Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Regional Montes Claros

TRABALHO FINAL DE ESPECIALIZAÇÃO

ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR NECROCHORUME EM CEMITÉRIOS DE MONTES CLAROS-MG

SILVANA SANTOS SILVA

Silvana Santos Silva

CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR NECROCHORUME EM CEMITÉRIOS DE MONTES CLAROS-MG

Trabalho Final de Especialização apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Ferreira da Silva

MONTES CLAROS
2019

Silva, Silvana Santos.

S586c
2018

Contaminação das águas subterrâneas por necrochorume em cemitérios de Montes Claros - MG [manuscrito] / Silvana Santos Silva. Montes Claros, 2018..
59 f. : il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Júlia Ferreira
Banca examinadora: Lênio Marques de Miranda, Stanley Schettino, Júlia Ferreira da Silva.

Inclui referências: f. 42-47.

1. Água -- Poluição -- Teses. 2. Água -- Análise -- Teses. 3. Água -- Consumo -- Teses. 4. Águas subterrâneas -- Qualidade -- Teses. I. Ferreira da Silva, Júlia.. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.
CDU: 556.1

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG
Nádia Cristina Oliveira Pires / CRB-6/2781

Silvana Santos Silva. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERÂNEAS POR NECROCHORUME EM CEMITÉRIOS DE MONTES CLAROS-MG

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Stanley Schettino - ICA/UFMG

Prof. Dr. Lênio Marques de Miranda - ICA/UFMG

Profa. Dra. Júlia Ferreira da Silva – Orientadora ICA/UFMG

Montes Claros, 12 de dezembro de 2019.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela oportunidade a mim concedida, pois, sem a Sua permissão eu não teria disposição para alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora orientadora, Dra. Júlia Ferreira da Silva, pela paciência, dedicação e apoio, por estar sempre disponível, em tempo hábil quando precisei, durante este trabalho.

Aos meus Filhos, Lucas Gabriel, Tainá e Talita pela paciência e compreensão que muito contribuiu para que eu concluísse este estudo.

Aos meus familiares, que confiaram e me ajudaram a vencer esta batalha.

Aos meus colegas de curso que contribuíram para o meu sucesso durante essa jornada.

E, não menos importante, mas por último, agradeço à equipe de professores e colaboradores do Programa de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, do Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFMG.

Muito obrigada!

"Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente. Quem sobrevive é o mais disposto a mudanças."

(Karla Brum)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos indicadores de contaminação ou poluição das águas subterrâneas na região dos cemitérios Senhor do Bonfim e Jardim da Esperança em Montes Claros-MG, de forma a evidenciar a contaminação por necrochorume, bem como comparar os resultados dos períodos seco e chuvoso. Para tanto, foram coletadas amostras de água em poços profundos e rasos na região dos dois cemitérios, em três pontos estratégicos — denominados Ponto 1, Ponto 2 e Ponto 3 — para realizar as análises dos parâmetros de Condutividade elétrica, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo, Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Sólidos Totais, Amônia, Cloreto, Dureza total, *Escherichia coli* - *E. coli*, Coliformes totais, Heterotróficos Mesófilos (Hm) e Nitrato. Para cada ponto foram realizadas seis coletas de amostras de água, sendo quatro no início do período chuvoso e duas no final deste período, de novembro de 2017 a julho de 2018. Os resultados encontrados foram comparados com os Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela legislação vigente. Foram evidenciadas alterações nos parâmetros de OD, Fósforo, pH, *E. coli*, coliformes totais e Hm. As amostras que apresentaram presença de contaminação em quantidades superiores aos valores máximos permitidos demonstram a impossibilidade do uso da água para consumo humano. Conclui-se que a qualidade da água, no entorno dos cemitérios Senhor do Bonfim e Jardim da Esperança, sofre influência pelo necrochorume liberado na decomposição dos corpos enterrados no local ou por outra fonte de contaminação nas suas proximidades.

Palavras-chave: Água subterrânea. Qualidade da água. Cadáver.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physical, chemical and bacteriological parameters that indicate contamination or pollution of groundwater in the cemeteries Senhor do Bonfim and Jardim da Esperança in Montes Claros-MG, in order to show the contamination by necrochorume, as well as compare the results of the dry and rainy periods. For this purpose, water samples were collected from deep and shallow wells in the region of the two cemeteries, in three strategic points called Point 1, Point 2 and Point 3, to carry out the analysis of the parameters of Electrical Conductivity, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Phosphorus, Dissolved Oxygen (OD), pH, Total Solids, Ammonia, Chloride, Total hardness, Escherichia coli - E. coli, Total coliforms, Heterotrophic Mesophiles (Hm) and Nitrate. For each point, six collections of water samples were made, four at the beginning of the rainy season and two at the end of this period, from November 2017 to July 2018. The results found were compared with the Maximum Permitted Values (VMP) established by current legislation. Changes in the parameters of OD, phosphorus, pH, E. coli, total coliforms and Hm were evidenced. Samples that showed contamination in quantities above the maximum allowed values show the impossibility of using water for human consumption. It was concluded that the quality of the water in the surroundings of the cemeteries Senhor do Bonfim and Jardim da Esperança is influenced by the necrochorume released by the decomposition of the bodies buried in the place or by another contaminating source in its vicinity.

Keywords: Groundwater. Water quality. Corpse.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Caracterização esquemática das zonas saturada e insaturada no subsolo 17
Figura 2 – Processo esquemático da decomposição de um cadáver..... 20
Gráfico 1 – Composição média do necrochorume liberado durante a decomposição do corpo 23
Figura 3 – Esquema de risco de contaminação do lençol pelo necrochorume 25
Figura 4 – Localização dos pontos de coleta próximos aos cemitérios Senhor do Bonfim e Jardim da Esperança 30
Figura 5 – Sepultamento em cova 31
Gráfico 2 – Chuva acumulada mensal na cidade de Montes Claros - MG no ano de 2017 33
Gráfico 3 – Chuva acumulada mensal em Montes Claros – MG no ano de 2018..... 34
Gráfico 4 – Condutividade elétrica das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 35
Gráfico 5 – Oxigênio Dissolvido das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 35
Gráfico 6 – Sólidos totais das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 36
Gráfico 7 – Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas 37
Gráfico 8 – Parâmetro fósforo (P) das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 37
Gráfico 9 – Potencial de hidrogênio das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 38
Gráfico 10 – Parâmetro amônia das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 39
Gráfico 11 – Parâmetro Cloreto das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 39
Gráfico 12 – Parâmetro dureza total das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 40
Gráfico 13 – Parâmetro Nitrato das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas..... 41

Gráfico 14 – Parâmetro Coliformes Totais, das amostras nos pontos de coleta: 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas.....41
Gráfico 15 – Parâmetros das bactérias *E. Coli* das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas.....42
Gráfico 16 – Contagem de bactérias Heterotróficas Mesófilas (HM) das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas.....43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	–	Agência Nacional das Águas
Ca	–	Cálcio
$CaCo_3$	–	Bicarbonato de sódio
CETESB	–	Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e controle de poluição das águas
C. total	–	Coliforme total
CH_4	–	Metano
CO_2	–	Dióxido de Carbono
CONAMA	–	Conselho Nacional do Meio Ambiente
º C	–	Graus Celsius
DBO	–	Demanda Bioquímica de Oxigênio
E. coli	–	*Escherichia coli*
EPI	–	Equipamento de proteção Individual
FUNASA	–	Fundação Nacional de Saúde
g	–	Grama
HM	–	Heterotróficos Mesófilos
H_2O	–	Água
H_2S	–	Ácido (gás) Sulfúrico
Mg	–	Magnésio
MG	–	Minas Gerais
mg L^{-1}	–	Miligrama por litro
NH_3	–	Amônia
NO_2	–	Dióxido de Nitrogênio
NO_3^-	–	Nitrato
OD	–	Oxigênio Dissolvido
pH	–	Potencial hidrogênio
UFC ml^{-1}	–	Unidade Formadora de Colônia por mililitro
UNESP	–	Universidade Estadual de São Paulo
µS cm^{-1}	–	Microsiemens por centímetro
USP	–	Universidade de São Paulo
VMP	–	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO 16
2.1.1 Importância do solo na qualidade das águas subterrâneas 18
2.2.1 Decomposição do cadáver 19
2.2.2 Gases liberados dos cadáveres 22
2.2.3 Necrochorume 22
2.2.4 Contaminação da água por necrochorume 23
2.2.5 Indicadores de contaminação da água por necrochorume 25
2.3.1 Condutividade elétrica 26
2.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 26
2.3.3 Fósforo 26
2.3.4 Oxigênio Dissolvido (OD) 27
2.3.5 Potencial de hidrogênio 27
2.3.6 Sólidos Totais 27
2.3.7 Amônia 27
2.3.8 Cloreto 28
2.3.9 Dureza 28
2.3.10 Nitrato 28
2.3.11 Escherichia coli 28
2.3.12 Coliformes Totais 29
2.3.13 Bactérias Heterotróficas Mesófilas 29
3 MATERIAL E MÉTODOS 30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 33
5 CONCLUSÃO 45
REFERÊNCIAS 46
ANEXO A – Relatórios de Ensaio I 52
ANEXO B – Relatórios de Ensaio II 53
ANEXO C – Relatórios de Ensaio III 54
ANEXO D – Relatórios de Ensaio IV 55
ANEXO E – Relatórios de Ensaio V 56
ANEXO F – Relatórios de Ensaio VI 57

ANEXO G – Relatórios de Ensaio VII 58
ANEXO H – Relatórios de EnsaioVIII 61
ANEXO I – Relatórios de Ensaio IX 62
ANEXO J – Relatórios de Ensaio X 63
ANEXO K - Relatório de ensaio XI 63
ANEXO L - Relatório de ensaio XII 64

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido aos longos períodos de estiagem ocorridos na região do Norte de Minas e, consequentemente, com a escassez de água, a sociedade foi tomada de grande preocupação quanto à disponibilidade e à qualidade da água, já que boa parte dessa água se encontra poluída. As principais fontes poluidoras estão agregadas à ausência ou ineficiência do sistema de esgotamento sanitário, despejo de efluentes domésticos, industriais, implantação mal planejada de aterros sanitários, lixões, cemitérios, postos de combustíveis, entre outras.

Os cemitérios tem o propósito de guardar a história dos entes falecidos e homenageá-los, sendo considerados lugares de respeito e prestígio cultural, verdadeiros patrimônios de antigos costumes. Todavia, tais locais, quando construídos de forma irregular, sem atender às medidas previstas na legislação vigente, podem trazer grandes preocupações e risco à saúde da população que reside ao seu redor, tanto no sentido do consumo da água subterrânea contaminada por necrochorume e restos mortais, quanto por pragas (ratos, baratas, formigas) e outros parasitas que frequentam as sepulturas danificadas e/ou “abertas” existentes dentro dos cemitérios e, por conseguinte, as residências dos moradores, podendo servir de vetores na transmissão de doenças.

Neste contexto, foi desenvolvido este trabalho para o estudo da água sob os cemitérios públicos Jardim da Esperança e Senhor do Bonfim, localizados na cidade de Montes Claros – MG. O interesse em analisar a água subterrânea desse local foi despertado a partir de observações realizadas dentro dos cemitérios e devido ao número de comércios e residências em suas proximidades que fazem uso dessa água, provenientes de poços irregulares escavados e poços tubulares que possam estar contaminados por necrochorume.

O necrochorume é um líquido viscoso de cor castanho-acinzentada resultante da decomposição do cadáver. Ele pode infiltrar-se no solo (filtro natural da água subterrânea), contaminando o mesmo e consequentemente, contaminando a água subterrânea quando percolado juntamente com a água de chuva em solo propicio a este fenômeno.

A problemática da contaminação do solo por cemitérios é pouco estudada e abordada por pesquisadores. Talvez por isso ainda continue por tanto tempo, prejudicando diretamente os que não dispõem de informação e, indiretamente, toda a população que sofre com a proliferação de doenças infectocontagiosas e a contaminação de fontes naturais como os aquíferos, mananciais superficiais e subterrâneos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos indicadores de contaminação ou poluição das águas subterrâneas na região dos cemitérios Senhor do Bonfim e Jardim da Esperança em Montes Claros-MG, de forma a evidenciar a contaminação por necrochorume, bem como comparar os resultados dos períodos seco e chuvoso.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Águas Subterrâneas

Água subterrânea é toda água que está armazenada abaixo da superfície da Terra, preenchendo os espaços vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas densas e que, sendo submetida às forças de adesão e de gravidade, desempenha papel importante na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas constituem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que participam de uma parcela da água precipitada (BRASIL, 2019).

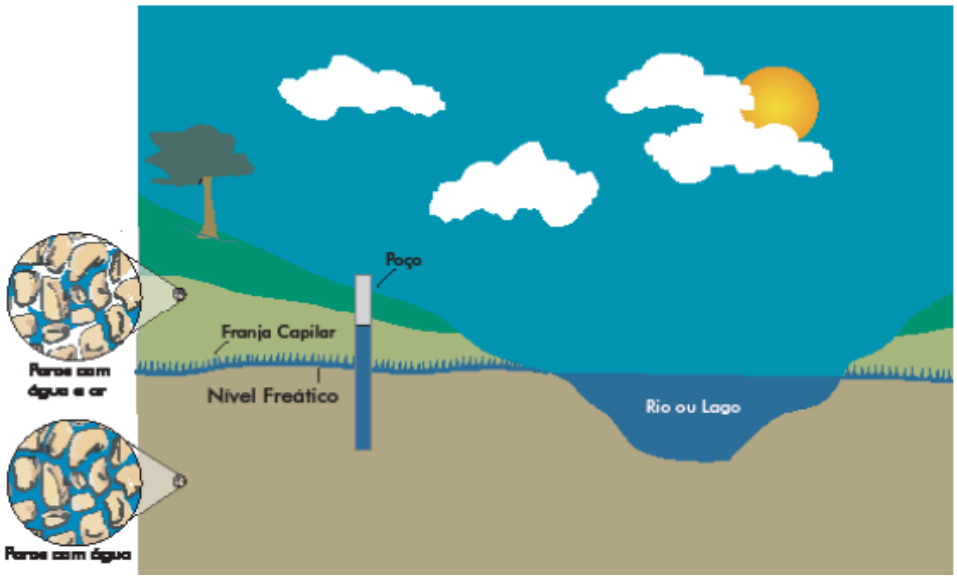
As águas subterrâneas, classificadas como classe especial, são destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os corpos de água superficial deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas (MINAS GERAIS, 2008).

Segundo Silva e Araújo (2003), a água para consumo humano pode ser captada de diversas fontes como poços artesianos e semiartesianos.

Conforme Souza (2014), os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com diversas finalidades, principalmente para o abastecimento doméstico e industrial, além da geração de energia, a navegação, a pesca, a agricultura, a dessedentação de animais, preservação da fauna e da flora, criação de espécies, diluição e transporte de despejos.

Na Figura 1 é mostrado o percurso percorrido pelas águas, desde a superfície, passando pela zona insaturada (onde a água e o ar ocupam os espaços vazios entre as fendas), e a zona saturada (região abaixo do lençol freático onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água), ou espaços preenchidos por água. No limite entre as duas zonas estar localizada a franja capilar (região mais próxima ao nível d’água do lençol freático, onde a umidade é maior devido à zona saturada, localizada logo abaixo) que demarca o limite entre as duas zonas (BRASIL, 2007).

Figura 1 – Caracterização esquemática das zonas saturada e insaturada no subsolo



Fonte: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007.

Para Silva e Araújo (2003), o manancial subterrâneo é o mais cobiçado atualmente, sendo um recurso utilizado por grande parte da população brasileira. A água pode ser captada no aquífero confinado, artesiano ou aquífero livre. Este último mais propício à contaminação devido à exposição na superfície.

Contudo, de acordo com a CETESB (2019), apesar de serem mais resguardadas que as águas superficiais, as águas subterrâneas podem ser poluídas ou contaminadas quando os poluentes atravessam a porção insaturada do solo.

Ainda de acordo com a CETESB, as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas incluem os lixões, aterros sanitários mal planejados, acidentes com substâncias tóxicas, atividades inadequadas de armazenamento, manuseio e descarte de matérias primas, efluentes e resíduos industriais: como indústrias químicas, petroquímicas, metalúrgicas, eletroeletrônicas, alimentícias, atividades mineradoras que expõem o aquífero; além da irrigação de lavouras — que pode aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea — e outras fontes dispersas de poluição como os cemitérios.

Pádua e Heller (2010), afirmam que a água quimicamente pura só é encontrada na natureza em forma de vapor e que, embora a água não tenha valor energético, ela contribui com o aperfeiçoamento do organismo por conter sais e gases dissolvidos, contribuindo para o equilibrio osmótico das celulas. Por outro lado, a água contaminada ou poluida de natureza química ou biológica causa sérios danos à saúde humana e atividades econômicas.

O ciclo da água é o movimento contínuo de parte da água existente na terra proveniente das chuvas infiltradas no solo: uma parte escoa pela superfície da terra e outra se evapora. A parte que passa pelo processo de evaporação dá origem a um novo ciclo hidrológico retornando à atmosfera. Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e energia solar, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes (BRASIL, 2007).

Assim, parte da água existente na terra encontra-se em um ciclo constante. Sua repetição é fundamental para manter a vida no planeta. Os reservatórios de água que fazem parte do ciclo hidrológico são os oceanos e mares, geleiras, águas subterrâneas, lagos e rios (OPERSAN, 2014).

2.1.1 Importância do solo na qualidade das águas subterrâneas

As pessoas geralmente não conseguem compreender a importância do solo, uma vez que este funciona como ferramenta protetora ou como filtro para garantir a qualidade das águas subterrâneas, servindo também como agente condutor da movimentação inicial da água em direção às zonas insaturadas e saturadas do subsolo até as camadas mais profundas (GOMES, 2015).

Para que o solo seja bom facilitador da percolação de água, é preciso que tenha boa taxa de infiltração. Sua eficiência depende diretamente da sua porosidade, da declividade do terreno, da cobertura vegetal e da intensidade das precipitações (EMBRAPA, 2015).

Assim sendo, as características básicas essenciais como indicadores físicos, que têm sido utilizadas e recomendadas para verificação da qualidade do solo são: Textura, estrutura, mineralogia, densidade do solo, resistência à penetração, porosidade, capacidade de retenção d'água, condutividade hidráulica, estabilidade de agregados, cultivo e outras práticas que ocasionam a mistura de diferentes camadas (ARAÚJO *et al*., 2012).

Após a precipitação, parte das águas que alcançam o solo percolam para o interior do subsolo, durante estações de tempo muito variáveis, decorrente de fatores como:

> **Porosidade do subsolo:** a presença de argila no solo diminui sua permeabilidade reduzindo a taxa de infiltração; **Cobertura vegetal:** um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado; **Inclinação do terreno:** em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração; **Tipo de chuva:** chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem (BRASIL, 2019, p.1, grifo nosso).

Segundo Lima (2012), o solo é constituído por rochas corroídas como resultado de processos geológicos, hidrológicos e biológicos, de característica porosa e verticalmente

em camadas — como resultado da percolação da água e dos processos biológicos da natureza — incluindo a produção e decomposição de biomassa. Portanto, com o desmatamento, o solo fica desprotegido da cobertura vegetal ou da biomassa; logo, a água da chuva permanecerá menos tempo armazenada no solo, podendo até mesmo comprometer a qualidade da água subterrânea.

Cemitério

Cemitério é o nome dado ao local onde são enterrados os cadáveres. Um hábito que acontece desde a idade média, quando acreditava - se que esta prática contribuía para a aproximação dos mortos. Naquela época, as epidemias de doenças contagiosas eram frequentes e causa comum de muitas mortes — por falta de conhecimento e opção, os mortos eram enterrados em locais abertos de forma imprópria, ocasionando a disseminação de agentes patogênicos. Por ensejos de saúde pública, foram implantados cemitérios para mitigar impactos gerados por sepultamentos inadequados (KEMERICH *et al*., 2014).

Os cemitérios são também considerados fontes potenciais de impactos ambientais, devido ao risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por agentes patogênicos, que proliferam durante os processos de decomposição dos corpos e das substâncias químicas liberadas. Estes mananciais contaminados, por sua vez, acabam sendo utilizados pelas populações vizinhas que deles dependem (BRASIL 2007).

De acordo com a Resolução CONAMA 335/2003, deverão ser atendidas, entre outras, algumas exigências para os cemitérios horizontais, tais como:

> O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de, pelo menos, um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias; O perímetro e o seu interior devem ser providos de um sistema de drenagem eficiente; Adotar técnicas e práticas que permitam a troca gasosa resultantes da decomposição dos corpos; A área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneas, de forma a garantir sua qualidade de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão; O subsolo da área escolhida para o cemitério deverá ser protegido por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm s^{-1}, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim do período das chuvas de enchentes (BRASIL, 2003, p. 841)

Jalowitzki (2011), afirma que os cadáveres sepultados deverão estar envoltos por mantas absorventes do necrochorume e as urnas constituídas de materiais biodegradáveis, não sendo recomendado o emprego de plásticos, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material nocivo ao meio ambiente.

2.2.1 Decomposição do cadáver

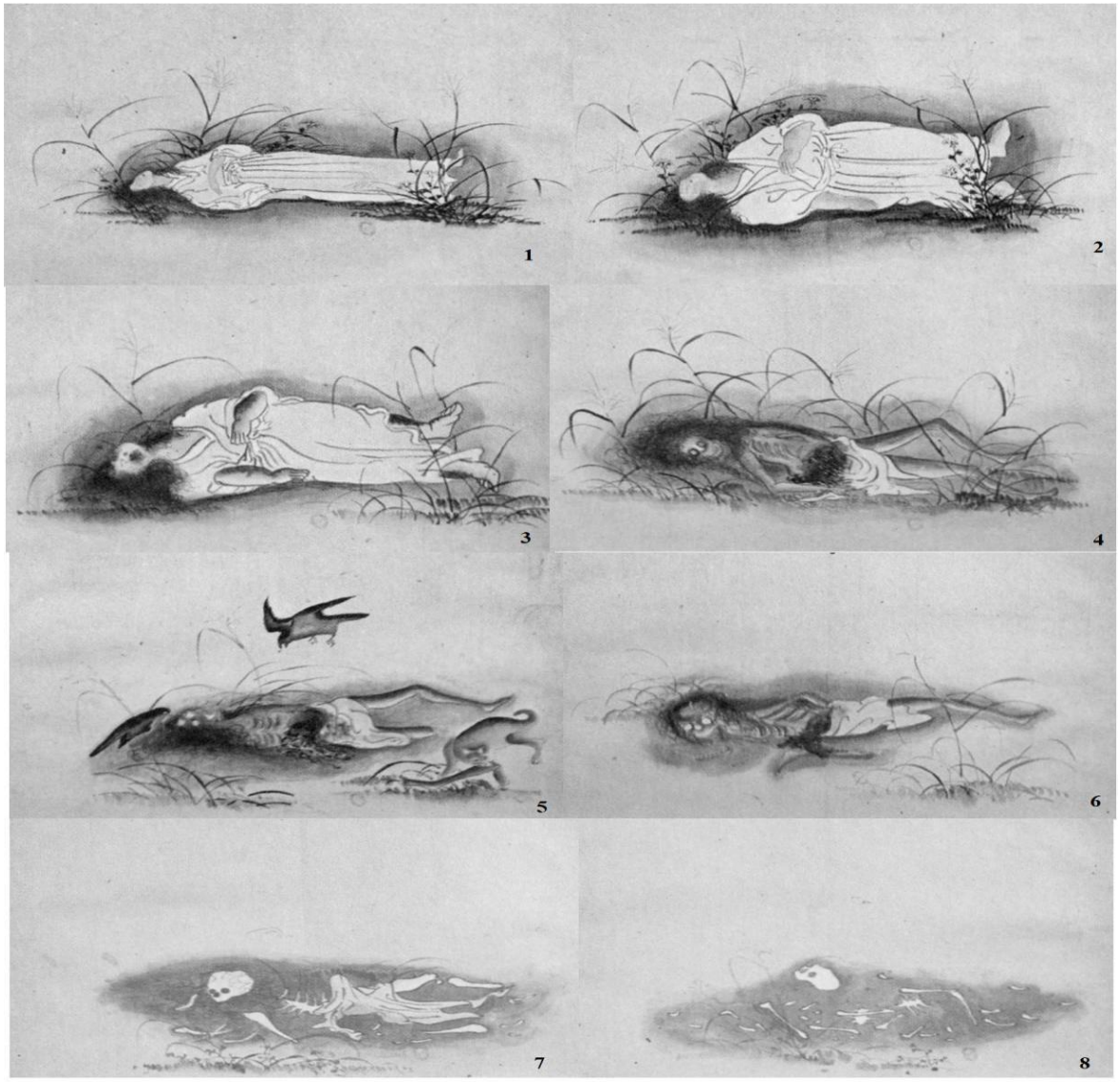
Segundo Costandi (2015), a decomposição do cadáver começa logo após a morte, por um processo chamado autólise ou autodigestão das células. Momentos depois de o coração parar de bater, as células ficam com a condução de oxigênio comprometido e a acidez nos órgãos aumenta à medida que os subprodutos tóxicos das reações químicas começam a se acumular dentro delas. As enzimas presentes começam a digerir as membranas celulares levando à ruptura das mesmas.

De acordo com o autor, este processo comumente inicia-se no fígado, por ser rico em enzimas e no cérebro — parte do corpo com maior quantidade de água. Por último, todos os outros tecidos e órgãos começam a se desmembrar e os glóbulos brancos danificados começam a vazar líquido, descolorindo a pele.

Na Figura 2, são mostrados as fases e o processo da decomposição de um cadáver. Visualmente, se trata de um corpo depositado em superfície com interferências causadas pelo meio; em que o estado final do cadáver é ossos desordenados. Em corpos depositados em superfície a decomposição de um cadáver ocorre de forma acelerada, devido à presença de animais carniceiros que também se beneficiam dos restos mortais do corpo exposto a céu aberto (SILVA, 2017).

Na fase (1), o corpo aparentemente parece estar intacto, sem aparência fisíca alterada; na fase (2), o corpo aparenta maior tamanho, levando a crer que está inchado; na fase (3), ele está aparentemente inchado e manchado, escuro, com o cabelo se soltando do couro cabeludo, (este processo geralmente é iniciado no rosto, cabeça, pés e mãos); já na fase (4), o corpo está desinchado, apodrecido, barriga eclodida com larvas, pele e membros se soltando das partes moles; na fase (5), o corpo está desfigurado e sendo devorado por animais carniceiros (aves de rapina, cobras, formigas, vermes...); na fase (6), o corpo está menor, com pouca pele e faltando alguns membros, provavelmente carregados por animais; na fase (7), visualiza-se as ossadas (esqueletização) e marcas de nécrochrome liberado pelo corpo; e, por último, na fase (8), observa-se somente a ossada desordenada do cadáver e marcas do necrochorume liberado no solo durante a decomposição, finalizando o processo de decomposição sofrida pelo cadáver.

Figura 2 – Processo esquemático da decomposição de um cadáver



Fonte: SILVA, 2017.

Após morte, o cadáver passa por alguns estágios de decomposição e putrefação. Na decomposição, as bactérias, animais e substâncias produzidas pelo corpo humano dão início a esta fase. Nas outras fases, o cadáver fica inchado, escuro, a pele e os órgãos se rompem e o cérebro se desfaz (derrete), chegando ao estágio final de esqueletização, — afirma o pesquisador, fisiologista e professor de medicina legal, Marco Aurélio Guimarães, da Universidade de São Paulo - USP (MOIÓLI, 2018).

As bactérias do ambiente deixam o cadáver irreconhecível; sendo que, em geral, um corpo leva um período de dois anos para a total decomposição — podendo variar, dependendo das condições do ambiente e do cadáver —, se o morto tomava antibiótico, por exemplo, o processo demora bem mais (MOIÓLI, 2018).

Durante o período de decomposição, Kemerich *et al*. (2014) descrevem a liberação de tipos variados de metais que compõem o corpo humano e o caixão em que o cadáver é sepultado.

2.2.2 Gases liberados dos cadáveres

No princípio, as pessoas eram enterradas dentro das Igrejas, na esperança de que, desta forma, estivessem mais próximas da salvação divina. Estes procedimentos obedeciam sempre a uma hierarquia, conferindo aos maiores doadores a prioridade de serem sepultados mais próximos do altar (SILVA; FILHO, 2008).

Devido ao mau cheiro causado pela decomposição dos cadáveres dentro das Igrejas, os fiéis desconfiavam que os gases liberados pelos corpos pudessem contaminar as pessoas que os inspiravam com a mesma doença que levou ao óbito o indivíduo enterrado ali (COSTA, 2014).

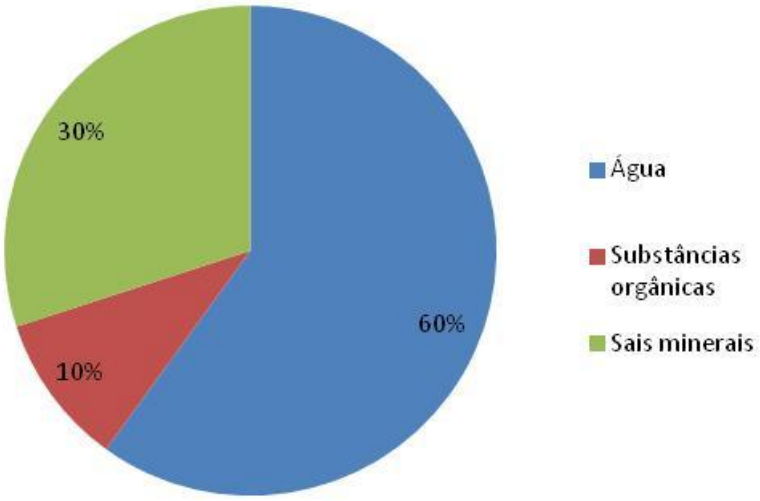
Esses gases ocorrem devido à putrefação — que confere a destruição dos tecidos do corpo por ação de bactérias e enzimas — ocasionando a dissolução gradual dos tecidos, convertidos em gases, líquidos e sais. Os gases gerados são H_2S, NH_3, CO_2, H_2O, Enxofre, Fosfina, Cadaverina e a Putrescina. Já o odor exalado é causado por alguns desses gases e em pequena quantidade de mercaptana (substância que contêm sulfeto de hidrogênio ligado a carbono saturado) (KEMERICH *et al*., 2010).

2.2.3 Necrochorume

Em conjunto, as substâncias liberadas pelos cadáveres e patógenos (gases, líquidos, sais, bactérias e vírus) compõem o necrochorume, líquido resultante do processo de decomposição dos cadáveres. O líquido viscoso de cor castanho-acinzentada é composto por substâncias orgânicas de cheiro forte e desagradável (ÉMILIN, 2018).

O necrochorume é composto por aproximadamente 60% de água, 30% de sais minerais e 10 % de substâncias orgânicas degradáveis como mostrado no Gráfico 1 (KEMERICH *et* al, 2014).

Gráfico 1 – Composição média do necrochorume liberado durante a decomposição do corpo



Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2014.

Nos 10 % de substâncias orgânicas, encontram-se a cadaverina e a putrescina, que são nocivas à saúde e solúveis em água, sendo consideradas estas as principais responsáveis pela contaminação do lençol freático. As águas superficiais e subterrâneas, quando em contato com o cadáver, carregam o necrochorume para os aquíferos, contaminando o meio (FRANCISCO *et al*, 2017).

Em cemitérios com terreno impermeável pela pavimentação, onde o sistema de drenagem é precário, as águas das chuvas podem escoar superficialmente, inundando os túmulos danificados. Após passarem pela área do cemitério, essas águas são geralmente lançadas nas redes pluviais urbanas e canalizadas para os corpos d'água, contaminando-os com substâncias arrastadas do interior do cemitério (FERNANDES, 2014).

2.2.4 Contaminação da água por necrochorume

O necrochorume ao entrar no solo, sofre reações que podem retê-lo, deixá-lo passar livremente ou ser parcialmente abrandado no meio sólido. O comportamento do contaminante depende de suas propriedades físicas, químicas e do solo onde foi derramado. Seu movimento deve ser estudado antes da construção do cemitério (CARNEIRO, 2009).

Desta forma, constatando-se que na construção da maioria dos cemitérios públicos antigos não foram realizados estudos geológicos, hidrogeológicos e de saneamento, constituem os mesmos potenciais risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas, (BRASIL, 2007).

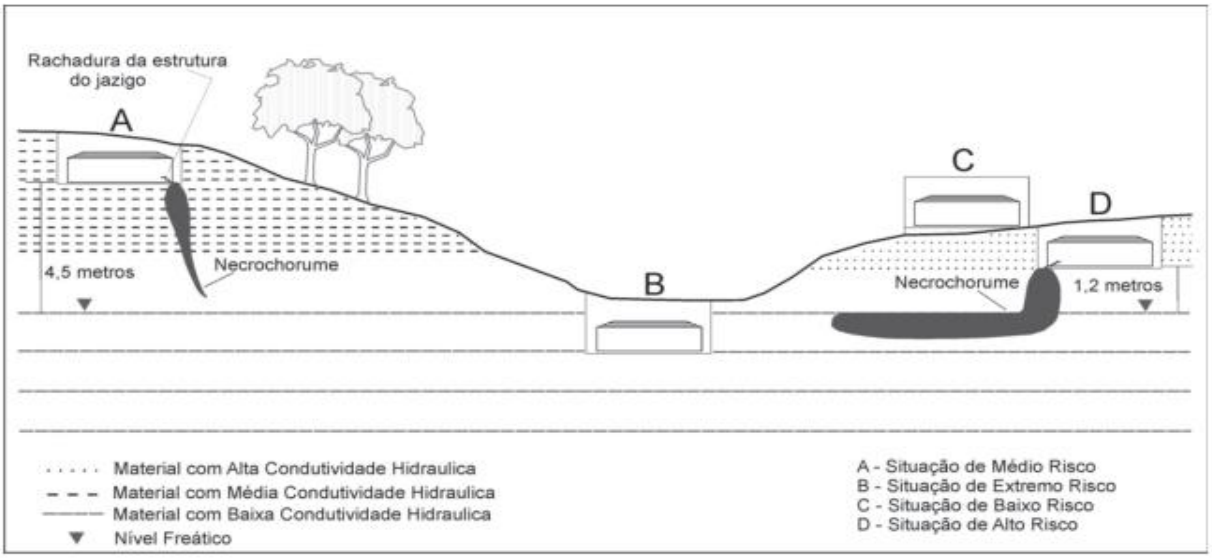
As águas superficiais ou das chuvas, infiltradas nas sepulturas, entram em contato com os corpos, percolam no solo e alcançam as águas subterrâneas. O necrochorume pode contaminar estas águas, caso as mesmas sejam captadas através de poços escavados por populações que vivem no entorno do cemitério. Consumidores destas águas estarão expostos a sérios riscos de doenças ou patogenias graves como a febre tifoide, hepatite A, tétano, tuberculose e outras (NEIRA *et al.*, 2008).

Segundo Souza *et al.* (2017), em alguns tipos de solo, com o passar do tempo e com a ação do clima do local, o necrochorume reduz-se a substâncias inofensivas, deixando de causar a contaminação do ambiente. Nos sepultamentos por tumulação, em condições corretas e bem construídas o necrochorume seca e reduz-se a pó, finalizando o seu processo contaminante. Entretanto, a capacidade de depuração do solo que oferece características argilosas, quando aliado a profundidades consideráveis do lençol freático, é capaz de decompor — por ação microbiológica — o necrochorume em substâncias simples ou inofensivas.

Carneiro (2009) descreve essas substâncias como a argila, que possui grãos muito pequenos carregados eletronegativamente: quando vírus muito carregados de elétrons passam pelos grãos de argila, são repelidos, por que têm cargas iguais. Já os vírus pouco carregados conseguem ficar retidos nos grãos, por afinidade química (troca catiônica).

Por outro lado, dependendo do local do sepultamento e da relação dos materiais geológicos, profundidade do nível freático, aspectos ambientais externos e do meio físico, como rachaduras nas sepulturas, este líquido liberado do cadáver se infiltra no solo, causando a contaminação do mesmo e posteriormente da água subterrânea. Na Figura 03, são mostradas quatro formas de sepultamentos e seus possíveis riscos à contaminação do aquífero freático pelo líquido contaminante (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2010).

Figura 3 – Esquema de risco de contaminação do lençol pelo necrochorume



Fonte: UNESP; GEOCIÊNCIAS, 2010.

No ponto (A), apesar do jazigo estar construído em um ponto mais distante, a 4,5 metros de distância do lençol freático e com solo de condutividade hidráulica média, a estrutura do jazigo encontra-se danificada, fazendo com que o necrochorume vaze e alcance o nível freático. No sepultamento (B), o jazigo foi construído em local muito baixo, considerado de extremo risco, dentro do aquífero seco; isto implica que, quando ocorrer a precipitação das chuvas, o lençol freático irá se encher e o corpo entrará em contato direto com a água subterrânea, contaminando-a. No caso (C), há uma situação de baixo risco, devido o jazigo estar jazigo (D) representa sepultamento de alto risco, uma vez que a construção está localizada a 1,2m do nível freático e com rachaduras em sua estrutura, possibilitando a permeabilidade do necrochorume para a água subterrânea.

2.2.5 Indicadores de contaminação da água por necrochorume

As bactérias do grupo coliformes totais, presentes no necrochorume, têm como seu principal habitat o intestino humano e de animais. Esses organismos patogênicos, quando eliminados pelas fezes não destinadas corretamente, alcançam o ambiente aquático, causando doenças às pessoas que fazem uso desta água (FUNASA, 2014).

Os indicadores de contaminação mais utilizados são os coliformes do grupo termotolerantes e os estreptococos. Os coliformes fecais usados como indicadores na avaliação da qualidade da água apresentam curto período de vida, tanto no solo como nas

águas subterrâneas, enquanto os coliformes do tipo estreptococos fecais apresentam maior tempo de vida em águas subterrâneas, a temperaturas baixas (ALCÂNTARA *et al*, 2010).

Parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da água

2.3.1 Condutividade elétrica

Condutividade elétrica de uma água é definida como a capacidade de conduzir eletricidade, em uma determinada quantidade de sais dissolvidos sob a forma de íons. A unidade padrão de medida da condutividade é a Siemens (S) e os valores para as águas subterrâneas são referidos ao milionésimo do S cm^{-1} ou µS cm^{-1}, a uma temperatura padrão de 25ºC (LIMA; FRANÇA; LOIOLA, 2014).

Entende-se que, quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a condução eletrolítica e, consequentemente, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. Não é viável esperar uma relação direta entre condutividade e concentração de sólidos totais dissolvidos nas águas naturais por serem soluções simples (FUNASA, 2014).

De acordo com a FUNASA (2014), este encadeamento é possível para águas de regiões onde existe a predominância bem definida de um determinado íon em solução. As águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS cm^{-1}. Em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais estes valores podem chegar a 1000 µS cm^{-1}.

2.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é um indicador que determina a concentração de matéria orgânica biodegradável, medida pela demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração, durante um período de incubação fixa de cinco dias. Em uma amostra é medido o teor de oxigênio dissolvido após a coleta (OD inicial), e após um período de incubação de 5 dias a uma temperatura de 20° C (OD final) (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997).

2.3.3 Fósforo

Para Klein e Agne (2012), o Fósforo é essencial à vida aquática e tem uma distribuição irregular na natureza. O fósforo inorgânico é utilizado como fertilizante, tem baixa solubilidade em água e tem grande interação com partículas do solo. Por outro lado, o

fósforo, em concentrações mais elevadas, é considerado grande poluente de cursos de água, especialmente as águas superficiais, pois seus nutrientes estimulam o crescimento de algas consumidoras de oxigênio e pode causar mortandade de peixes.

O fósforo é considerado um macronutriente essencial às plantas e aos animais. Emídio (2012) afirma, porém, que o principal problema do aumento da concentração de fósforo nas águas superficiais é a eutrofização, responsável pelo aparecimento de cianotoxinas. Os fosfatos presentes na água podem ter origem natural — resultante da decomposição da matéria biológica — ou por lixiviação de minerais, como rochas fosfatadas de origem antropogênica, escorrências de terras agrícolas fertilizadas e por falhas no tratamento de águas residuais.

2.3.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

> O Oxigênio Dissolvido é um elemento essencial para a vida aquática, atuando também nos processos de autodepuração em águas naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a destruição da matéria orgânica, as bactérias utilizam o oxigênio nos seus processos respiratórios, causando possível redução de sua concentração no meio. Um dos processos de medição de oxigênio na água acontece através de um aparelho denominado Medidor Multiparâmetro à Prova d'água, com sonda de oxigênio dissolvido (CETESB, 2019).

2.3.5 Potencial de hidrogênio

O pH, ou Potencial de Hidrogênio, representa a concentração de íon Hidrogênio, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Este processo é medido através do aparelho pHmetro, que deve ser previamente calibrado (VON SPERLING, 2005).

2.3.6 Sólidos Totais

Lougon, (2009) relatou que os sólidos agem sobre a vida aquática bloqueando a penetração da luz, contribuindo com o aquecimento da água e diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido no meio. De acordo com a resolução Nº 357/2005 do CONAMA, a concentração de sólidos dissolvidos deve ser menor que 500 mg L^{1} em água para abastecimento público, das classes 1, 2 e 3. Já para as águas subterrâneas das classes 1 e 2, menor que 1000 mg L^{-1} (BRASIL, 2005).

2.3.7 Amônia

A Amônia é o principal produto da excreção dos organismos aquáticos e é resultante do catabolismo das proteínas. Geralmente o NH_4^+ é chamado de Amônia ionizada e o NH_3, de Amônia não ionizada. A soma de NH_3^+ e NH_4^+ é chamada de amônia ou Amônia total. A ionização da Amônia (NH_3) é a mais tóxica para os organismos aquáticos (LOUGON, 2009).

A Amônia excretada pelos organismos aquáticos é oxidada a Nitrato por bactérias que transformam o Amônio (NH^{4+}) em Nitrito (NO^{2-}) e em seguida em Nitrato (NO^{3-}), (QUEIROZ e BOEIRA, 2007).

2.3.8 Cloreto

Rodrigues J., Rodrigues V. e Nunes (2013), esclarecem que o Cloreto é o ânion presente nas águas subterrâneas, originadas da percolação através de solos e rochas. Em águas superficiais são encontrados em maior quantidade devido às descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa elimina, através da urina, cerca de 6,0 g de Cloreto por dia — o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de Cloreto acima de 15 mg L^{-1}.

2.3.9 Dureza

A dureza da água depende da quantidade de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos de cálcio e magnésio nela dissolvidos**.** Alguns sais, como o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) juntos, compõem a dureza da água, ou seja, quanto maior a quantidade destes sais na água, maior a sua dureza. Embora a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde sobre a potabilidade da água admita um valor até 500 mg L^{-1} de $CaCO_3$, valores acima de 50 mg L^{-1} podem causar incrustação e corrosão (VILHENA, 2017).

2.3.10 Nitrato

O íon Nitrato, comumente em águas naturais, são oriundos de rochas ígneas e da decomposição de matéria orgânica. Sua concentração pode ser aumentada por despejos industriais, fertilizantes e esgotos (PÁDUA; HELLER, 2010).

2.3.11 Escherichia coli

Bactéria conhecida também como E. coli, vive no intestino humano e faz parte da flora intestinal. Também encontrada nos intestinos de animais, como bois, vacas, ovelhas, cães e gatos. No entanto, dependendo do sistema imunológico e local onde ela se aloja, pode causar infecções que variam de leves a graves, podendo, em alguns casos, ser fatais (LIMA, 2017).

Para a análise de E. coli, um determinado volume da amostra de água, juntamente com um substrato (meio de cultura) específico, é colocado dentro de uma espécie de cartela com vários cubos grandes e pequenos. Estas cartelas são lacradas e levadas à estufa por 24 horas, para incubação. Após este intervalo, as cartelas que apresentarem coloração amarela (indicativo de coliformes totais) são levadas à uma câmara com luz ultravioleta. Os cubos que apresentarem fluorescência são os indicativos de Escherichia coli (LIMA, 2017).

2.3.12 Coliformes Totais

O grupo coliforme total é um grupo complexo que engloba microrganismos de origem fecal e não fecal. A identificação desses microrganismos em amostras de água constitui-se indicativo de prováveis contaminantes na mesma. Dentre os coliformes fecais, destaca-se a *Escherichia coli* como principal microrganismo responsável pela contaminação (ARAÚJO, 2019).

2.3.13 Bactérias Heterotróficas Mesófilas

A contagem de bactérias heterotróficas é um dos indicadores da qualidade microbiológica da água para consumo humano. O resultado da amostra examinada não deve exceder a 500 UFC mL^{-1}. Tais bactérias utilizam o carbono orgânico como fonte de nutrientes, constituindo-se componentes da flora natural da água ou resultantes da formação de biofilmes no sistema de distribuição (DOMINGOS *et al.*, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na região dos cemitérios Senhor do Bonfim e Jardim da Esperança, localizados na Avenida Leonel Beirão de Jesus nº 1620, no Bairro Vila Luiza, região sul da cidade de Montes Claros - MG. Estes dois cemitérios estão construídos um ao lado do outro.

As amostras foram coletadas em três pontos diferentes chamados de Ponto 01, Ponto 02 e Ponto 03 em poços profundos e rasos desta região, conforme mostrado na Figura 4.

O Ponto 01 está localizado em uma cisterna em residência, de aproximadamente 20 m de profundidade, utilizada para molhar plantas e lavar quintal. O Ponto 02 está localizado no poço que fica no centro do cemitério, caracterizado como poço artesiano, sendo a água retirada por tubulações, através de perfuração profunda. Sua água é utilizada para molhar o jardim e fazer a limpeza do local. O Ponto 03 está localizado em um posto de combustível. Sua água é utilizada para higienização do local e outros fins que não contemplam o consumo humano.

Figura 4 – Localização dos pontos de coleta próximos aos cemitérios Senhor do Bonfim e Jardim da Esperança

Fonte: GOOGLE EARTH PRO, 2019.

Atualmente, nestes cemitérios existe um número superior a 25 mil túmulos, sendo em muitos deles sepultadas mais de uma pessoa. Os jazigos são construídos diretamente no solo, em sepulturas rasas (covas), sem nenhuma proteção (FIGURA 5).

Figura 5 – Sepultamento em cova

Foto: SANTANA *apud* GONÇALVES, 2018.

3.1 Amostragem e análises

As amostras foram analisadas no Laboratório Regional Norte (LRNT) da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) na cidade de Montes Claros - MG, onde foram fornecidos os materiais para as coletas e instruções dos procedimentos para a realização de coleta sem risco de contaminação das amostras.

- Para as amostras de Condutividade Elétrica, pH, Cloreto e Nitrato foram utilizados frascos de 1 litro, sem conservante;
- Para Coliformes totais, *Escherichia coli* e Heterotróficos mesófilos foram utilizados frascos de 100 ml, com Tiossulfato de sódio a 3%;
- Para DBO, foi utilizado frasco Âmbar de 1 litro sem conservante;
- Para Fósforo Total foi utilizado frasco de vidro 350 ml com H_2SO_4;
- Para Oxigênio Dissolvido foi utilizado frasco de vidro 350 ml – tubo 01: $MnSO_4$ Sulfato Manganoso / tubo 02: Iodeto – Azida;
- Para Sólidos Totais foi utilizado, frasco 1 litro sem conservante;
- Para Amônia foi utilizado frasco de 250 ml com H_2SO_4 e caixas de isopor para acomodar e preservar as amostras.

3.2 Descrição dos procedimentos realizados em campo

Foram escolhidos três pontos de coleta na região dos cemitérios estudados. O Ponto 01 está localizado aproximadamente a 900 m do cemitério, o Ponto 02, localizado dentro do cemitério e o Ponto 03 com distância aproximada de 100 m do cemitério. Para cada ponto foram realizadas seis coletas de amostras de água, sendo quatro no início do período chuvoso — entre o mês de novembro de 2017 a julho de 2018. A primeira coleta foi realizada no mês de novembro de 2017, a segunda em dezembro de 2017, a terceira em janeiro de 2018 e a quarta em fevereiro de 2018. As duas últimas foram coletadas nos meses de junho e julho de 2018.

Os frascos utilizados para coletar as amostras foram devidamente identificados e colocados dentro de uma caixa de isopor. A caixa de isopor serve para refrigerar as amostras, caso ultrapasse o prazo (tempo) limite para realização do ensaio, que é de uma hora para amostras sem refrigeração e de 24 horas para amostras refrigeradas. Neste caso, como o local de coleta era próximo ao laboratório, não foi necessário refrigerá-las.

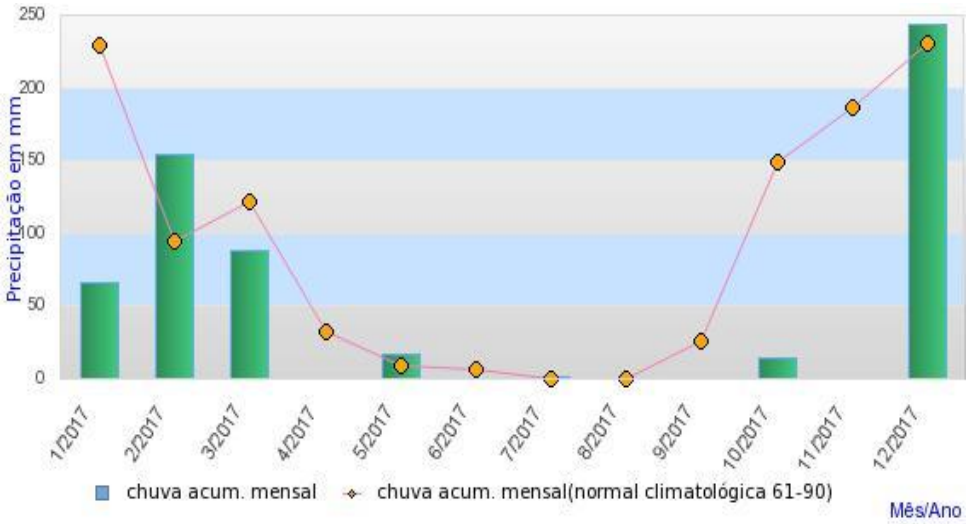
Para coletar a amostra de água foi necessário utilizar uma fonte com torneira que expelisse água direto do poço, com procedência subterrânea. A torneira e as mãos foram higienizadas e os frascos preenchidos e tampados, conforme normas do laboratório da COPASA. Em seguida, foram colocados dentro de caixas de isopor para envio ao laboratório. Em cada ponto foram coletadas sete amostras, que foram usadas para as análises de treze parâmetros por ponto, durante o período de sete meses, totalizando seis campanhas e trinta e nove análises por mês.

Neste trabalho foram analisados os ensaios de Coliformes Totais, *Escherichia Coli*, Condutividade Elétrica, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial de Hidrogênio (pH), Sólidos Totais, Amônia, Cianeto, Dureza Total, Nitrato e Heterotróficos Mesófilos — nos três pontos — , e repetidos em todas as coletas, seguindo metodologia do Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2017), a precipitação acumulada no mês de novembro de 2017 foi zero, porém no mês de outubro houve pouca precipitação, o que possibilitou a coleta das amostras no mês de novembro, uma vez que os poços estavam secos antes desse período. No mês de dezembro, houve acúmulo de chuvas de aproximadamente 245 mm, a maior do ano (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Chuva acumulada mensal na cidade de Montes Claros - MG no ano de 2017



Fonte: INMET, 2017.

Nos demais meses da análise de precipitação observou-se que, no ano de 2018, durante o mês de janeiro, não houve chuvas na região, no mês de fevereiro choveu aproximadamente 220 mm — valor acima do esperado — e, nos meses de junho e julho, não houve chuvas (GRÁFICO 3).

Gráfico 3 – Chuva acumulada mensal em Montes Claros – MG no ano de 2018

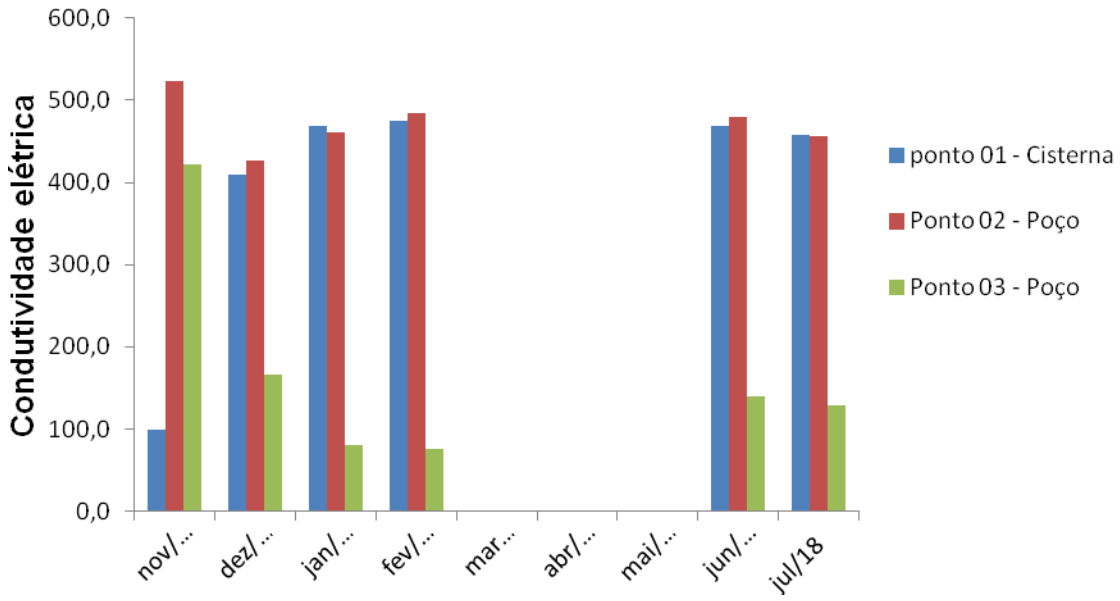
Fonte: INMET, 2018.

A condutividade elétrica se dá através da capacidade de conduzir eletricidade decorrente de uma determinada quantidade de sais dissolvidos sob a forma de íons na água. No entanto, nem toda a água conduz eletricidade, teoricamente. A água isenta de propriedades não deve haver qualquer tipo de íon nela dissolvido. Embora seja praticamente impossível obter água totalmente pura (GREEN POWER, 2016). O valor máximo permitido para condutividade elétrica não é estabelecido pela Portaria 2914/11, devido à variação do processo depender da qualidade da água. Contudo, é um ótimo parâmetro indicador de ação antrópica na alteração da qualidade ambiental dos recursos hídricos (CASTRO *et al.*, 2014).

No Ponto 01, a condutividade elétrica ficou abaixo de 100 µS cm^{-1}, em novembro de 2017. Este valor é considerado normal para águas tratadas e de poços isentos de contaminação ou dureza total da água. Nos demais meses, os valores encontrados estavam acima de 400 µS cm^{-1}. O ponto 02 apresentou valores elevados em todas as amostras coletadas. No Ponto 03, a condutividade elétrica ficou acima de 400µS cm^{-1}, no mês de novembro de 2017, e diminuiu nos demais meses após as chuvas. Observou-se, proporcionalmente, que quando os valores de condutividade elétrica aumentavam no Ponto 01, os mesmos diminuíam no Ponto 03.

No Gráfico 4 estão representados os resultados obtidos das amostras dos três pontos de coletas, 1, 2 e 3, realizadas em seis campanhas.

Gráfico 4 – Condutividade elétrica das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas

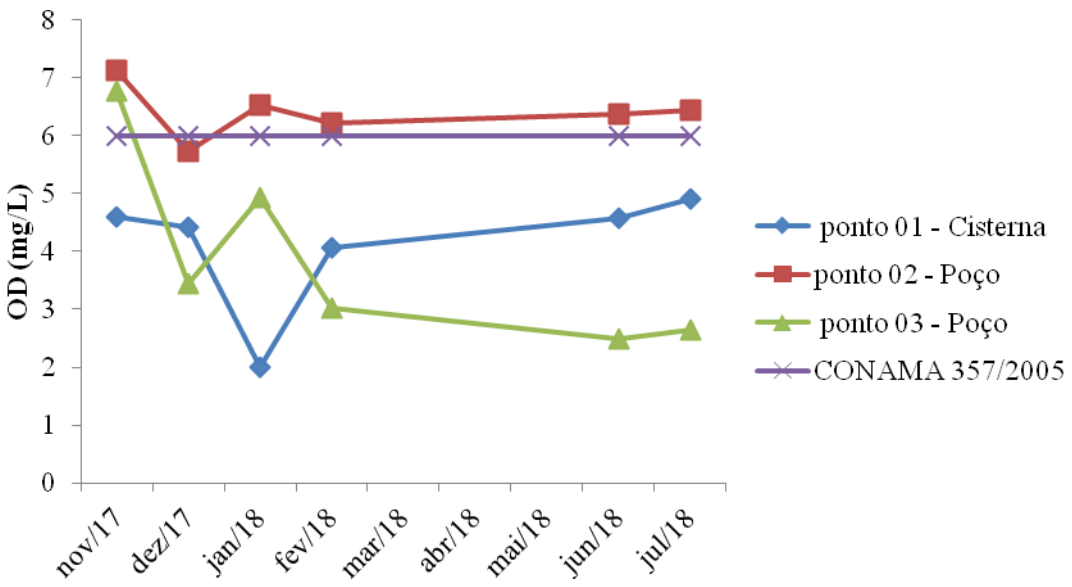


Fonte: Do autor, 2019.

Conforme mostrado no Gráfico 5, houve alteração no parâmetro oxigênio dissolvido nos Pontos 01 e 03, ficando abaixo do VMP pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). De acordo com esta Resolução, o oxigênio dissolvido na água não deve ser inferior a 6 mg L^{-1} . No Ponto 01, o OD manteve-se abaixo da linha limite, em todos os meses analisados, o que não é permitido pela legislação. No mês de janeiro, houve uma queda bastante significativa, enquanto no mês de fevereiro houve estabilização novamente, chegando próximo ao valor permitido, mas ainda abaixo do valor no mês de julho de 2018.

No Ponto 02, o OD manteve-se dentro do valor estabelecido, tendo uma leve queda no mês de janeiro de 2018; voltando a ficar acima do VMP nos meses subsequentes. No Ponto 03, no início das chuvas no mês de novembro — período ainda considerado de estiagem — o OD ficou em torno dos 6, 77 mg L^{-1}, valor acima do limite permitido; caindo bruscamente no mês de dezembro de 2017 e mantendo-se baixo nas demais amostras até o mês de julho de 2018.

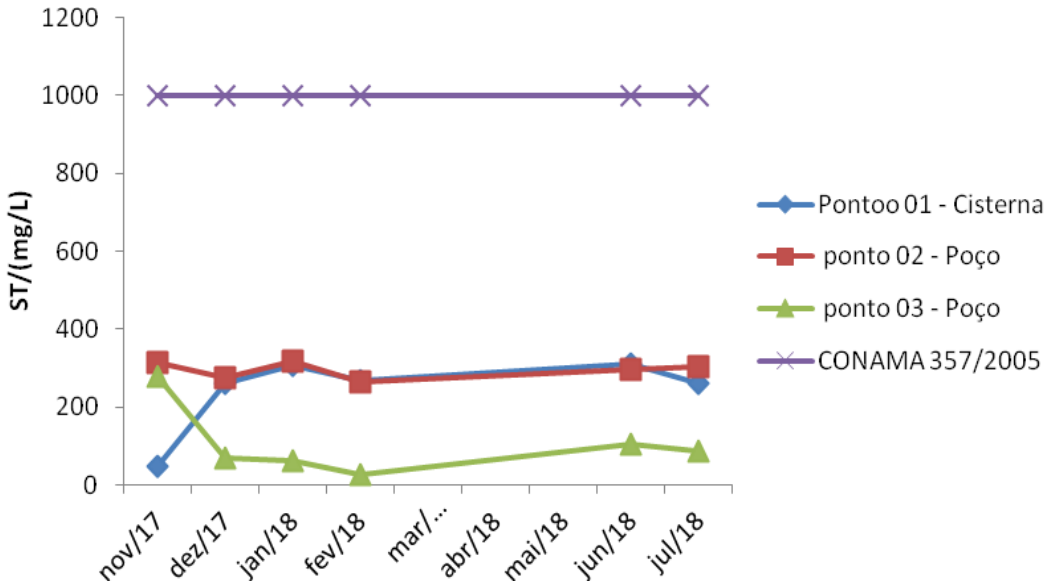
Gráfico 5 – Oxigênio Dissolvido das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

Quanto ao parâmetro sólidos totais, seu valor não deve ser superior ao limite de 1000 mg L^{-1} (BRASIL, 2005). Portanto, comparando os resultados obtidos nas amostras, conforme evidenciado no Gráfico 6, todas apresentaram valor abaixo do VMP, atendendo à Resolução CONAMA 357/2005.

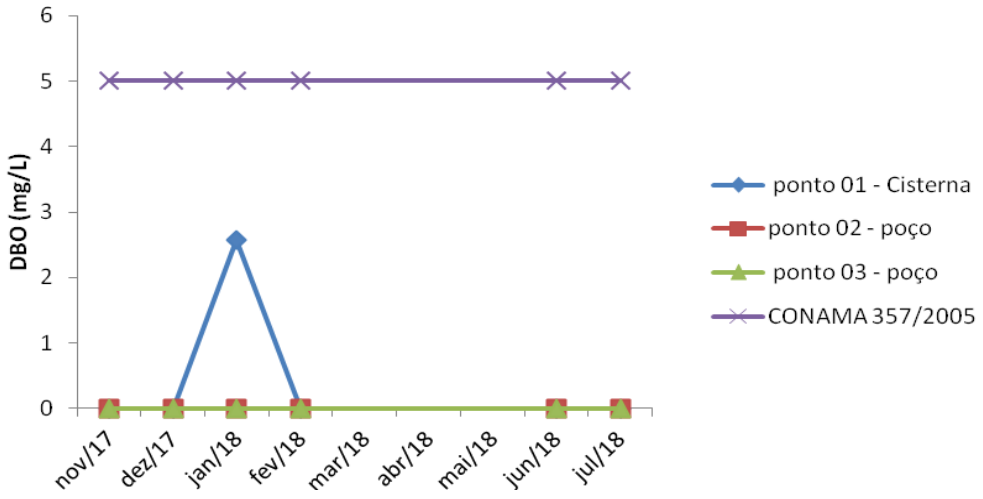
Gráfico 6 – Sólidos totais das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

O valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) não deve ser superior a 5 mg L^{-1} (BRASIL, 2005). Todas as amostras apresentaram valores de DBO abaixo do VMP, com leve variação no mês de fevereiro de 2018, mas ainda dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (GRÁFICO 7).

Gráfico 7 – Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas

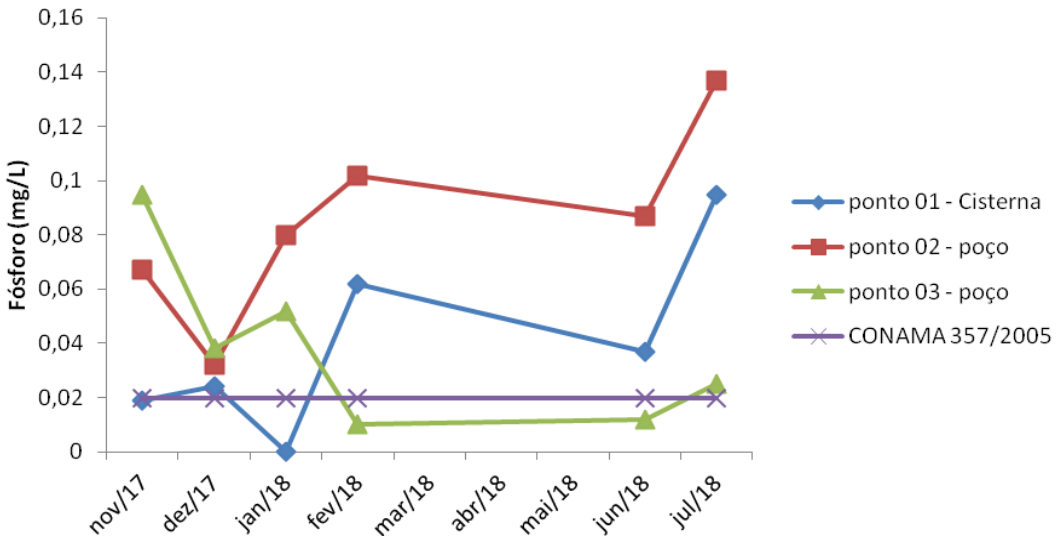


Fonte: Do autor, 2019.

O valor de fósforo não deve ser maior que 0,020 mg L^{-1}, para águas de classe 1 ou especial (BRASIL, 2005). Os resultados obtidos demonstraram alteração na qualidade da água subterrânea, uma vez que no Ponto 01, no mês de novembro 2017, o valor do fósforo ficou próximo ao valor estabelecido pela resolução, com pouca elevação no mês de dezembro de 2017. No mês de janeiro de 2018, ficou abaixo de < 0,020 mg L^{-1}.

O teor de fósforo nas amostras analisadas permaneceu acima do VMP, do mês de fevereiro até o mês de julho de 2018. No Ponto 02, os valores também ficaram acima do valor máximo permitido — de novembro de 2017 a julho 2018. No Ponto 03, o valor para fósforo ficou acima do VMP na primeira amostra do mês de novembro de 2017. Diminuindo no mês de dezembro e voltando a subir novamente no mês de janeiro de 2018. Manteve-se abaixo da linha de aceitabilidade nos meses de fevereiro e junho, voltando a ter um pequeno aumento no mês de julho de 2018 (GRÁFICO 8).

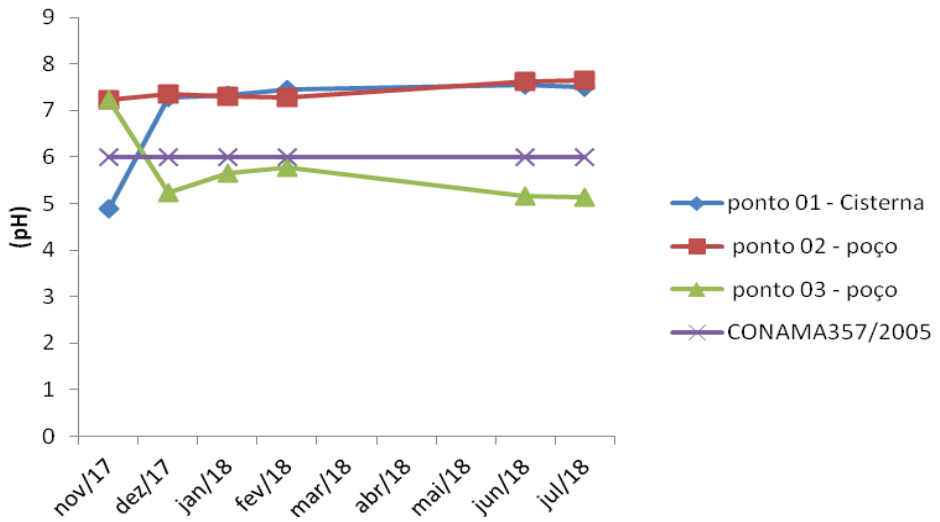
Gráfico 8 – Parâmetro fósforo (P) das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

Para a água de classe 1 ou especial, o valor de pH deve ficar entre 6 e 9 (BRASIL, 2005). No mês de novembro de 2017, a amostra do Ponto 01 apresentou resultado de pH abaixo do limite estabelecido — em torno de 4,90 (ácido). A partir do mês de novembro, estabilizou em torno de 7, permanecendo assim até o mês de julho de 2018. No Ponto 02, as amostras analisadas, em todos os pontos, apresentaram pH alcalino, atendendo à legislação. No Ponto 03, os valores de pH ficaram abaixo do VMP do mês de novembro 2017 a julho 2018 (GRÁFICO 9).

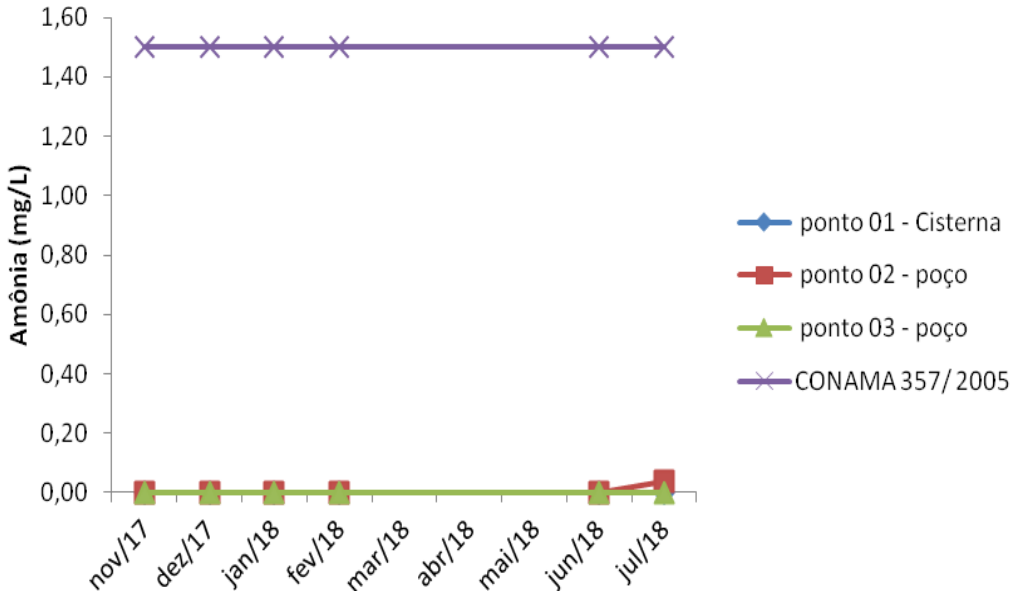
Gráfico 9 – Potencial de hidrogênio das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

O limite estabelecido para amônia não deve ultrapassar o valor de 1,5 mg L^{-1} (BRASIL, 2005). Como mostrado no Gráfico 10, para o parâmetro amônia, não houve alteração em nenhuma das amostras dos três pontos observados, atendendo à legislação.

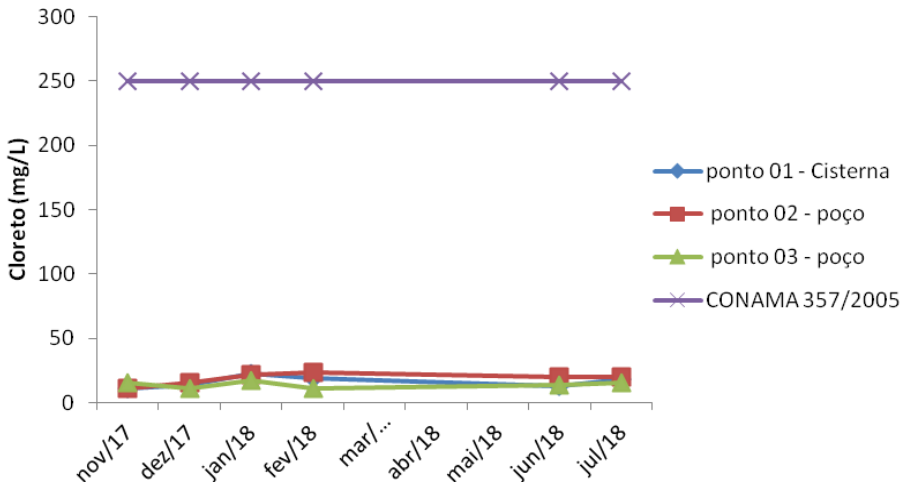
Gráfico 10 – Parâmetro amônia das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

O limite estabelecido para cloreto não deve ultrapassar o valor de 250 mg L^{-1} (BRASIL, 2005). Como mostrado no Gráfico11. Para este parâmetro não houve alteração em nenhuma das amostras dos três pontos analisados e todas atenderam à legislação.

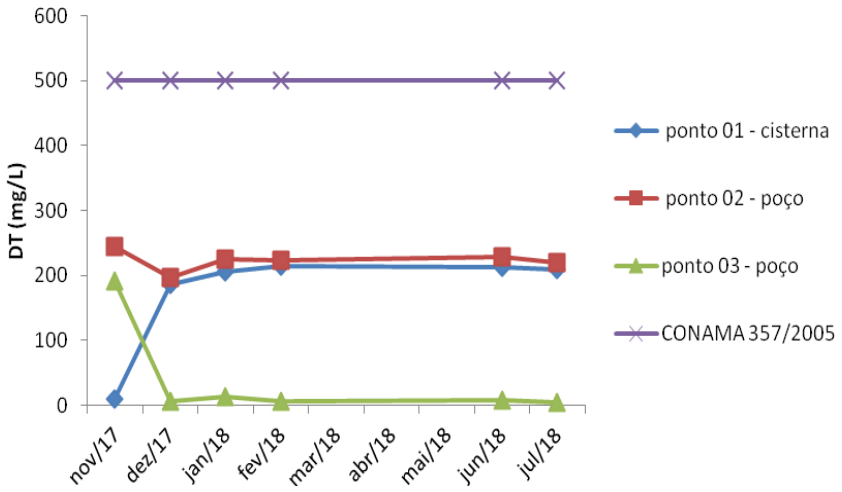
Gráfico 11 – Parâmetro Cloreto das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

O limite estabelecido para dureza total não deve ultrapassar o valor de 500 mgL^{-1} (BRASIL, 2005). Para o parâmetro dureza total, nos três pontos, não foi observado alteração em nenhuma das amostras — todas atenderam à portaria.

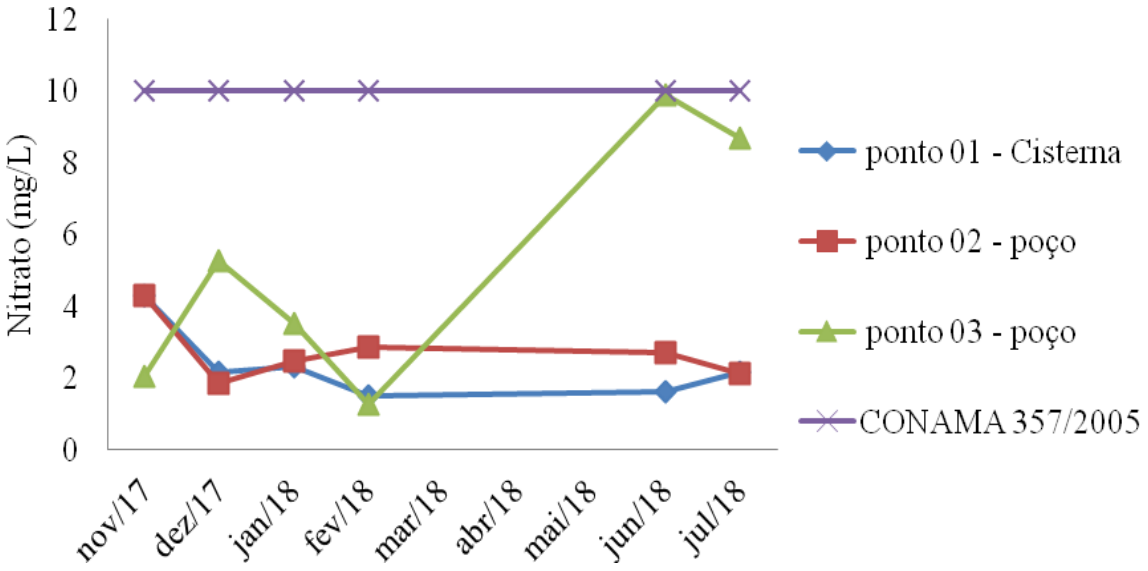
Gráfico 12 – Parâmetro dureza total das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

Os valores de nitrato, conforme mostrado no Gráfico 13, apresentaram variações nas amostras analisadas nos três pontos, mas em nenhuma ultrapassou o VMP de até 10 mgL^{-1} estabelecido (BRASIL, 2005). No Ponto 03, houve variação dos valores, que ficaram maiores nos meses de junho e julho de 2018, chegando a uma aproximação do valor máximo permitido, mas ainda atendendo à legislação.

Gráfico 13 – Parâmetro Nitrato das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



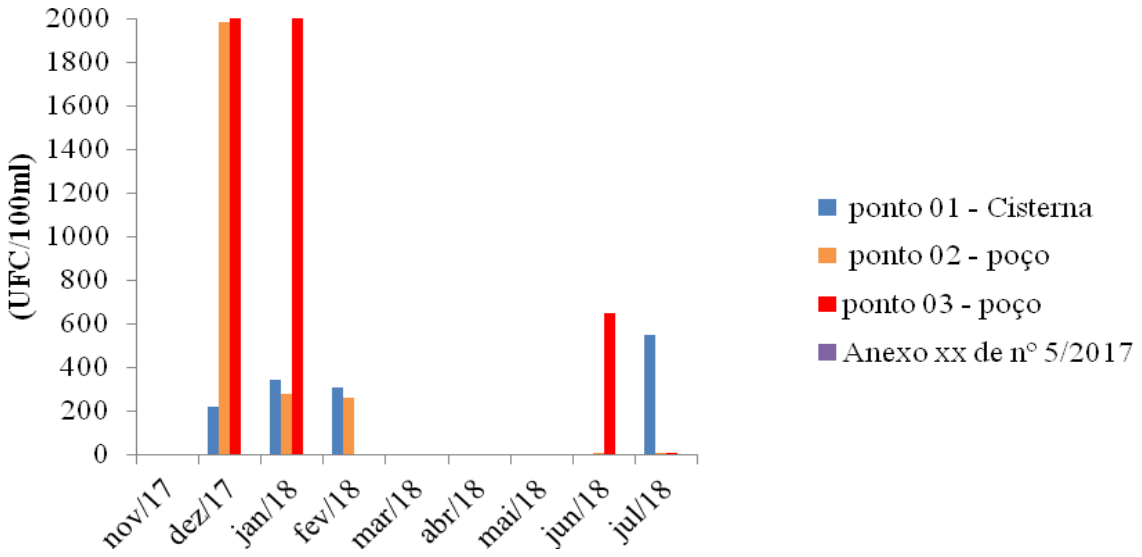
Fonte: Do autor, 2019.

Para o parâmetro coliformes totais, a Portaria de Consolidação nº 5 de 28.09.2017 estabelece o VMP até 500 UFC 100 mL^{-1}(BRASIL, 2017),.

Percebeu-se que no mês de dezembro de 2017 — mês de muitas chuvas — no ponto 01, este parâmetro atingiu valor aproximado de 218,7 UFC 100 ml^{-1}. Nos meses de janeiro, fevereiro de 2018, os valores ficaram em torno de 344,8 UFC 100mL^{-1}; em junho, o valor para coliformes totais foi abaixo de 500 UFC 100mL^{-1}. Em julho DE 2018, houve um aumento acima de 500 UFC 100mL^{-1}. Já no ponto 02, mês de dezembro de 2018, a amostra apresentou um valor > 2.419,6 UFC 100ml^{-1}, para coliforme total. Enquanto que, nos demais meses, ainda no ponto 02, janeiro, fevereiro, junho e julho de 2018 os valores encontrados atenderam o VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28.09.2017. Conforme mostrado no Gráfico, (GRÁFICO 14).

É possível perceber que, em algumas amostras, os valores obtidos para coliformes totais ficaram acima dos valores estabelecidos pela legislação, com destaque para as amostras do ponto 03, dos meses de dezembro de 2017 á janeiro e junho de 2018, que apresentaram valores muito elevados, demonstrando que os resultados sofreram influência das chuvas.

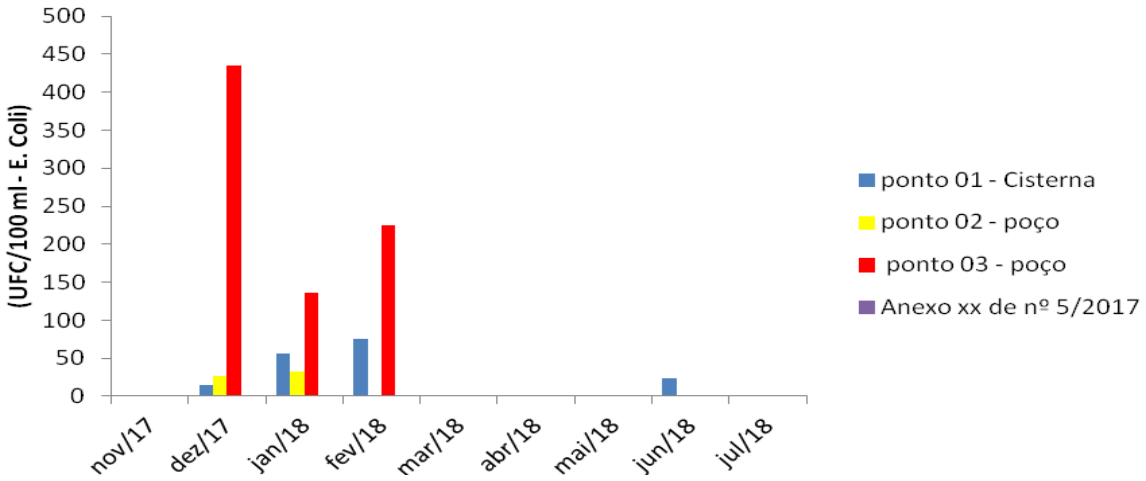
Gráfico 14 – Parâmetro Coliformes Totais, das amostras nos pontos de coleta: 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

No Gráfico 15, as análises de *Escherichia coli* demonstraram que houve contaminação da água subterrânea em todos os pontos amostrados, uma vez que a Portaria de Consolidação nº 5 de 28.09.2017 determina que o VMP para a água de consumo humano seja menor que 1 UFC $100ml^{-1}$ ou zero (BRASIL, 2017). No ponto 01, os valores mais elevados foram nos meses de dezembro/2017, janeiro, fevereiro e junho/2018. No ponto 02, os maiores valores foram nos meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018. O ponto 03 apresentou número bastante elevado nos meses de dezembro de 2018, janeiro e fevereiro de 2018, chegando próximo de 450 UFC 100 ml^{-1} de *E. coli.*

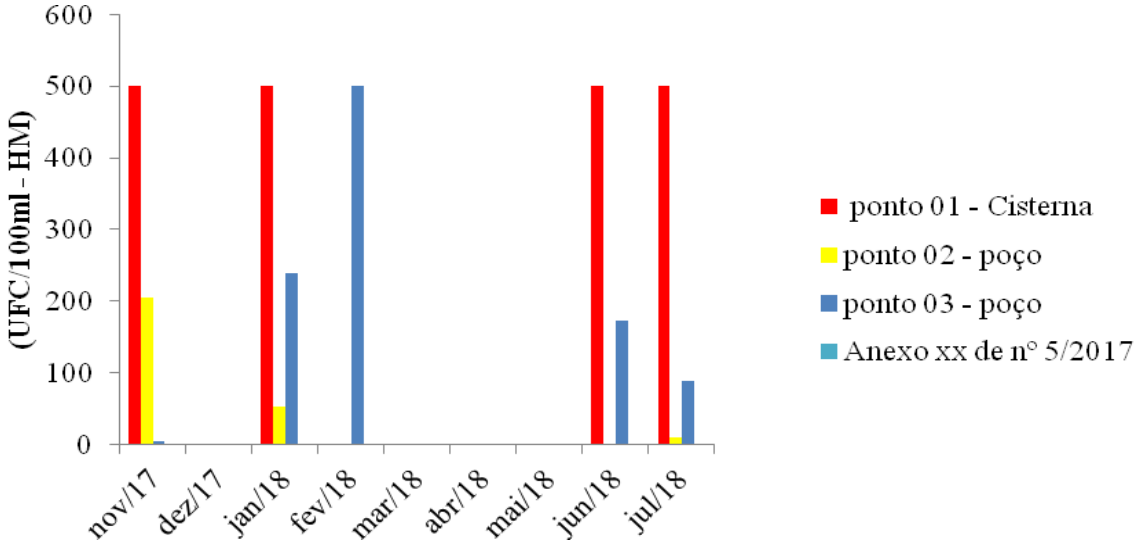
Gráfico 15 – Parâmetros das bactérias *E. Coli* das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

No Gráfico 16 é mostrado a contagem de bactérias heterotróficas mesófilas. A Portaria de Consolidação nº 5 de 28.09.2017 estabelece que os resultados obtidos das amostras não devem ser maior que 500 UFC $100ml^{-1}$. No ponto 01, no mês de fevereiro de 2018, o resultado obtido ficou < 1 UFC $100ml^{-1}$ No entanto, nos demais meses (novembro de 2017, janeiro de 2018, junho de 2018 e julho de 2018), esse mesmo ponto foi o que mais apresentou valores acima do permitido pela portaria (BRASIL, 2017), > 500 UFC $100ml^{-1}$. Enquanto no Ponto 02, os valores atenderam às exigências da portaria vigente — < 500 UFC $100ml^{-1}$. No Ponto 03, no mês de novembro de 2017, o resultado foi <500 UFC $100ml^{-1}$ — atendendo o VMP estabelecido pela Portaria. Assim também, nos meses de janeiro de 2018, junho de 2018 e julho de 2018. Ficando acima do VMP pela Portaria somente em fevereiro de 2018.

Gráfico 16 – Contagem de bactérias Heterotróficas Mesófilas (HM) das amostras nos pontos de coleta 01, 02 e 03, realizadas em seis campanhas



Fonte: Do autor, 2019.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, independentemente dos valores máximos permitidos para as águas de Classe Especial e Classe 1, qualquer aumento de concentração de contaminantes deverá ser investigado, sua origem identificada e medidas adequadas de prevenção e controle deverão ser adotadas pelos órgãos competentes (BRASIL, 2005).

Silva (2017),diagnosticou em seus estudos que as águas do lençol freático estavam contaminadas por bactérias e vírus altamente prejudiciais à saúde humana. Seus

resultados apontaram que as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas sob o cemitério eram as sepulturas com menos de um ano, localizadas nas covas próximas ao lençol freático.

Os resultados obtidos das amostras da água subterrânea, retiradas sob os dois cemitérios analisados, também apontaram contaminação na água — provavelmente por necrochorume oriundo dos cemitérios locais.

5 CONCLUSÃO

Os resultados dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos analisados indicam que a água subterrânea da área estudada, na região dos cemitérios Senhor do Bonfim e Jardim da Esperança, na cidade de Montes Claros-MG, apresentaram contaminação física, química e bacteriológica, uma vez que apresentaram resultados acima dos valores máximos permitidos pela legislação vigente.

Os parâmetros que apresentaram alterações nos resultados foram condutividade elétrica — pontos 01 e 02; OD nos pontos 01 e 03; fósforo, coliformes totais e *E. coli* nos três pontos e H. Mesófilos nos pontos 01 e 03. A presença da bactéria *E. coli* é a principal indicação de contaminação por necrochorume oriundo do cemitério, por ser hospedeira exclusiva do intestino humano.

O período chuvoso influenciou nos resultados — tanto durante, quanto após as precipitações —, uma vez que os resultados obtidos nas ultimas amostras apresentaram valores variados para mais ou para menos, em relação aos resultados das primeiras amostras coletadas antes das chuvas.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA L. A, SANTOS S. A, KEMERICH . C. D. P.; SILVA F. R. Contaminação de recursos naturais por necrópoles. **Revista Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 17-28, 2010. Disponível em: https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1263/1195. Acesso em: 26 ago. 2019.

APHA. AWWA.WPCF. **Standard methods For the examination of water and wastewater**. 23rd edition. Washington: American Public Health Association, 2017. p. 2-60; 9-101.

ARAÚJO, E. A.; KER, C. J.; NEVES C. L.; LANI J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, Paraná, v. 5, n. 1, p. 187-206, jan./ abr. 2012. Disponível em: file:///C:/Users/26206/Downloads/1658-8972-1-PB.pdf. Acesso em: 15 set. 2018.

ARAÚJO, M. Coliformes. *In*: **Infoescola navegando e aprendendo**. São Paulo. 2019. Disponível em: https://www.infoescola.com/reino-monera/coliformes./. Acesso em: 12 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Urbanos. **Águas Subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília, 2007. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf. Acesso em: 22 set. 2019.

BRASIL. Associação Brasileira de águas subterrâneas [ABAS]. Águas Subterrâneas: O que são? São Paulo, SP, 24 set. 2019. Disponível em: https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/. Acesso em: 24 out. 2019.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde [FUNASA]. **Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas**. Cuiabá; Várzea Grande; Brasília: FUNASA, 2007. 118 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/cemitFonte.pdf. Acesso em: 22 ago. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA]. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747. Acesso em: 16 jan. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA]. Licenciamento Ambiental. **Resolução CONAMA nº 335**, de 3 de abril de 2003. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CONAMA-335-03-cemit%C3%A9rios.pdf. Acesso em: 12 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Fundação Nacional de Saúde [FUNASA], Brasília, DF. 2014. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_controle_qualidade_agua_tecnicos_trabalham_ETAS.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

CARNEIRO V. S. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: Meio Ambiente e Saúde Pública. 2009. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/21956/14325. Acesso em: 13 jun. 2019.

CASTRO O. S. J. *et. al.* Potabilidade das águas subterrâneas para o consumo humano na área do polo industrial de Barcarena / Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, GO. 15 nov. 2014. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/MULTIDISCIPLINAR/Potabilidade.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Mortandade de Peixes**. São Paulo, 2019. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/. Acesso em: 29 jul. 2019.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Poluição das águas subterrâneas**. São Paulo, 2019. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/. Acesso em: 22 set. 2019.

COSTA, R. Enterros em igrejas foram prática comum até o século XIX. **Jornal de Hoje**: Cotidiano. Fortaleza, 20 nov. 2014. Disponível em: https://www20.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2014/11/01/noticiasjornalcotidiano,3341197/enterros-em-igrejas-foram-pratica-comum-ate-o-seculo-xix.shtml. Acesso em: 18 jul. 2019.

COSTANDI, M. Tudo o que acontece com o corpo após a morte. Jornal UOL [São Paulo], SP, 25 maio 2015. Disponível em: https://gizmodo.uol.com.br/corpo-depois-morte/. Acesso em: 11 nov. 2019.

DOMINGOS, V. O. *et al*. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano:comparação entre duas metodologias. **Revista Saúde Santa Maria**, Santa Maria, RS, v. 33, n. 1, p. 15-19, 2007. Disponivel em: file:///C:/Users/26206/Downloads/6458-28858-1-PB.pdf. Acesso em: 23 jul. 2019.

EMÍDIO, V. J. G. **A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdades de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 2012. Disponível em: https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/3154/1/A%20problemática%20do%20fósforo%20nas%20águas%20para%20consumo%20humano%20e%20águas%20residuais%20.pdf. Acesso em: 5 nov. 2019.

ÉMILIN, C. S. O que é Necrochorume e quais são os seus impactos ao meio ambiente? **Engenharia Ambiental e Divulgação Científica**, 15 maio 2018. Disponível em: https://2engenheiros.com/2018/05/15/o-que-e-necrochorume-e-quais-sao-os-seus-impactos-ao-meio-ambiente/. Acesso em: 20 ago. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Importância do solo para a água subterrânea. **Notícias**, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3561194/artigo---importancia-do-solo-para-a-agua-subterranea. Acesso em: 14 set. 2017.

FERNANDES D. A. O efeito do necrochorume no meio ambiente e sua imputação penal. **AREL FAAR**, v. 2, n. 1, p. 6-27, jan. 2014. Disponível em: file:///C:/Users/26206/Downloads/122-Texto%20do%20artigo-282-1-10-20150319.pdf. Acesso em: 2 nov. 2019.

FRANCISCO A. M.; SILVA, A. K. G.; SOUZA, C. S.; SANTOS F. C. S. Tratamento do necrochorume em cemitérios. **Revista Atas de Saúde Ambiental**, São Paulo, jan./ dez. 2017. Disponível em: http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ASA/article/view/1643/1269. Acesso em: 9 ago. 2019.

GOMES, M. A. F. Importância do solo para a água subterrânea. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Brasília, DF. 07 jul 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3561194/artigo---importancia-do-solo-para-a-agua-subterranea>. Acesso em 23 out 2019.

GONÇALVES, W. Cemitérios devem receber mais de 80 mil visitantes no Dia de Finados. *In*: **WEBTERRA**. Montes Claros, MG: 31 out. 2018. Disponível em: https://webterra.com.br/2018/10/31/cemiterios-devem-receber-mais-de-80-mil-visitantes-neste-dia-de-finados/. Acesso em: 25 jan. 2020.

GREEN POWER. **pH e condutividade elétrica**: saiba por quê medir. Santa Catarina. 3 jul. 2016. Disponível em: http://www.greenpower.net.br/blog/ph-e-condutividade-eletrica-saiba-por-que-medir/. Acesso em: 1 maio 2020**.**

INMET. Instituto nacional de meteorologia. **Gráficos**. *In*: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Montes Claros, MG, 2017. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos. Acesso em: 18 jul. 2018.

JALOWITZKI, M. **O que diz a legislação sobre o tratamento de cadáveres**: Necrochorume: Contaminação das Águas: Problema Nacional. Blog Compromisso Consciente. 15 fev. 2011. Disponível em: http://compromissoconsciente.blogspot.com.br/2011/02/o-que-diz-legislacao-sobre-o-tratamento.html. Acesso em: 10 jul. 2019.

KEMERICH, P. D.; BIANCHINI, D. C; FRANK, W. F;WEBER, D. P; UCKER, F. E. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. **Revista Monografias Ambientais**: REMOA, Santa Maria, v. 13, n. 5, nesp., p. 3777-3785, 2014. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14506/pdf. Acesso em: 29 ago. 2019.

KEMERICH, P. D.; FILHO, L. L.; UCKER, F. E.; CORREIO, C. V. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas** [UFSM], Santa Maria, v. 13, n. 5, 29 set. 2014. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/88c4/0ad37f2463a459f5fb7d4ac359482189c1fa.pdf. Acesso em: 19 ago. 2019.

KEMERICH, P. D.; FILHO, L. L.; UCKE, F. E.; CORREIO, C. V. Influência dos cemitérios na contaminação da água subterrânea em Santa Maria. **Revista Monografias Ambientais Santa Maria**, RS, v. 24, n. 1, p. 129-141, jun. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273933261_Influencia_dos_cemiterios_na_contaminacao_da_agua_subterranea_em_Santa_Maria_-_RS. Acesso em: 29 jul. 2019.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente a poluente! **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, set. /dez. 2012. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/6430/pdf. Acesso em: 11 nov. 2019.

LIMA J. O.; FRANÇA, A. M.; LOIOLA, H. G. Implicações Hidroquímicas da Condutividade elétrica e do íoncloreto na qualidade das águas subterrâneas do semiárido cearense. **Revista Virtual de Química**, Ceará, v. 6, n. 2, p. 279-292, dez. 2014. Disponível em: http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/471/417. Acesso em: 27 jun. 2019.

LIMA, L. A. Solo e águas subterrâneas técnicas de descontaminação. **Dossiê Técnico Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT/UnB**, 26 jun. 2012. Disponível em: www.respostatecnica.org.br. Acesso em: 15 set. 2019.

LIMA, V. *Escherichia coli*: bactéria intestinal é comum, mas, em casos mais raros, pode causar infecções graves. **Revista Crescer**, São Paulo, 31 mar. 2017. Disponível em: https://revistacrescer.globo.com/Criancas/Saude/noticia/2017/03/e-coli-bacteria-intestinal-e-comum-mas-em-casos-mais-raros-pode-causar-infeccoes-graves.html. Acesso em: 11 ago. 2019.

LOUGON, M. S. Caracterização dos sólidos totais, fixos e volateis nas águas. *In*: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9., 2009, Vale do Paraíba. **Anais** [...]. Vale do Paraíba, Universidade do Vale do Paraíba 2009. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0142_1112_01.pdf. Acesso em: 30 jul. 19.

MINAS GERAIS. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA de n° 396**, de 3 de abril de 2008. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-396-de-3-de-abril-de-2008/view. Acesso em: 28 set. 2019.

MOIÓLI, J. Como o corpo humano se decompõe**? Super interessante**, 4 jul. 2018. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-o-corpo-humano-se-decompoe/. Acesso em: 27 set. 2019.

NEIRA, D. F.; TERRA, V. R.; SANTOS, R. P.; BARBIÉRI, R. S. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês. **Revista natureza**, Espírito Santo, v. 6, p. 36-41, jul. 2008. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/07_neiradfetal_3641.pdf. Acesso em: 26 jul. 2019.

OPERSAN: soluções ambientais. **Ciclo Hidrológico**: saiba como a água se Movimenta no planeta. São Paulo 16 out 2016. Disponível em: http://info.opersan.com.br/bid/202033/ciclo-hidrol-gico-saiba-como-a-gua-se-movimenta-no-planeta. Acesso em: 17 jan. 2020.

PÁDUA, L. V.; HELLER, L. Abastecimento de água para consumo humano *In*: SILVA, Andrea Cristina da. **Qualidade da água para consumo Humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. p. 151-217.

QUEIROZ, J. F., BOEIRA, R. C. **Boas práticas de manejo (BPMs) para reduzir o acúmulo de amônia em viveiros de aquicultura**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2007. (Comunicado Técnico, 44). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15489/1/comunicado44.pdf. Acesso em: 30 jun. 2019.

RODRIGUES, J. C.; RODRIGUES, V. F. A., NUNES, V. J. Diagnóstico ambiental sobre lançamento de cloreto proveniente de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: IBEAS, 2013. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-038.pdf. Acesso em: 1 ago. 2019.

SANTANA, R. Fotos [cemitério] *apud* GONÇALVES, W. Cemitérios devem receber mais de 80 mil visitantes no Dia de Finados. **WEBTERRA**. Montes Claros, MG: 31 out. 2018. Disponível em: https://webterra.com.br/2018/10/31/cemiterios-devem-receber-mais-de-80-mil-visitantes-neste-dia-de-finados/. Acesso em: 25 jan. 2020.

SILVA, A. C. R.; ARAÚJO, M. T.; Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana-BA. **Scielo saúde pública**, Feira de Santana, BA, 10 dez. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/csc/v8n4/a23v8n4. Acesso em: 24 fev. 2019.

SILVA, J. A. **Ambientes funerários e a contribuição para novas leituras arqueológicas**: adornos em sepulturas humanas do sítio Justino - SE, como evidência do contato nativo americano europeu. 2017. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras, SE, 2017. Disponível em: https://ri.ufs.br/handle/riufs/8644. Disponível em: 18 out. 2019.

SILVA, J. A.; MARQUES, M. J. D. P. Impactos ambientais causados por necrochorume. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 2, n. 1, jan. 2017. Disponível em: http://periodicos.ifpr.edu.br/index.php?journal=MundiMAA&page=article&op=view&path%5B%5D=177&path%5B%5D=99. Acesso em: 29 jun. 2019.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. Emprego do imageamento elétrico no estudo da contaminação por cemitérios. **Revista de geociencias**, São Paulo, SP, v. 29, n. 3, p. 343-354, jul. 2010. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/29_3/06_Costa%20Silva.pdf. Acesso em: 18 jul. 2019.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. M. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio Claro, São Paulo, v. 9, abr. 2008. Disponível em: http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/09-08_artigo_5_artigos132.pdf. Acesso em: 20 ago. 2019.

SOUZA, J. R. A Importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: Caso rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, Rio Almada, Bahia, v. 8, n. 1, 2014. Disponível em: http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217. Acesso em: 9 set. 19.

SOUZA, R. D.; GIANESINI, M. V.; SOUZA, M. D.; MIGLIORINI R. B. Qualidade das águas subterrâneas na área de influência de um cemitério na região de Cuiabá-MT, **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 14 n. 25; p. 1897-1914. 2017. Disponível em: http://www.conhecer.org.br/enciclop/2017a/eng/qualidade%20das%20aguas.pdf. Acesso em: 22 ago. 2019.

VALENTE, J. P.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química**, São Paulo, 22 out. 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-46701997000100005&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 29 jul. 19.

VILHENA, L. J. Dureza da água: o que é e como ela influencia na qualidade. **Grupo Hídrica**, Belo Horizonte, 12 jun. 2017. Disponível em: https://grupohidrica.com.br/dureza-da-agua/. Acesso em: 26 set. 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

ANEXO A – RELATÓRIOS DE ENSAIO I

Relatório de ensaio I

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

Ensaios NBR ISO/IEC 17025 — CRL 0751

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº A-2551-17-0

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros
Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 2551-17 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 07/11/2017 **Data recebimento da amostra:** 07/11/2017

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Coliformes totais	P-A/100mL	SMWW 9223 A,B	07/11/17	Presença	Presença	Ausência
Escherichia coli	P-A/100mL	SMWW 9223 A,B	07/11/17	Presença	Ausência	Ausência
Condutividade elétrica	µS/cm	SMWW - 2510 B	09/11/17	99,0	523	422
DBO	mg/L	SMWW 5210 B	08/11/17	<2,00	<2,00	<2,00
Fósforo total	mg/L	SMWW 4500 P B,E	13/11/17	0,019	0,067	0,095
Oxigênio dissolvido	mg/L	SMWW 4500 O C	07/11/17	4,60	7,13	6,77
pH	-	POP-0032 Rev. 5	07/11/17	4,90	7,23	7,23
Sólidos totais	mg/L	SMWW 2540 B	10/11/17	49,0	315	280
			Hora de ensaio bacteriológico:	15:30	15:30	15:30
			Hora de ensaio do pH:	14:31	14:33	14:34
			Hora da coleta da amostra:	13:15	13:30	13:50

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:
Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1 Emitido em: 24/11/2017 08:17

ANEXO B – RELATÓRIOS DE ENSAIO II

Relatório de ensaio II

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2551-17-0

Padronização da DVOT/LRNT

Solicitante: DTMC - LRNT | **Cidade:** Montes Claros

Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 2551-17	**Coletor:** Silvana	**Roteiro:** Pesquisa	**Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 07/11/2017	**Data recebimento da amostra:** 07/11/2017		

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Amônia	mg/L	Test Spectroquant MERCK	08/11/17	<0,03	<0,03	<0,03
Cloretos	mg/L	SMWW 4500 Cl C	10/11/17	11,0	24,7	15,1
Dureza total	mg/L	SMWW 2340 C	13/11/17	9,50	244	192
Nitrato	mg/L	Test Spectroquant MERCK	08/11/17	4,29	0,869	2,03
Heterotróficos mesófilos	UFC/mL	SMWW 9215 A,B	07/11/17	>500	205	5
			Hora de ensaio Heterotróficos mesófilos:	15:30	15:30	15:30
			Hora da coleta da amostra	13:15	13:30	13:50

Observações:

*Ensaios e leituras de campo realizados pelo solicitante.

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.

Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.

O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.

Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:

Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 24/11/2017 08:17

ANEXO C – RELATÓRIOS DE ENSAIO III

Relatório de ensaio III

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

Ensaios NBR ISO/IEC 17025 — CRL 0751

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº A-2865-17-0

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros
Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 2865-17 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Nublado
Data coleta: 13/12/2017 **Data recebimento da amostra:** 13/12/2017

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Coliformes totais	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	13/12/17	218,7	1986,3	24196,0
Escherichia coli	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	13/12/17	14,8	26,9	435,2
Condutividade elétrica	µS/cm	SMWW - 2510 B	14/12/17	409	427	166
DBO	mg/L	SMWW 5210 B	13/12/17	<2,00	<2,00	<2,00
Fósforo total	mg/L	SMWW 4500 P B,E	14/12/17	0,024	0,032	0,038
Oxigênio dissolvido	mg/L	SMWW 4500 O C	13/12/17	4,42	5,72	3,45
pH	-	POP-0032 Rev. 5	13/12/17	7,27	7,36	5,24
Sólidos totais	mg/L	SMWW 2540 B	14/12/17	261	274	68,0

Hora de ensaio bacteriológico:	15:00	15:00	15:00
Hora de ensaio do pH:	17:00	17:02	17:04
Hora da coleta da amostra:	11:40	11:29	11:55

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:
Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 02/01/2018 16:30

ANEXO D – RELATÓRIOS DE ENSAIO IV

Relatório de ensaio IV

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2865-17-0

Padronização da DVOT/LRNT

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros

Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote:	2865-17	**Coletor:**	Silvana	**Roteiro:**	Pesquisa	**Cond. ambientais:**	Nublado
Data coleta:	13/12/2017	**Data recebimento da amostra:**	13/12/2017				

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Amônia	mg/L	Test Spectroquant MERCK	13/12/17	<0,03	<0,03	0,04
Cloretos	mg/L	SMWW 4500 Cl C	14/12/17	13,9	15,8	11,0
Dureza total	mg/L	SMWW 2340 C	15/12/17	187	197	6,70
Nitrato	mg/L	Test Spectroquant MERCK	13/12/17	2,17	1,84	5,25
			Hora da coleta da amostra	11:40	11:29	11:55

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:

Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 02/01/2018 16:30

ANEXO E – RELATÓRIOS DE ENSAIO V

Relatório de ensaio V

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

Ensaios NBR ISO/IEC 17025 — CRL 0751

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº A-0132-18-0

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros

Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 0132-18 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Ensolarado

Data coleta: 15/01/2018 **Data recebimento da amostra:** 15/01/2018

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Coliformes totais	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	15/01/18	344,8	275,5	9804
Escherichia coli	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	15/01/18	56,1	32,3	135,4
Condutividade elétrica	µS/cm	SMWW - 2510 B	17/01/18	468	461	80,0
Fósforo total	mg/L	SMWW 4500 P B,E	24/01/18	<0,010	0,080	0,052
Oxigênio dissolvido	mg/L	SMWW 4500 O C	15/01/18	2,00	6,53	4,92
pH	-	POP-0032 Rev. 5	16/01/18	7,32	7,29	5,66
Sólidos totais	mg/L	SMWW 2540 B	17/01/18	307	316	60,0
Hora de ensaio bacteriológico:				14:50	14:50	14:50
Hora de ensaio do pH:				7:54	7:56	7:57
Hora da coleta da amostra:				12:15	12:30	12:50

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:
Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1 Emitido em: 07/02/2018 19:01

ANEXO F – RELATÓRIOS DE ENSAIO VI

Relatório de ensaio VI

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 0132-18-0

Padronização da DVOT/LRNT

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros
Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 0132-18 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 15/01/2018 **Data recebimento da amostra:** 15/01/2018

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Heterotróficos mesófilos	UFC/mL	SMWW 9215 A,B	15/01/18	>500	52	239
Amônia	mg/L	Test Spectroquant MERCK	18/01/18	<0,03	<0,03	<0,03
Cloretos	mg/L	SMWW 4500 Cl C	19/01/18	22,6	21,5	17,5
Dureza total	mg/L	SMWW 2340 C	22/01/18	206	225	13,5
Nitrato	mg/L	Test Spectroquant MERCK	18/01/18	2,32	2,47	3,51
		Hora de ensaio Heterotróficos mesófilos:		14:50	14:50	14:50
		Hora da coleta da amostra		12:15	12:30	12:50

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:
Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 07/02/2018 19:01

ANEXO G – RELATÓRIOS DE ENSAIO VII

Relatório de ensaio VII

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data 01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

Ensaios NBR ISO/IEC 17025
CRL 0751

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº A-0419-18-0

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros
Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 0419-18 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 19/02/2018 **Data recebimento da amostra:** 19/02/2018

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Coliformes totais	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	19/02/18	307,6	260,3	>2419,6
Escherichia coli	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	19/02/18	74,9	1,0	224,6
Condutividade elétrica	µS/cm	SMWW - 2510 B	21/02/18	475	484	76,4
DBO	mg/L	SMWW 5210 B	24/02/18	2,58	<2,00	<2,00
Fósforo total	mg/L	SMWW 4500 P B,E	22/02/18	0,062	0,102	0,010
Oxigênio dissolvido	mg/L	SMWW 4500 O C	19/02/18	4,07	6,22	3,03
pH	-	POP-0032 Rev. 5	20/02/18	7,45	7,28	5,78
Sólidos totais	mg/L	SMWW 2540 B	20/02/18	267	264	26,0
			Hora da coleta da amostra:	9:05	9:20	9:40

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012)*

Informações da amostragem:
Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 09/07/2018 17:37

ANEXO H – RELATÓRIOS DE ENSAIO VIII

Relatório de ensaio VIII

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 0419-18-0

Padronização da DVOT/LRNT

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros
Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 0419-18 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 19/02/2018 **Data recebimento da amostra:** 19/02/2018

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Heterotróficos mesófilos	UFC/mL	SMWW 9215 A,B	19/02/18	<1	11	>500
Amônia	mg/L	Test Spectroquant MERCK	21/02/18	<0,03	<0,03	<0,03
Cloretos	mg/L	SMWW 4500 Cl C	23/02/18	18,7	23,0	10,7
Dureza total	mg/L	SMWW 2340 C	27/02/18	214	224	6,9
Nitrato	mg/L	SMWW 4500 NO3- D	19/02/18	1,51	2,86	1,26
			Hora da coleta da amostra	9:05	9:20	9:40

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:

Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 09/07/2018 17:37

ANEXO I – RELATÓRIOS DE ENSAIO IX

Relatório de ensaio IX

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

Ensaios NBR ISO/IEC 17025
CRL 0751

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº A-1391-18-0

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros

Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 1391-18	**Coletor:** Silvana	**Roteiro:** Pesquisa	**Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 26/06/2018	**Data recebimento da amostra:** 26/06/2018		

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Coliformes totais	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	26/06/18	>2419,6	3,0	648,8
Escherichia coli	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	26/06/18	23,1	1,0	1,0
Condutividade elétrica	µS/cm	SMWW - 2510 B	26/06/18	469	480	139
DBO	mg/L	SMWW 5210 B	26/06/18	<2,00	<2,00	<2,00
Fósforo total	mg/L	SMWW 4500 P B,E	28/06/18	0,037	0,087	0,012
Oxigênio dissolvido	mg/L	SMWW 4500 O C	26/06/18	4,58	6,38	2,50
pH	-	POP-0032 Rev. 5	26/06/18	7,55	7,62	5,15
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	SMWW 2540 C	26/06/18	310	296	106
			Hora da coleta da amostra:	13:50	13:40	13:00

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:

Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 09/07/2018 15:25

ANEXO J – RELATÓRIOS DE ENSAIO X

Relatório de ensaio X

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1391-18-0

Padronização da DVOT/LRNT

Solicitante: DTMC - LRNT | **Cidade:** Montes Claros
Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 1391-18	**Coletor:** Silvana	**Roteiro:** Pesquisa	**Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 26/06/2018	**Data recebimento da amostra:** 26/06/2018		

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Poço C
3 Poço 01 - Poço R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Heterotróficos mesófilos	UFC/mL	SMWW 9215 A,B	26/06/18	>500	1	172
Amônia	mg/L	Test Spectroquant MERCK	27/06/18	<0,03	<0,03	<0,03
Cloretos	mg/L	SMWW 4500 Cl C	28/06/18	12,6	19,7	14,0
Dureza total	mg/L	SMWW 2340 C	28/06/18	213	228	7,30
Nitrato	mg/L	Test Spectroquant MERCK	26/06/18	1,60	2,71	9,91
		Hora da coleta da amostra		13:50	13:40	13:00

Observações:
*Ensaios e leituras de campo realizados pelo solicitante.
Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:
Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Luiz Henrique Ribeiro Lima
Analista de Saneamento - CRQ nº2100804

1/1

Emitido em: 09/07/2018 15:25

ANEXO K – RELATÓRIOS DE ENSAIO XI

Relatório de ensaio XI

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

Ensaios NBR ISO/IEC 17025

CRL 0751

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº A-1633-18-0

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros

Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 1633-18 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Ensolarado

Data coleta: 24/07/2018 **Data recebimento da amostra:** 24/07/2018

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Posto C
3 Poço 01 - Posto R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Coliformes totais	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	24/07/18	547,5	1,0	1,0
Escherichia coli	NMP/100mL	SMWW 9223 A,B	24/07/18	<1	<1	<1
Condutividade elétrica	µS/cm	SMWW - 2510 B	24/07/18	458	456	129,5
DBO	mg/L	SMWW 5210 B	25/07/18	<2,00	<2,00	<2,00
Fósforo total	mg/L	SMWW 4500 P B,E	26/07/18	0,095	0,137	0,025
Oxigênio dissolvido	mg/L	SMWW 4500 O C	24/07/18	4,91	6,43	2,65
pH	-	POP-0032 Rev. 5	24/07/18	7,51	7,65	5,13
Sólidos totais	mg/L	SMWW 2540 B	26/07/18	259	303	86,0
			Hora da coleta da amostra:	13:40	13:30	13:13

Observações:

Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*

Informações da amostragem:

Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Bárbara C. F. Mota Alves
Analista de Saneamento - CRBio: 080770/04-D

1/1

Emitido em: 01/08/2018 16:19

ANEXO L – RELATÓRIOS DE ENSAIO XII

Relatório de ensaio XII

FRQ-138 POP-0016 Relatório de ensaio Rev. 5 Data:01/07/2017

COPASA

COPASA - Laboratório Regional Norte
CNPJ: 17.281.106/0001-03
Av. Eng. Rolando Trindade Bassi, 14 - Bairro Jardim Alvorada - Montes Claros / MG
CEP: 39402-251 - Tel.: (38)3229-5755 - e-mail: Labo.norte@copasa.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1633-18-0

Padronização da DVOT/LRNT

Solicitante: DTMC - LRNT **Cidade:** Montes Claros
Endereço: Poços Montes Claros

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Lote: 1633-18 **Coletor:** Silvana **Roteiro:** Pesquisa **Cond. ambientais:** Ensolarado
Data coleta: 24/07/2018 **Data recebimento da amostra:** 24/07/2018

PONTOS DE AMOSTRAGEM

1 Poço 03 - Posto G
2 Poço 02 - Posto C
3 Poço 01 - Posto R

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Unidades	Método utilizado	Data ensaio	1	2	3
Heterotróficos mesófilos	UFC/mL	SMWW 9215 A,B	24/07/18	>500	9	89
Amônia	mg/L	Test Spectroquant MERCK	24/07/18	<0,03	<0,03	<0,03
Cloretos	mg/L	SMWW 4500 Cl C	24/07/18	17,8	19,6	15,0
Dureza total	mg/L	SMWW 2340 C	24/07/18	210	219	4,70
Nitrato	mg/L	Test Spectroquant MERCK	25/07/18	2,16	2,14	8,69
Hora da coleta da amostra				13:40	13:30	13:13

Observações:
*Ensaios e leituras de campo realizados pelo solicitante.
Os resultados deste relatório referem somente aos itens ensaiados.
Este relatório de ensaio somente deve ser reproduzido por completo.
O cálculo de incerteza de cada parâmetro está disponível para consulta no Laboratório.
Ensaios realizados conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) - 22nd Ed. (2012).*
Informações da amostragem:
Coleta realizada pelo cliente. A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Bárbara C. F. Mota Alves
Analista de Saneamento - CRBio: 080770/04-D

1/1 Emitido em: 01/08/2018 16:19