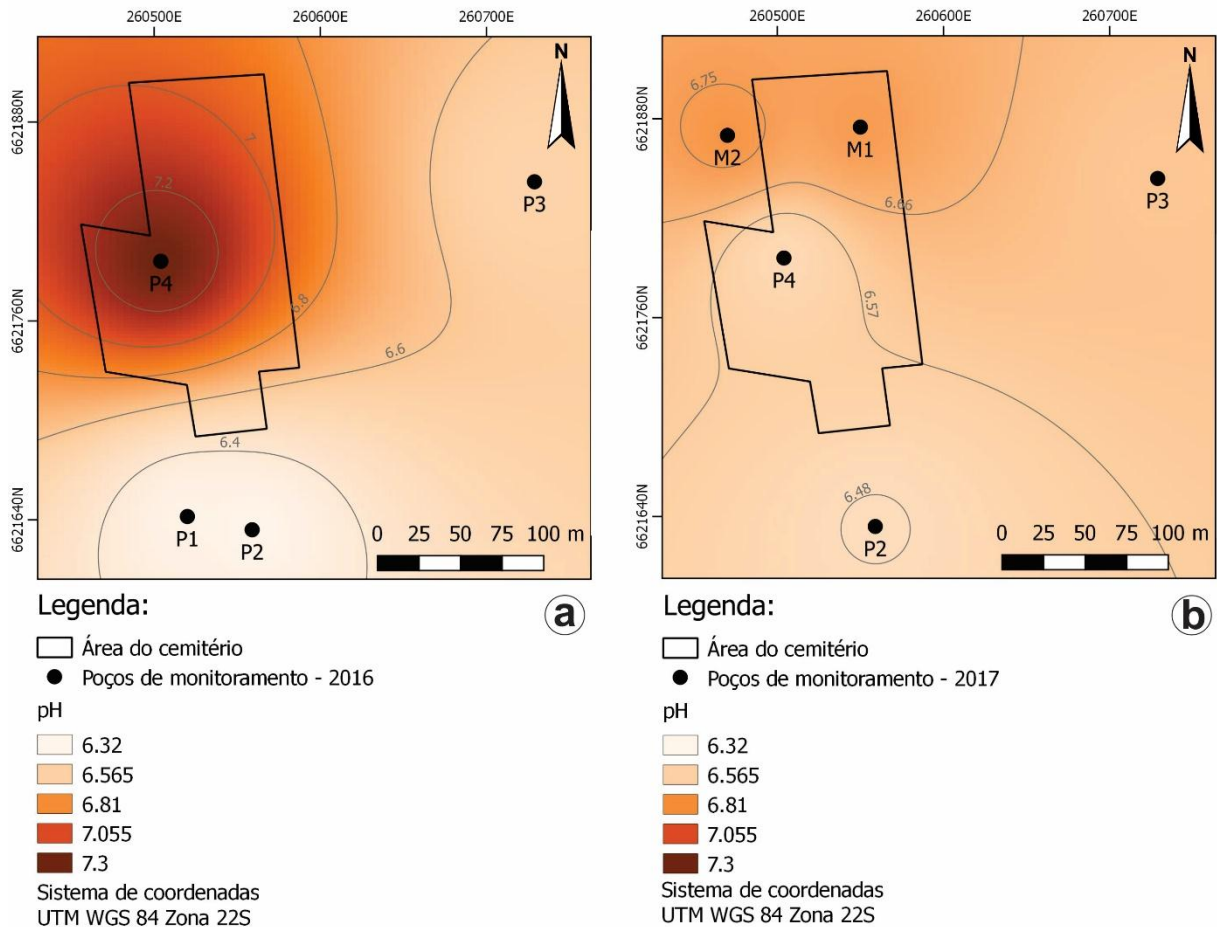


Fonte: A autora (2017)

#### 4.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH variou de 6,32 em P2 a 7,3 em P4 no período de 2016 (Figura 12-a) e de 6,47 em P2 a 6,77 em M2 no período de 2017 (Figura 12-b). Os valores de pH permaneceram, relativamente, homogêneos durante as coletas e todos estão em acordo com a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, a qual recomenda que este valor seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Figura 12 - pH (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017



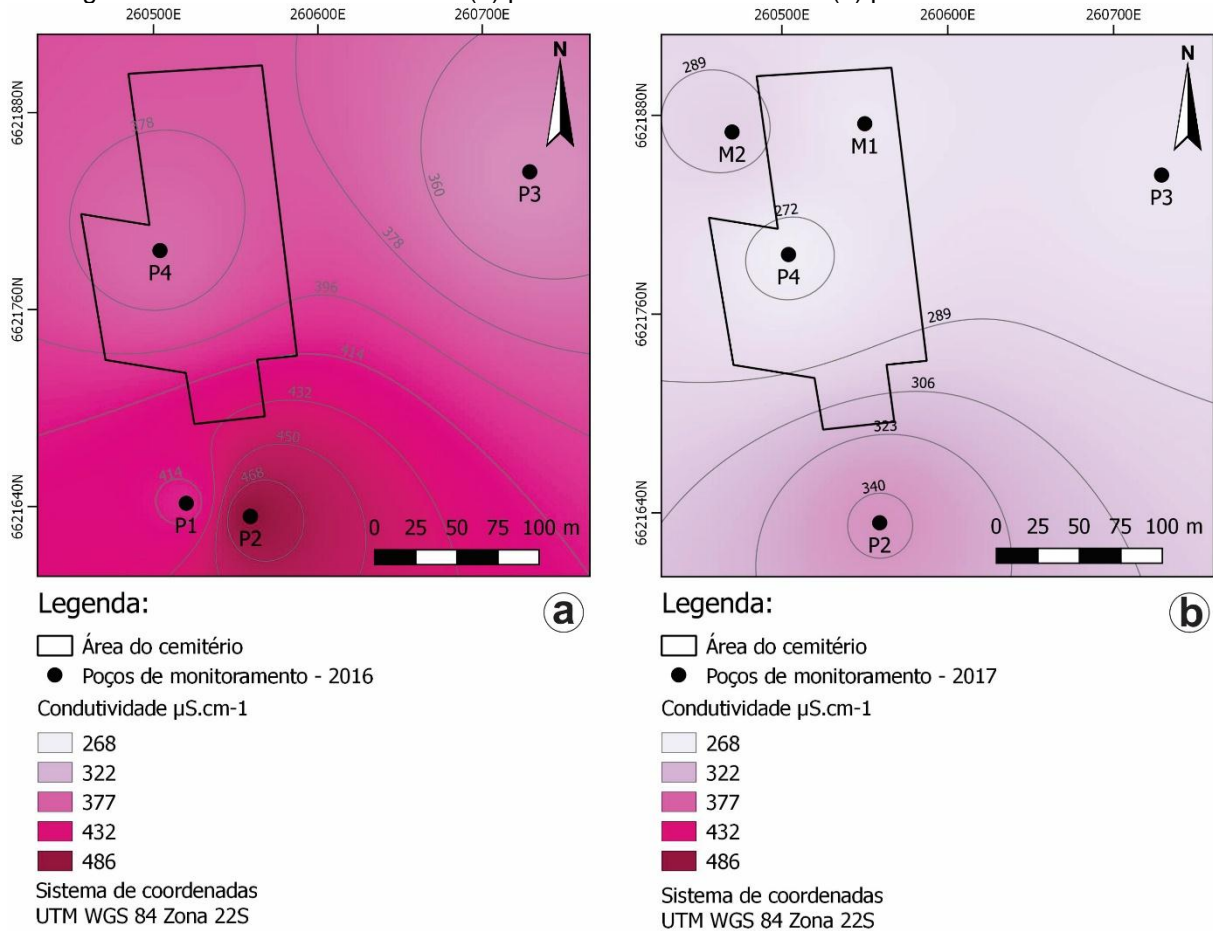
Fonte: A autora (2017)

#### 4.8 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica refere-se a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, quanto maior estes valores, maior será a concentração de íons dissolvidos na água. Os resultados deste parâmetro variaram de 346  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em P3 a 486  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em P2 no período de 2016 (Figura 13-a) e de 268  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em P4 a 342  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em P2 no período de 2017 (Figura 13-b).

A resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde não estabelecem valores de referência para este parâmetro, e, apesar de as sepulturas indicarem o aumento de sais minerais na água, sugere-se que P3 também apresente fontes geradoras de sais dissolvidos. Outros trabalhos realizados em área de cemitério encontraram para condutividade elétrica 98,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (MIGLIORINI et al., 2006) e 221,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ALMEIDA & MACEDO, 2005).

Figura 13 - Condutividade elétrica (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017



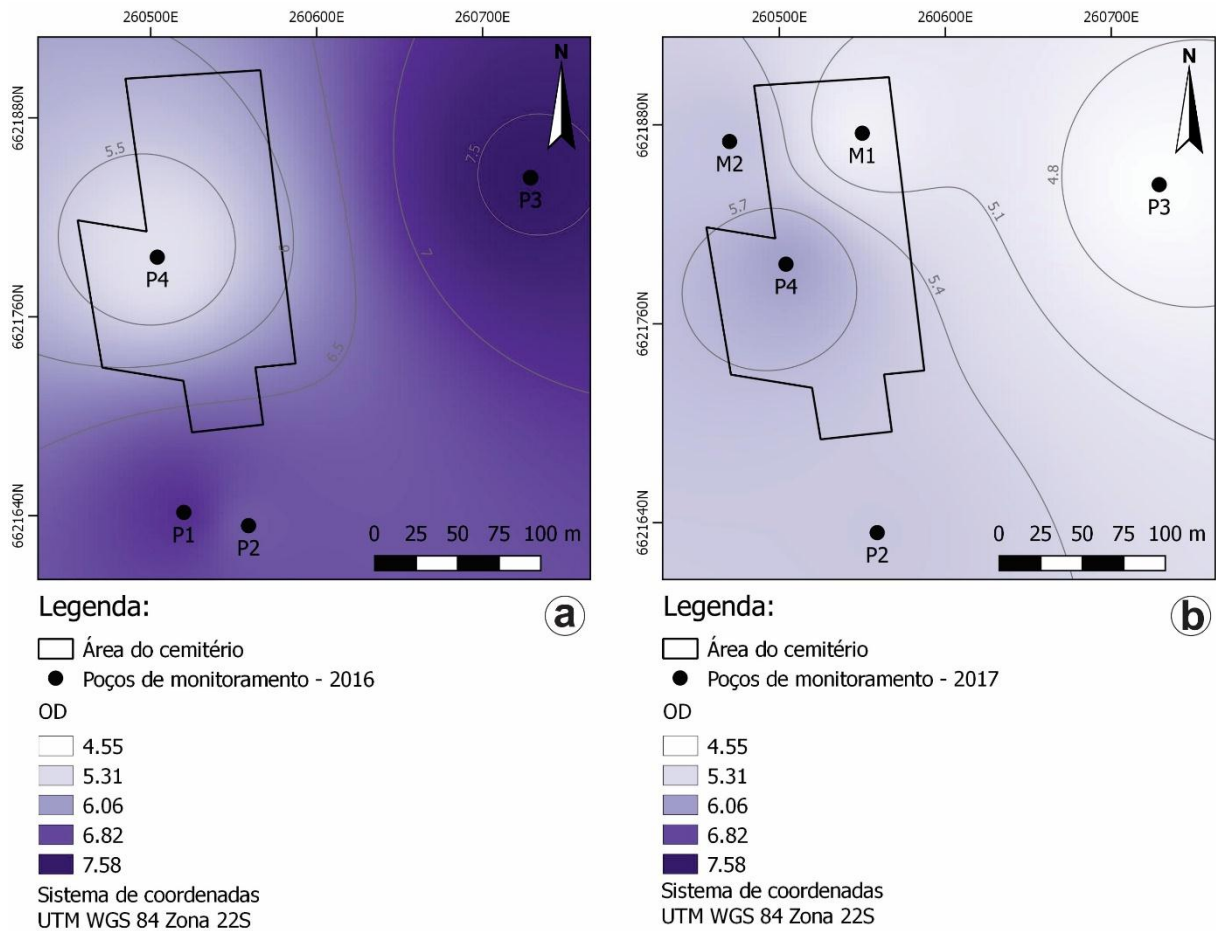
Fonte: A autora (2017)

#### 4.9 Oxigênio dissolvido (OD)

Quanto ao oxigênio dissolvido, não há referência na resolução nº 396/2008 do CONAMA e na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde para este parâmetro, porém, segundo Santos (2008) normalmente são encontrados em águas subterrâneas valores que vão de 0 a 5 mg/L. Os valores de oxigênio dissolvido variaram de 5,14 mg/L  $\text{O}_2$  em P4 a 7,58 mg/L  $\text{O}_2$  em P3 no período de 2016 (Figura 14-a) e de 4,55 mg/L  $\text{O}_2$  em P3 a 6 mg/L  $\text{O}_2$  em P4 no período de 2017 (Figura 14-b). Nas águas subterrâneas este parâmetro se apresenta em pequena quantidade, pois a maior parte do ar dissolvido é consumido na oxidação da matéria orgânica durante a percolação da água na zona de aeração (SILVA, G., 2014).



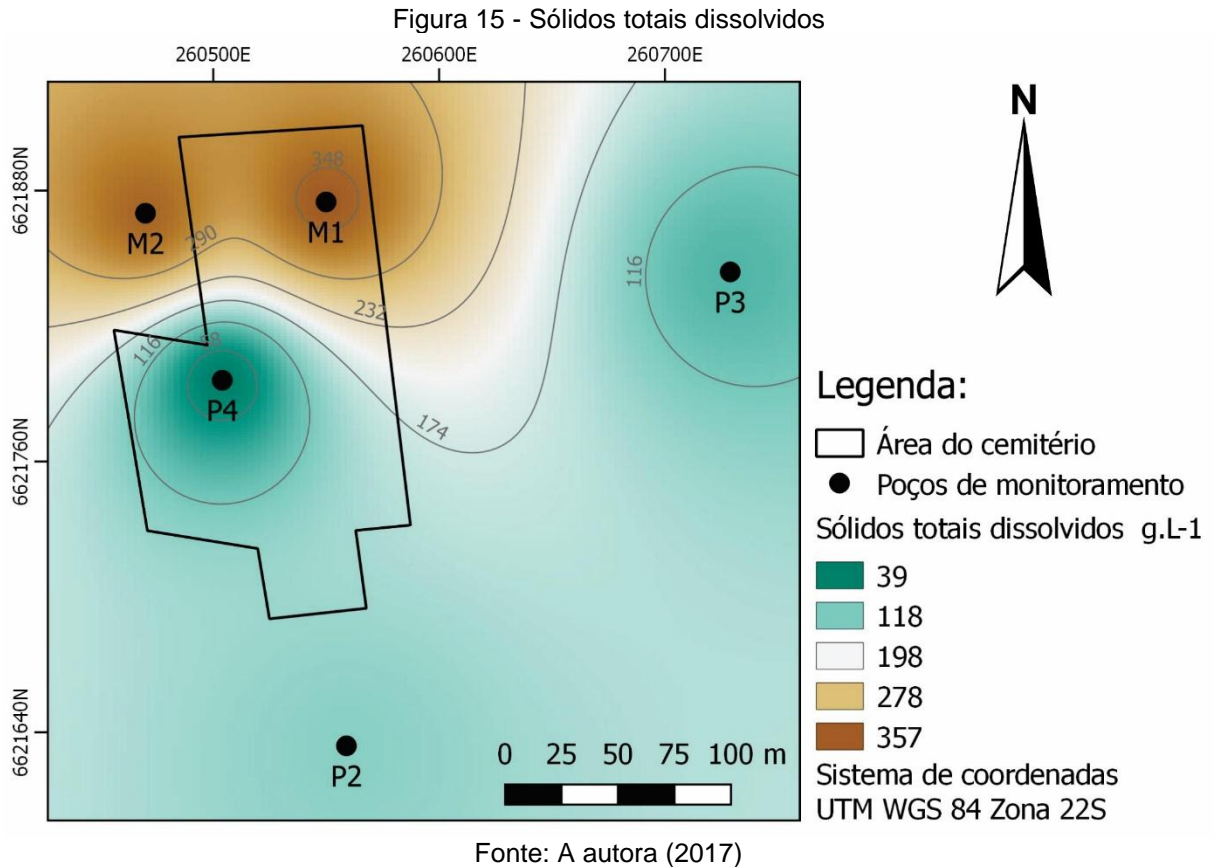
Figura 14 - Oxigênio dissolvido (a) período referente a 2016 e (b) período referente a 2017



Fonte: A autora (2017)

#### 4.10 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

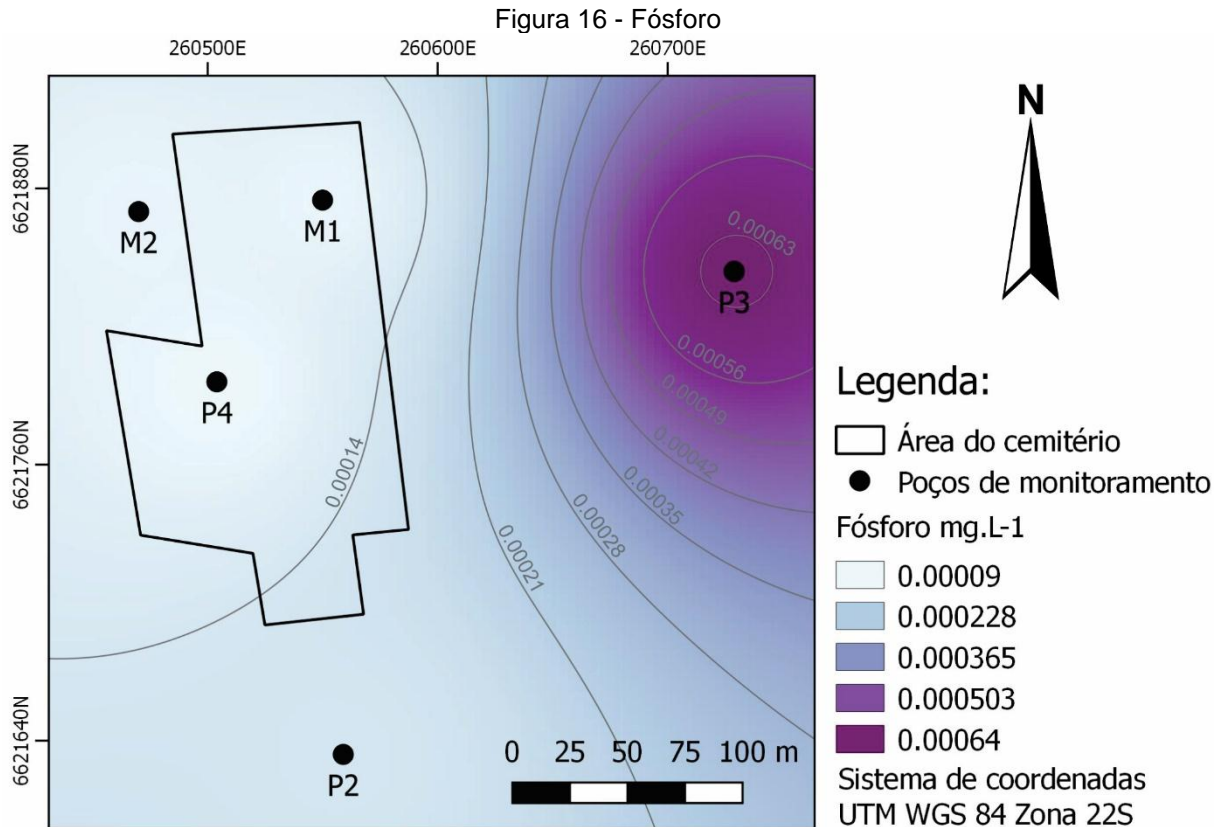
Os sólidos totais dissolvidos, geralmente, correspondem a matéria orgânica e sais (VON SPERLING, 2005). A resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelecem como valor máximo permitido para este parâmetro 1g/L para o consumo humano, pois, quando em excesso, tornam a água com sabor desagradável. Os resultados variaram de 39g/L em P4 a 357g/L em M1 (Figura 15), o que caracteriza a qualidade da água como imprópria para o consumo humano.



#### 4.11 Fósforo (P)

A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais como dissolução de rochas, carreamento do solo e decomposição de matéria orgânica ou fonte antropogênicas como o lançamento de esgotos, fertilizantes e detergentes (FUNASA, 2014). Conforme a Figura 16, a maior concentração de fósforo ocorreu em P3, o que pode estar intimamente ligado ao fato de no local ocorrer a lavagem comercial de carros com o uso de detergentes que, comumente, é composto de fosfatos orgânicos.

Os valores variaram de 0,00009 mg/L em P4 a 0,00064 mg/L em P3, a resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde não estabelecem valores de referência para este parâmetro, apesar de, conforme Klein e Agne (2012), fósforo em excesso no ambiente provocar diversos impactos negativos, especialmente relacionado a qualidade das águas.



Fonte: A autora (2017)

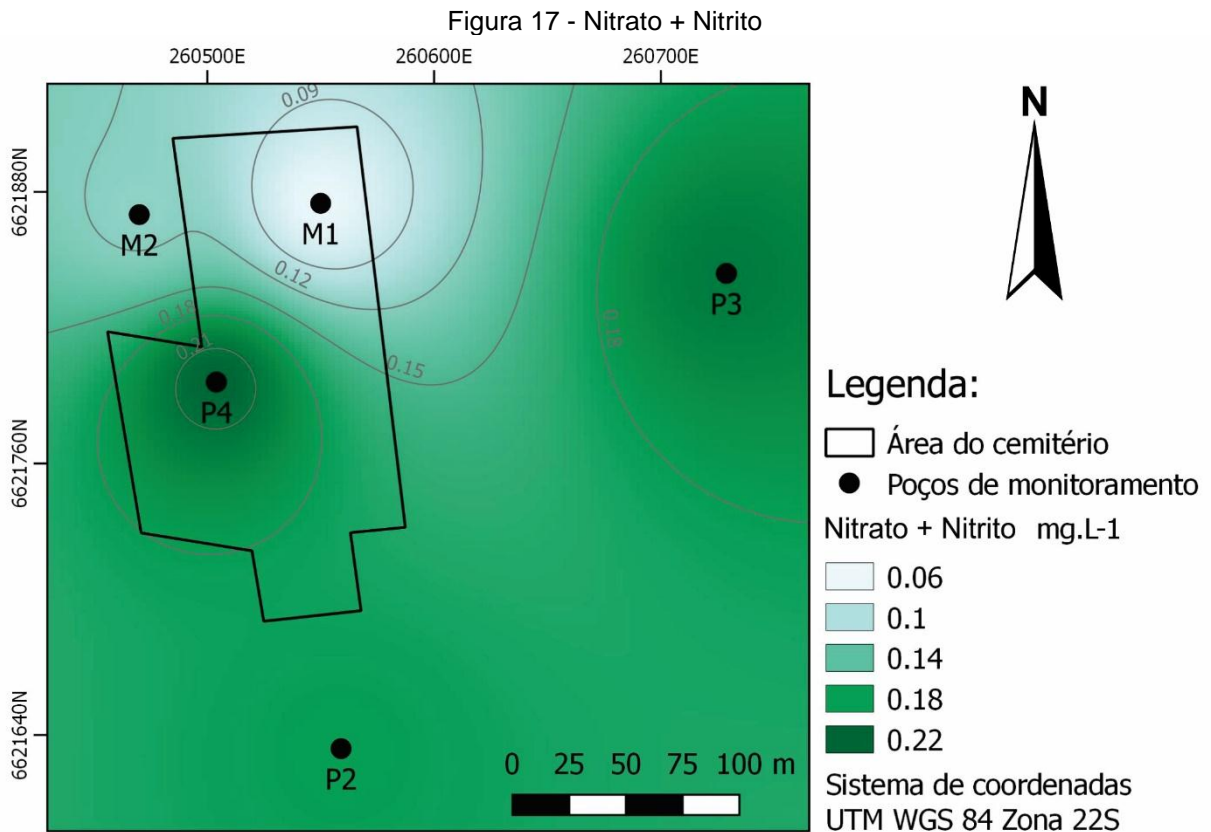
#### 4.12 Nitrato + Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ e $\text{NO}_2^-$ )

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (BRAGA, 2006). Conforme Von Sperling (2005), o nitrogênio se alterna entre várias formas e estado de oxidação em seu ciclo biogeoquímico, e, pode indicar o estágio de contaminação de cursos d'água. Caso a poluição seja recente, prevalecerá o nitrogênio na forma orgânica ou amônia, no caso de poluição antiga, na forma de nitrato, enquanto as concentrações de nitrito são mais reduzidas.

A resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelecem como valor máximo permitido 10mg/L para o nitrato, e 1mg/L para o nitrito. Os resultados obtidos referem-se a Nitrato e Nitrito conjuntamente, e estes valores variaram de 0,06 mg/L em M1 a 0,22 mg/L em P4 (Figura 17), abaixo do que estipula as referências citadas.

A contaminação por nitrato na água para consumo humano pode trazer graves consequências para a saúde. No organismo humano, o nitrato se converte

em nitrito, que se combina com a hemoglobina para formar metahemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio no sangue (SILVA & ARAÚJO, 2003). Ressalte-se que, a literatura referente a avaliação de compostos de nitrogênio em águas de poços no Brasil ainda é precária (BIGUELINI & GUMY, 2012).

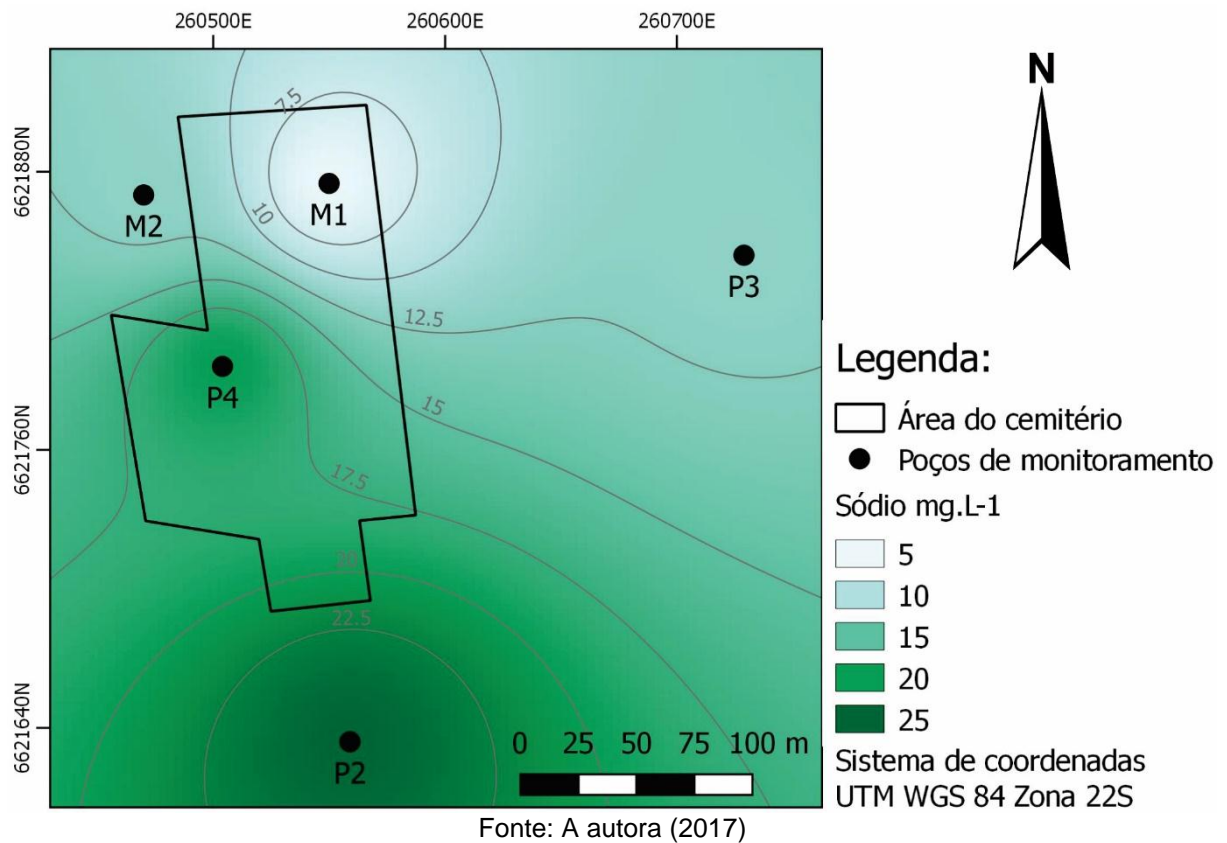


Fonte: A autora (2017)

#### 4.13 Sódio (Na)

A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde e resolução nº 396/2008 do CONAMA estabelecem o valor máximo de 200 mg/L de Sódio para consumo humano, enquanto Feitosa e Manoel Filho (1997) ressaltam que, em águas subterrâneas o sódio varia de 0,1 mg/L a 100mg mg/L. Os resultados encontrados variaram de 5 mg/L em M1 a 25 mg/L em P2 (Figura 18), em acordo com o estabelecido pelas referências utilizadas.

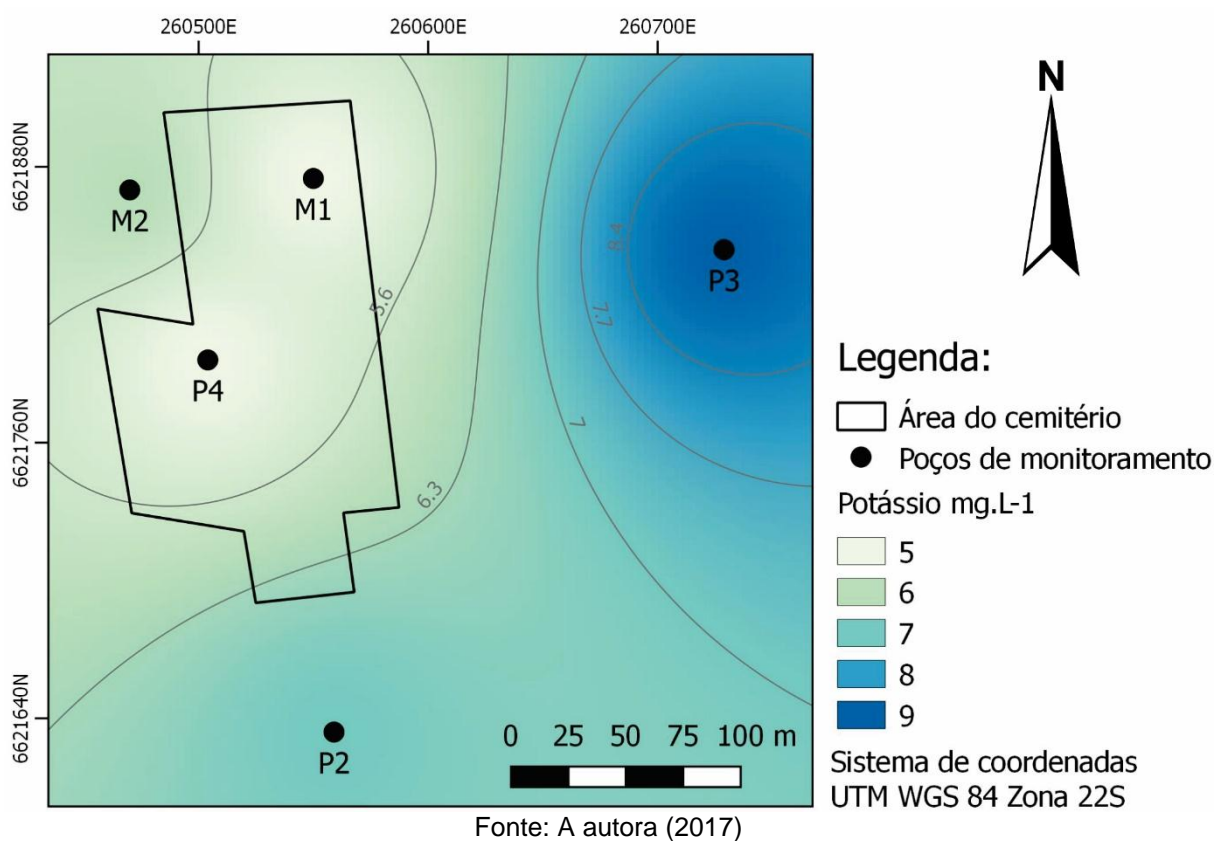
Figura 18 - Sódio



#### 4.14 Potássio (K)

A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde e resolução nº 396/2008 do CONAMA não estabelecem valores de referência para o potássio. Trabalhos realizados por Migliorini et al. (2006) encontraram valor médio de 2 mg/L e Kemerich et al. (2012) 1,75 mg/L, ambos em área de cemitério, enquanto nessa pesquisa, os resultados variaram de 5 mg/L em P4 e M1 a 9 mg/L em P3, conforme Figura 19.

Figura 19 - Potássio



#### 4.15 Coliformes Totais e Termotolerantes

Os indicadores mais utilizados para detectar a presença de microrganismos patógenos e que são preconizados pela legislação vigente são o índice de coliformes totais e o índice de coliformes termotolerantes, os quais foram detectados em todas as amostras, estando em desacordo com a resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Segundo Migliorini et al. (2006) o ciclo de sepultamentos dos corpos influencia nas concentrações de coliformes, o que provavelmente se deve ao fato de que corpos sepultados mais recentemente liberam maior quantidade de agentes patogênicos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento da qualidade da água subterrânea é uma questão de saúde pública, e por isso torna-se necessária a investigação de suas características físicas, químicas e bacteriológicas.

Apesar de parâmetros como fósforo e potássio apresentarem valores elevados em P3, considerado como ponto branco, sem influência de atividades poluidoras, não se descarta a contaminação por necrochorume, já que, cemitérios são fontes poluentes pontuais, e produzem necrochorume ao longo do tempo. Os valores de cor e turbidez, juntamente com a alta condutividade elétrica encontrada em todos os pontos, demonstram que a decomposição dos corpos podem influenciar na qualidade da água subterrânea.

A realização das análises de qualidade de água subterrânea proporcionou a obtenção de resultados não esperados para o ponto escolhido como branco, demonstrando a possibilidade de contaminação da água subterrânea em área de lavagem de carros.

Sugere-se a adoção de um novo ponto branco, já que pode ter havido contaminação por detergentes advindos da lavagem, a fim de comparar se há contaminação por parte do cemitério, conjuntamente com análises de putrescina e cadaverina para confirmação dos objetivos da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2005. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20Qualidade%20AguaSubterraneas.pdf> > Acesso em: 30 de abril de 2017.
- ALMEIDA, Renato Paes de. **Evolução Tectono-Sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, RS**. 2001. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, São Paulo, 2001.
- ALMEIDA, Adriano M. de & MACEDO, Jorge Antônio Barros de. Parâmetros Físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. In: Seminário de Gestão Ambiental, 2005. **Anais do Seminário de Gestão Ambiental**. Juiz de Fora: Faculdades Integradas Vianna Jr., 2005. v. 1.
- ALVES, Maria da Glória, et al. qualidade das águas de poços rasos provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos dos Goytacazes (RJ). In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2010. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**. São Luís-MA, 2010. 11p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Ed 22, Washington: American Public Health Association Pub. 2012.
- 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.
- BACIGALUPO, Rosane da Silva. **Impacto do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério Nossa Senhora de Fátima, Duque de Caxias - RJ**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Geografia. Rio de Janeiro, 2013.
- BIGUELINI, Cristina Poll & GUMY, Mariane Pavani. 2. **SAÚDE AMBIENTAL: ÍNDICES DE NITRATO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE POÇOS PROFUNDOS**



**NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ.** Faz ciência-fc, v. 14, n. 20, p. 153-175, 2012.

BITENCOURT, M.F. 1983. Metamórfitos da região de Caçapava do Sul-RS, Geologia e relações com o corpo granítico. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 1, Porto Alegre. **Atas ...** Porto Alegre, SBG. P. 37-48.

BORGUETTI, Nadia Rita Boscardin, et al. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul.** Curitiba: Editora Maxigráfica, 2004.

BRAGA, Erika de Almeida Sampaio. **Determinação dos compostos inorgânicos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo total, na água do açude Gavião, e sua contribuição para a eutrofização.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CAICEDO, Nelson Luna. Água subterrânea. TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3ª ed, UFRGS: ABRH, Porto Alegre, 2004. p. 289-316.

CAPUCCI, Egmont, et al. **Poços tubulares e outras captações de água subterrânea: orientação aos usuários.** Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.

CARNEIRO, Victor Santos. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: Meio ambiente e saúde pública. In: I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 2009. **Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo.** São Paulo-SP, 2009. 13p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CPRM, 2005. Escala 1:750.000.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil.** Sistema de Informações Geográficas de Disponibilidade Hídrica. Brasília: CPRM, 2007. Escala 1:2. 500.000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB), 2001. **Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo. Disponível em: <  
<http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/consulta-por-aquiferos-monitorados/>>  
Acesso em 09/04/2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Publicada no DOU número 101, de 28 de maio de 2003, Seção 1, páginas 98-99.

\_\_\_\_\_. **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. Publicada número DOU nº 61, de 29 de março de 2006, Seção 1, páginas 149-150.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 396 de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada número DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 402, de 17 de novembro de 2008**. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. Publicada número DOU nº 224, de 18 de novembro de 2008, Seção 1, página 66.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Município de Encruzilhada do Sul, 2010.

FEITOSA, Fernando Antônio Carneiro e MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

FINEZA, Adonai Gomes. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de tabuleiro-MG**. 2008. 54 f. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

FRANCA, Raimunda Moreira da, et al. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte Ceará. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.11, n.1, p 92-102, 2006.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Cemitérios como Fonte Potencial de Contaminação das Águas Subterrâneas Região de Cuiabá e Várzea Grande (MT):Relatório Final**. Brasília-DF, 2007

\_\_\_\_\_. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS.** Brasília-DF, 2014

HEATH, R. C. **Basic ground-water hidrology.** Denver: USGS, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico/2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em 30 de abril de 2017.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas de registro civil (1999 a 2012).** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/pesquisa/20/29767?ano=2015&indicador=29788&tipo=grafico>> Acesso em 10 de novembro de 2017

KARMANN, Ivo. Água: ciclo e ação geológica. In: TEIXEIRA, W., *et al.* **Decifrando a Terra.** 2ª edição, São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.p. 186-209.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha et al. Influência dos cemitérios na contaminação da água subterrânea em Santa Maria - RS. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 129-141, 2010.

\_\_\_\_\_. Variação espacial da qualidade da água subterrânea em área ocupada por cemitério tipo parque jardim. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3, p. 264-279, 2012.

KLEIN, Cláudia e AGNE, Sandra Aparecida Antonini. Fósforo: de nutriente a poluente. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** V.8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

Macedo, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas.** 2ª ed. CRQ-MG., 2003.

\_\_\_\_\_. **Águas & Águas.** Ed. 2. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004

\_\_\_\_\_. **Introdução a Química Ambiental: Química & Meio Ambiente & Sociedade.** Belo Horizonte: CRQ - MG, 2006.

MANOEL FILHO, João. Ocorrência das águas subterrâneas. In: FEITOSA, Fernando A. C., et al (Org.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. p.53-75.

MIGLIORINI, Renato Blat, et al. Qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios. Região de Cuiabá-MT. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 20, n. 1, p 15-28, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Publicada no DOU nº 239, de 14 de Dezembro de 2011, Seção 1, página 39.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO (MMA/SRHU), 2007. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/167/\\_publicacao/167\\_publicacao28012009044356.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf)>. Acesso em 9 de abril de 2017.

NEIRA, Derika F, et al. Impactos do Necrochorume nas Águas Subterrâneas do Cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **Natureza on line**, vol. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

PACHECO, Alberto. **Cemitérios e o Meio Ambiente**. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 2000.

REIS SOBRINHO, Braulia Mirando dos. **Cemitério e Meio Ambiente**. 2002. Monografia apresentada a Universidade Católica do Salvador, Salvador 2002.

ROCHA, Julio Cesar, et al. **Introdução a Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SANTOS, Almany Costa. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando A. C., et al (Org.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. p. 323-357.

SANTOS, Renata de Souza & MOHR, Tainara. Saúde e qualidade da água: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas. **Revista contexto & saúde**, vol. 13 n. 24/25, p. 46-53, 2013.

SILVA, Gabriela Fernanda. **Avaliação hidrogeológica e implicações hidroquímicas na área de entorno do antigo lixão no município de Rolândia-PR.** 2014. 98f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

SILVA, Leonardo Rosa da. **Índices físicos do solo e alterações químicas decorrentes da ocupação por necrópole em Caçapava do Sul – RS.** 2016. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2016.

SILVA, Rita de Cássia da & ARAÚJO, Tânia Maria de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, vol. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

Tedesco, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995.

VON SPERLING, M. **Introdução à quantidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

ZANATO, Tais Renata. **Contribuição do método da eletrorresistividade na investigação da possível contaminação por necrochorume em aquíferos fraturados no cemitério Aanto Antônio.** 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geofísica da Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2016.