FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA- UNIR
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

LAÍS HELENA TORGESKI DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUA ESPACIALIZAÇÃO NA BACIA DO IGARAPÉ TANCREDO NEVES DE PORTO VELHO - RONDÔNIA

Porto Velho - RO
2021

LAÍS HELENA TORGESKI DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUA ESPACIALIZAÇÃO NA BACIA DO IGARAPÉ TANCREDO NEVES DE PORTO VELHO - RONDÔNIA

Dissertação de Mestrado em Geografia apresentado ao Curso de Pós em Geografia da Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR.

Área de concentração: Ambiente e Território na Pan-Amazônia

Linha de Pesquisa: Paisagem, Processos do Meio Físico e Gestão Ambiental - PMG

Orientador: Profº. Titular Eliomar Pereira da Silva Filho

Porto Velho - RO2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

S237a Santos, Lais Helena Torgeski dos.

Avaliação da qualidade de água subterrânea e sua espacialização na bacia do Igarapé Tancredo Neves de Porto Velho - Rondônia / Lais Helena Torgeski dos Santos. -- Porto Velho, RO, 2021.

108 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Água subterrânea. 2.Contaminação. 3.Qualidade da água. 4.Potabilidade. I. Silva Filho, Eliomar Pereira da . II. Título.

CDU 911.2:556

Bibliotecário(a) Marcelo Garcia Cardoso CRB 11/1080

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ATA DE DISSERTAÇÃO

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LAÍS HELENA TORGESKI DOS SANTOS

A Banca de Defesa de Dissertação de Mestrado presidida pelo Orientador e Presidente Professor Doutor **Eliomar Pereira da Silva Filho** e constituída pelos examinadores Professores Doutores **Siane Cristhina Pedroso Guimarães Silva** - Examinadora Interna/Programa de Pós- Graduação em Geografia/PPGG/UNIR, **Maribel Elizabeth Funes Huacca** - Examinadora Externa/Departamento de Química/UNIR e **Norton Roberto Caetano** - Suplente/Departamento de Matemática reuniram-se em **16 de abril de 2021**, às **14:30**, através de **Videoconferência - Google Hangouts Meet** – Link: meet.google.com/gaj-zydw-wpg para avaliar a dissertação de mestrado intitulada: ***"AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUA ESPACIALIZAÇÃO NA BACIA DO IGARAPÉ TANCREDO NEVES EM DE PORTO VELHO - RONDÔNIA"*** da mestranda **LAÍS HELENA TORGESKI DOS SANTOS** - Matrícula: 20171001890. Após a explanação da pós-graduanda e arguição pela Banca Examinadora, a referida **DISSERTAÇÃO** foi avaliada e de acordo com as normas estabelecidas pelo Regimento do Programa de Pós-Graduação em Geografia foi considerada **APROVADA**. A Candidata terá o prazo de até 90 dias para fazer as correções sugeridas pela banca e entregar as cópias definitivas de sua dissertação, sob pena de invalidação, pelo Colegiado, do processo de Defesa, conforme preceitua o § 3º do artigo 83 do Regimento Interno do PPGG, uma vez que o curso só finaliza com a entrega da Dissertação revisada e a comprovação do cumprimento dos demais créditos, conforme Regimento Interno. ***Este documento tem validade de 90 dias a contar desta data.***

Porto Velho-RO, 16 de abril de 2021.

Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho
Presidente/Orientador - PPGG/UNIR

Profa. Dra. Siane Cristhina Pedroso Guimarães Silva
Examinadora Interna Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPGG/UNIR

Profa. Dra. Maribel Elizabeth Funes Huacca
Examinadora Externa Departamento de Química/UNIR

Documento assinado eletronicamente por **SIANE CRISTHINA PEDROSO GUIMARAES SILVA**, **Docente**,

em 16/04/2021, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **ELIOMAR PEREIRA DA SILVA FILHO**, **Docente**, em 16/04/2021, às 17:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **MARIBEL ELIZABETH FUNES HUACCA**, **Docente**, em 04/05/2021, às 17:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0648428** e o código CRC **B1024ECC**.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Orelcino, minha mãe Isabel e aos meus irmãos que com carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse nesta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças para seguir a caminhada em meio as dificuldades, ser o sustento da minha alma, consolo para os momentos difíceis.

Aos meus pais pela luta e determinação na minha formação, por não medirem esforços para que se concretizassem, por acreditarem e investirem em mim. Por todo amor e conselho que me deram, por todo suporte para aguentar firme na trajetória em busca dos meus objetivos de vida acadêmica.

Aos meus irmãos, Valteser, Rodrigo e Letícia, em especial à minha irmã Letícia que esteve presente ao meu lado para me apoiar e ajudar a seguir em frente, por ser meu apoio e refúgio, por ser mais que uma irmã, ser uma amiga.

A minha prima Mariele, por todo amparo, companheirismo e pelas trocas de apoio para não desistirmos, mesmo que a distância e várias ligações de vídeos para nos fortalecermos em dar continuidade as nossas pesquisas e a minha madrinha também.

À minha família, parentes, a família do meu cunhado Hugo que são pessoas incríveis, por todo o apoio e conselhos durante minha vida acadêmica.

À Universidade Federal de Rondônia pela oportunidade de aprendizado durante este curso. A todos os professores do Programa da Pós-Graduação que foram tão importantes na construção e fortalecimento dos meus conhecimentos acadêmicos para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado.

Ao meu orientador Eliomar Pereira da Silva Filho pela paciência, disponibilidade e conselhos que me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, porto todo apoio as correções e incentivos, fornecendo suporte durante a realização deste trabalho. Por acreditar no potencial desta pesquisa e da sua relevância.

Agradeço em especial à minha amiga Katarina, que com paciência me ajudou, me ensinou tudo o que se aplicava ao meu trabalho que tinha grandes coisas em comum com a sua pesquisa, formamos uma bela dupla. Pelos sofrimentos e alegrias compartilhados, pelo companheirismo, pela mão estendida, pelas caronas para as coletas de campo, as idas a universidade, por todo tempo e disponibilidade que teve comigo, o grande auxílio nas elaborações dos mapas. Pelo abraço, pelo conforto. Serei eternamente grata pela amizade que se desenvolveu durante o curso e que foi fundamental para minha jornada acadêmica, influência profissional e pessoal. E é claro, agradeço a família dela que me recebeu por muitas vezes na sua casa e compreendiam todo o nosso desespero e necessidade de estudar até de madrugada.

À minha amiga Betânia que faz parte da minha trajetória de uma forma tão especial, que com sua experiência e ombro amigo foi peça fundamental para o desenvolvimento da pesquisa na primeira fase da pesquisa. Por todas as nossas conversas de apoio uma à

outra para que nenhuma desistisse desse processo único nas nossas vidas.

A todos do Laboratório de Microbiologia da Central Analítica da UNIR, a começar pela profª Maribel por ter aceitado a minha pesquisa ser elaborada sob sua supervisão na primeira etapa de análises físico-químicas e microbiológicas, pela Natália Romão que foi muito mais que uma mestre para mim, me ajudou, me orientou nas análises, nos procedimentos, pelas caronas, pelo conhecimento que compartilhou comigo, pelas alegrias e convivência na rotina do laboratório, pela Nathália que foi uma parceira de laboratório também.

Aos meus amigos de Pimenta Bueno e de Porto Velho, pelas alegrias, tristezas, dores compartilhadas, pela força e apoio que me deram ao longo dessa jornada, sendo meu apoio direto ou indiretamente durante toda minha trajetória escolar até a Universidade.

Agradeço aos meus colegas de pós-graduação (mestrado e doutorado): Elizabeth, Celso, João, Laura, Giovanni, Rafael... que com certeza são excelentes pesquisadores e profissionais e aos que tive a oportunidade de conhecer nas diversas disciplinas do PPGG e eventos.

Agradeço aos colegas do Instituto Federal de Rondônia - IFRO onde também desenvolvi minha pesquisa e trabalhei, em especial a professora Amanda Cidade que foi minha companheira e que tanto me ajudou, aos professores Alzemir, Claudjane, Côrrea, a técnica dos laboratórios, Railane que tanto me auxiliaram e socorreram quando eu precisei.

Aos alunos do IFRO, em especial aos meus alunos bolsistas que ajudaram a desenvolver as análises e coletas.

Aos outros professores do IFRO, Alyne, Letícia, que tanto me ajudaram com apoio e experiência do ponto de vista acadêmico como pesquisadora que me tornei.

Agradeço aos professores da graduação em química que deram conselhos, incentivo para continuar a pesquisa de mestrado.

Ao Programa de incentivo do Governo Federal da CAPES pela bolsa concedida, que foram de soberana importância para a construção do meu currículo.

Aos meus colegas de trabalho do Centro de Ensino Classe A pelo incentivo e torcida na realização da minha pesquisa.

Um agradecimento especial as minhas psicólogas Gésica e Andrea que cuidaram da minha saúde mental neste período.

Obrigada a todos que mesmo que não estão citados aqui, contribuíram para a conclusão desta etapa tão importante em minha vida.

“Que todo o meu ser louve ao Senhor, e que eu não esqueça nenhuma das suas bênçãos!” Salmos 103,2.

RESUMO

A utilização da água pela humanidade tem um contexto importante e histórico de fundamental importância na sobrevivência e manutenção da vida. O interesse e a busca pela qualidade da água nos últimos tempos tem sido destaque em diversos eventos e estudos. Os impactos causados pela humanidade podem trazer diversas consequências, muitas das vezes irreversíveis para esse bem que é, sem dúvidas, essencial. Águas subterrâneas são utilizadas para várias finalidades, principalmente para o consumo humano, desta forma é importante que essa água esteja potável. Estapesquisa tem por objetivo analisar a qualidade da água subterrânea da Bacia IgarapéTancredo Neves da cidade de Porto Velho a partir do Padrão de Potabilidade garantido e exigido pela Portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúdee, assim, espacializar os resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas. Foram coletadas 70 amostras de poços amazônicos e artesianos, divididas em dois períodos: 35 pontos de coleta no período de estiagem e 35 pontos de coleta no período chuvoso. Nessas amostras, foram realizadas análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de 12 bairros que contemplam a área de estudo. No período de estiagem, a concentração de nitrato chegou a 11 mg/L NO_3^-, já no período de estiagem as concentrações não passaram de 6 mg/L NO_3^-. Foram obtidas concentrações mais neutras de pH no período de estiagem e mais ácidas parao período chuvoso, coicincidindo com as mesmas regiões com valores altos de nitratono mesmo período analisado. No quesito de contaminação microbiológica, o período de estiagem proporcionou maior contaminação, de 85,71%, este resultado pode estarcorrelacionado com a falta de chuvas nessa estação. Com a análise desses resultados, podemos concluir a insufiência e deficiência do saneamento básico de Porto Velho, que reflete diretamente na qualidade da água subterrânea. E assim, as águas provenientes de poços da Bacia Igarapé Tancredo Neves não se encontram apropriadas para o consumo humano de acordo com a Portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde; a qual estabelece a ausência de coliformes totais e termotolerantes para se considerar potável. Os resultados especializados apresentamo problema de saúde pública que se encontra a região supracitada, que pode auxiliarna busca de alternativas para minimizar os impactos causados por ações antrópicas e na busca por tratamentos adequados a fim de garantir água potável, que é um direito fundamental do ser humano.

Palavras-chave: Água Subterrânea, Contaminação, Qualidade da Água,Potabilidade.

ABSTRACT

The use of water by humanity has an important and historical context, of fundamental importance in the survival and maintenance of life. The interest and search for water quality in recent times has been highlighted in several events and studies. The impacts caused by humanity can have several consequences, often irreversible for this good, which is undoubtedly essential. Groundwater is used for various purposes, mainly for human consumption, so it is important that this water is drinkable. This research aims to analyze the quality of groundwater in the Bacia Igarapé Tancredo Neves, from the city of Porto Velho from the Potability Standard guaranteed and required by Consolidation Ordinance no. 05/2017 of the Ministry of Health and thus spatialize the results obtained from physical-chemical and microbiological analyzes. Seventy samples were collected from Amazonian and artesian wells, divided into two periods: 35 collection points in the dry season and 35 collection points in the rainy season. In these samples, analyzes of physical-chemical and microbiological parameters were carried out in 12 neighborhoods that include the study area. In the dry season, the nitrate concentration reached 11 mg/L NO_3^-, while in the dry season the concentrations did not exceed 6 mg/L NO_3^-. More neutral pH concentrations were obtained in the dry season and more acidic in the rainy season, coinciding with the same regions with high nitrate values in the same period analyzed. In terms of microbiological contamination, the drought period provided greater contamination, of 85.71%, this result may be correlated with the lack of rain in this season. With the analysis of these results, we can conclude the insufficiency and deficiency of basic sanitation in Porto Velho, whichdirectly reflects in the quality of groundwater. And so, the water from wells in the Igarapé Tancredo Neves Basin is not suitable for human consumption according to Consolidation Ordinance no. 05/2017 of the Ministry of Health; which establishes the absence of total and thermotolerant coliforms to be considered drinkable. The specialized results present the public health problem in the aforementioned region, which can assist in the search for alternatives to minimize the impacts caused by human actions and in the search for adequate treatments in order to guarantee drinkingwater, which is a fundamental human right. human.

Keywords: Groundwater, Contamination, Water Quality, Potability.

Sumário

1. INTRODUÇÃO 9

1.1 JUSTIFICATIVA 11
1.2 OBJETIVOS 16
1.2.1 OBJETIVO GERAL 16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL: PADRÕES PREVISTOS 19
2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 21
2.3 DOENÇAS RELACIONADAS COM A ÁGUA 22
2.4 PAISAGEM E OS EFEITOS CONTAMINANTES 25

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO 25

3.1 O MUNICÍPIO DE PORTO VELHO 25
3.2 A CIDADE DE PORTO VELHO E A BACIA IGARAPÉ TANCREDO NEVES 27
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS NA CIDADE DE PORTO VELHO 29
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA GEOLOGIA 30
3.5 CARACTERIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA 31

4. METODOLOGIA 32

4.1 CRITÉRIOS DE DELIMITAÇÃO DA PESQUISA: COLETA DE DADOS, LOCAL E AMOSTRAGEM 33
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS 34
4.2.1 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS 37
4.2.1.1 COR 37
4.2.1.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA 38
4.2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUÍMICOS 38
4.2.2.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) 39
4.2.2.2 ALCALINIDADE 39
4.2.2.3 FERRO 39
4.2.2.4 CLORO 40
4.2.2.5 CLORETO 40
4.2.2.6 NITRATO 40
4.2.2.7 NITRITO 41
4.2.2.8 DUREZA 41
4.2.2.9 AMÔNIA 42
4.2.2.10 OXIGÊNIO CONSUMIDO 42
4.2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS 42

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 45

5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICOS 49
5.1.1 COR 50
5.1.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA 51
5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA E LIMITES LEGAIS 51
5.2.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) 51
5.2.2 ALCALINIDADE 55
5.2.3 FERRO 55

5.2.4 CLORO 56
5.2.5 CLORETO 57
5.2.6 NITRATO 57
5.2.7 NITRITO 60
5.2.8 DUREZA 63
5.2.9 AMÔNIA 65
5.2.10 OXIGÊNIO CONSUMIDO 65
5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS . 66
5.3.1 COLIFORMES TOTAIS 66
5.3.2 COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECAIS) 70
5.3.3 ESCHERICHIA COLI 73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 80
8. APÊNDICE 89
9. ANEXOS 90
9.1 QUESTIONÁRIO DA COLETA 98
9.2 LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS GEORREFERENCIADAS 99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Localização da área da Bacia Igarapé Tancredo Neves. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018) 28
Figura 2 - Sistema de saneamento inexistente. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2019).....29
Figura 3 - Sistema de saneamento com contaminação ao longo do igarapé. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2019).....30
Figura 4 - Localização da Área de Estudo e dos Pontos de coleta de água na Bacia Igarapé Tancredo Neves no período chuvoso e no período de estiagem. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....38
Figura 6 - Sequência metodológica de análise físico-química. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018) 39
Figura 7 - Análise de pH. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....41
Figura 8 - Análise de nitrito. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....44
Figura 9 - Análise de amônia. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....44
Figura 10 - Análise de oxigênio consumido. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018) 45
Figura 11 - Metodologia de Preparação dos tubos de Caldo Lauryl Triptose. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....46
Figura 12 - Aferimento de pH dos caldos para análise microbiológica. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....46
Figura 13 - Preparação dos caldos e vidrarias para esterilização na autoclave. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....47
Figura 14 - Tubos com caldo EC no banho-maria para teste da E. coli. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....48
Figura 15 - Amostra coletada ao lado de um terreno baldio e lixo. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018) 49
Figura 16 - Poço parcialmente fechado. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)...50
Figura 17 - Poço totalmente fechado e com dosador de cloro. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018) 50
Figura 18 - Poço tampado com madeira, com contaminação visível. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....49
Figura 19 - Mapa da Interpolação dos Resultados das Análises de pH.....58
Figura 20 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Nitrato.....60
Figura 21 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Nitrito.....64
Figura 22 - Mapa da Interpolação dos Resultados das Análises de Dureza.....66
Figura 23 - Resultados positivos com formação de gás para o caldo Lauryl Triptose. Fonte: SANTOS, 2018.....69
Figura 24 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Coliformes Totais 69
Figura 25- Resultado positivo de Coliformes Termotolerantes. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018) 76
Figura 26 - Resultado de amostras com formação de gás para o Caldo VB. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....76
Figura 27 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Coliformes Termotolerantes 78
Figura 28 - Amostras indicando valores positivos e negativos para E. coli. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....79

Figura 29 - Resultado positivo para o teste de E. coli. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018).....79
Figura 30 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de E. Coli.....81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de NMP (APHA, AWWA e WEF, 2017) 24
Tabela 2 - Métodos de Análise e Limite Legal dos Parâmetros Físicos 38
Tabela 3 - Métodos de Análise e Limite Legal dos Parâmetros Químicos 39
Tabela 4- Resultados Físico-Químicos – Período Chuvoso 68
Tabela 5- Resultados Físico-Químicos – Período de Estiagem 69
Tabela 6- Resultados Microbiológicos – Período Chuvoso 78
Tabela 7- Resultados Microbiológicos – Período de Estiagem 79

LISTA DE ABREVIATURAS

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão de Água.
INM - Agência Nacional de Mineração.
CAERD - Companhia de Águas e Esgotos.
SEMPLA - Secretaria Municipal de Planejamento.
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.
MS – Ministério da Saúde
Apha - American Public Health Association.
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
CPRM – Serviço Geológico Brasileiro
ONG – Organização Não-Governamental
pH – Potencial Hidrogeniônico
NO3 – Nitrato
NO2 - Nitrito
Fe - Ferro
P - Fósforo
UFC – Unidade Formadora de Colônias
NMP – Número mais provável
mL - mililitro
mg/L – miligramas/litro

1. INTRODUÇÃO

A água tem características singulares que a tornam diferente de todas as outras substâncias que existem, sendo apontada frequentemente como o elixir da vida, já que na história da humanidade, ela foi e é um elemento importante, indispensável e essencial, evidenciando que o conhecemos por vida, que sem ela não haveria. É um recurso natural de fundamental relevância do planeta, mas que até um certo tempo era julgada como infinita. Desde as origens da humanidade, o homem se organiza em busca dela, tendo desenvolvido e residido em regiões onde houvesse existência desse recurso, pois ela é essencial para, além de questões de sobrevivência enquanto uma necessidade física, também para o cultivo da agricultura (CAMPOS, 1987).

A posse desse recurso, assim como problemas oriundos de sua distribuição geográfica, mau uso e desperdício, passou a ser um grave problema para o homem. Atualmente, as preocupações referentes à qualidade, distribuição e, principalmente, quanto à disponibilidade de água potável para a humanidade é o foco de incontáveis debates e uma pauta permanente em discussões geopolíticas e ambientais (PIRATOBA, 2017). Nesse contexto, as preocupações com o meio ambiente e a qualidade da água potável têm se tornado assunto cada vez mais recorrente nos últimos 30 anos. Eventos como a Conferência Internacional sobre a água e o meio ambiente ocorrida em 1992, na cidade de Dublin, são eventos que marcam a busca e o reconhecimento do acesso à água potável enquanto um direito fundamental para todos os indivíduos (MAIA, 2018).

Embora o acesso à água potável e ao saneamento básico sejam um direito essencial e, principalmente, indispensável à vida de qualquer indivíduo, segundo a Unicef, em 2015, 844 milhões de pessoas não tinham serviço básico de água potável no mundo (UNICEF, 2007). O não acesso à água potável e ao esgotamento sanitário, para alguns autores como Piccoli (2016), ocorre em decorrência de injustiça social e das desigualdades estruturais, pois embora sejamos o “Planeta Água”, praticamente 900 milhões de pessoas vivem sem acesso à água potável, e 2,6 bilhões de habitantes, o que representa quase 40% das pessoas, vivem sem serviços de saneamento básico.

Em 2018, no último Fórum Mundial da Água que ocorreu em Brasília, foram discutidas questões sobre uma crise de água que ameaça o abastecimento de grande parte da humanidade. Mesmo o Brasil contemplando 12% de água doce do planeta,

ainda temos problemas relacionados à água, onde cidades grandes enfrentam escassez de abastecimento. De acordo com Grassi (2001), 80% da água doce é encontrada na região amazônica, sendo os outros 20% distribuídos no restante do Brasil. Na região do Nordeste, além desse fato, ocorrem problemas de estiagem (CANTAI e SILVA, 2016).

Para Sylvio, Bravim e Vasconcellos (2018, p. 174) “a degradação ambiental e suas consequências para o planeta Terra e a saúde pública são uma preocupação e que se torna mais evidente a cada dia.” Nesse contexto, embora haja eventos em âmbito mundial que procuram dialogar sobre desastres, crises, contaminações, etc., o problema da falta de água, assim como sua distribuição e qualidade ainda são um desafio para os países. Recentemente no Brasil, por exemplo, houve rompimentos de barragem de rejeitos de minérios ocasionando grandes vazamentos de lama de rejeitos da mineração de ferro com consequências desastrosas para o meio ambiente, para a população que ali vivia, bem como funcionários das próprias mineradoras que também foram vítimas desses desastres ambientais provocadas por falha humana, por falta de monitoramento técnico e por falta de fiscalizações dos órgãos públicos competentes. Esses desastres ambientais em Mariana- MG em novembro de 2015 e Brumadinho-MG no início de janeiro de 2019, provocaram inúmeras mortes e enormes quantidades de água e solos contaminados, pois a lama de rejeitos de mineração pode provocar decorrências, como assoreamento dos leitos dos rios, infertilidade do solo e conter elementos dispersos que podem ser maléficos a saúde humana (REZENDE & SILVA, 2019).

Oliveira, Rohlfs e Garcia (2019) descrevem o papel importantíssimo da Vigilância sanitária para o controle da qualidade da água, dos impactos diretos e indiretos sobre essa ocorrência de contaminação em Brumadinho –MG, e para a população que vive em torno do rio Paraopeba, visto que houve contaminação química da água e do solo por metais pesados, sendo que o Instituto Mineiro de Gestão de Água (IGAM) e a Agência Nacional de Mineração (INM) informaram que a barragem de minério da Mina Córrego do Feijão em Brumadinho tinha grande potencial poluidor. Os prejuízos ambientais conforme os relatam, indicam que as águas da bacia do Rio Doce em Minas Gerais permanecem impróprias para o consumo por conta dessa contaminação com metais pesados.

Nesse contexto, onde embora aproximadamente 71% da superfície do nosso planeta seja coberta por água, (aproximadamente 1,4 bilhões de km^3), dessa

gigantesca quantidade do presente recurso, apenas 2,5% é considerada potável, já que 97,5% é salgada e, portanto, é imprópria para o consumo humano (PIRATOBA, 2017). A água doce disponível no planeta está distribuída entre as geleiras; as neves externas; em solos, rios e lagos e, aqui, destaca-se por ser o objeto desse trabalho, também em águas subterrâneas. Entretanto, sua distribuição não é uniforme pelo planeta, sendo os tipos de ecossistemas (clima, solo, etc.) e demais características geográficas peculiares a cada região, fatores que influenciam para sua distribuição ser desigual em diferentes regiões (CELLIGOI, 2000).

A cidade de Porto Velho, infelizmente, apresenta um cenário difícil no âmbito nacional, com uma das piores realidades no quesito de saneamento básico devido à carência ou praticamente a inexistência de tratamento de esgoto, ocasionando possíveis contaminações na água e assim acarretando doenças a quem consumir sem o devido tratamento prévio do consumo e uso. A falha no abastecimento de água pela companhia de água responsável promove de maneira não intencional, buscas por alternativas, como a perfuração dos solos, para a construção de poços na busca de água potável.

Diante do apresentado até então, esta pesquisa analisou a qualidade das águas subterrâneas de poços rasos e tubulares na cidade de Porto Velho, a Bacia Igarapé Tancredo Neves, uma vez que, conforme já evidenciado em demais estudos relacionados a essa temática, o presente contexto geográfico da região analisada apresenta sérios problemas no que se refere à qualidade da água disponível para a população, assim como questionáveis condições habitacionais que poluem as águas subterrâneas da região, já que a maior parte dos poços foi construída pelos próprios habitantes e não por uma iniciativa do governo municipal (ALMEIDA E SALIB, 2017).

APRESENTAÇÃO

Este trabalho está constituído de seis itens, num primeiro momento apresenta-se o contexto dos objetivos desta pesquisa, de modo a permitir interpretar e analisar a situação das circunstâncias apresentadas de acordo com as justificativas abordadas e exploradas.

O item 2 – Fundamentação Teórica traz uma revisão de literatura sobre o contexto atual da qualidade da água subterrânea, saneamento básico desde o nível nacional, chegando ao aspecto regional específico de Porto Velho, mais precisamente

na Bacia Igarapé Tancredo Neves, compreendendo 12 bairros da cidade. São abordados problemas ambientais naturais e antrópicos, contaminantes que afetam a potabilidade da água ou que relacionam possíveis doenças provocadas por essas ocorrências.

O item 3 aborda a localização da área de estudo em Porto Velho, com as características físicas da Bacia Igarapé Tancredo Neves, como: solos, geologia, geomorfologia.

O item 4 descreve o procedimento metodológico desta pesquisa, o local, o georreferenciamento, a coleta de dados, as análises laboratoriais físico-químicas e microbiológicas.

O item 5 apresenta os resultados obtidos com este trabalho através de mapas, relacionando as possíveis causas e impactos causados. Analisando os limites legais que determinam se os resultados estão dentro dos parâmetros estabelecidos por lei, considerando a falta de saneamento, contaminantes etc. Os resultados analisados demonstram as interferências que a dinâmica da chuva e estiagem impõem.

Por fim, as considerações finais expõem os resultados alcançados, esses resultados revelam as sequelas da falta de planejamento urbano que resulta no problema de falta de saneamento, que pode interferir no solo da região estudada, na qualidade da água subterrânea e, assim, refletem na importância da conservação, preservação da região estudada e, principalmente, na conscientização acerca do uso correto da água subterrânea como método alternativo na busca do abastecimento e potabilidade da água da Bacia Igarapé Tancredo Neves.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cidade de Porto Velho, de acordo com o Instituto Trata Brasil (Trata Brasil, 2020), tem apenas 4,76% do esgoto da cidade tratado. Tal fato acarreta a propagação de várias fossas construídas “clandestinamente” na cidade, contaminando, na maior parte das vezes, o lençol freático do local. Almeida e Salib (2017) afirmam que o saneamento básico é um direito fundamental para a boa qualidade de vida de qualquer população. Dito isso, a cidade de Porto Velho, possui uma das piores condições de saneamento ambiental do país conforme relata o Trata Brasil (2020) que ocupa o 98° lugar de um ranking com 100 cidades em destaque, está negligenciando um direito básico para seus habitantes. Vale destacar que ainda segundo esse Instituto, nos

últimos oito anos, Porto Velho se mantém nas 10 piores cidades do ranking de saneamento básico e ainda lidera como a cidade com os piores índices neste período relatado, situação contrária ao que aconteceu com Rio Branco, Cuiabá e Blumenau que se mantiveram por muitos anos nessa lista como piores colocados, mas que apresentaram determinados avanços na área e conseguiram melhorar a situação do saneamento básico na sua realidade específica.

As construções dos poços e das fossas se devem à falta de uma rede de esgoto, bem como a falta de investimento no abastecimento de água, visto que a Companhia de Águas e Esgotos (CAERD) não contempla nem a metade da cidade, muitos bairros não contam com esse serviço de fornecimento de água. De acordo com Brasil (2020), apenas 35,26% da cidade no ano de 2018 contou com abastecimento e fornecimento de água, sendo estes domicílios obrigados a recorrer a outros meios para este fim.

> A capital rondoniense possui problemas de drenagem urbana e saneamento básico. A rede de saneamento básico existente está localizada no centro da cidade, na área urbana mais antiga, ainda sendo a executada no início do século XX, durante a construção da EFMM. (BARCELOS, 2015, p. 58)

Da Franca e De Assis Mendonça (2015) apontam que parte da água distribuída para a população de Porto Velho, é adquirida por poços tubulares profundos, sendo este método não muito adequado, a outra parte do abastecimento de água é feita pela captação de água superficial do Rio Madeira, e que a parcela da população que não conta com essa distribuição de água conta com a captação de água a partir de poços amazonas da parte mais superficial do lençol freático, normalmente contaminada.

A inexistência de nova rede de esgoto é tão séria quanto a falta de drenagem, porém não está tão evidente, pois a população instala em suas edificações fossas sépticas e sumidouros, onde observando os mapas da rede de esgoto do PD 1990 e do PD 2008, vê-se que a extensão da rede é a mesma, ou seja, não houve ampliação (BARCELOS, 2015).

As águas superficiais do Estado de Rondônia apresentam concentrações elevadas de Cor em todas as amostras, os rios que mais apresentam cor escura são os rios Machados, Madeira e Mamoré, devido à dissolução do Fe^{2+} e à concentração de solutos orgânicos ou de seus complexos metálicos, que lhes confere uma coloração marrom-avermelhada, característica de águas que percolam solos

lateríticos. 56% dos solos em Rondônia são classificados como latossolos (LIMA, 2007).

A escolha em estudar uma das bacias hidrográficas da região, deu-se, principalmente, pelo fato de que elas são uma das fontes de abastecimento que mais sofrem o reflexo da espacialização desordenada nos grandes centros urbanos do Brasil. Não são raros os casos em que bacias hidrográficas são contaminadas pelo despejo de esgoto e resíduos sólidos inadequados nos canais (FERREIRA,2011). Mais precisamente no caso da Bacia Igarapé Tancredo Neves, ela fica localizada numa região carente, com uma população de baixa renda na sua maioria e com um histórico de invasões, que elucida a grande quantidade de residências que apareceram, que deram origem aos bairros na zona leste da cidade de Porto Velho, sem a devida orientação e acompanhamento do órgão público responsável da prefeitura, a Secretaria Municipal de Planejamento - SEMPLA (SILVA, 2016). Isso justifica o estudo da região para avaliar os possíveis impactos que aconteceram na referida Bacia por conta destes eventos.

Silva (2016) relata que essas invasões acabam desencadeando situações precárias, principalmente para a população de baixa renda, ocasionando possíveis problemas socioambientais, vulnerabilidade social, bem como suscitar áreas periféricas ou favelas, situações que um enfatizam as consequências que uma falta de planejamento urbano faz.

Nesse sentido, este estudo aborda uma temática amplamente debatida, mas que ainda carece de soluções concretas ou melhoras significativas. Assim, ao se considerar que a espacialização ocorre pela organização da população em cada momento histórico vivido por esta, torna-se fundamental analisar a qualidade das águas subterrâneas dos referidos poços a partir de um olhar mais abrangente que também considere questões históricas e geográficas para averiguar os possíveis problemas da contaminação da Bacia na região (FERREIRA, 2011) onde houve um crescimento demográfico agudo e caótico, acontecido nos anos 70-80, que surgiu um processo de urbanização veloz, mas com sérios problemas de infraestrutura de serviços públicos, que não foram estimados a fim de suprir demandas tão grandes em tão pouco tempo (BAHIA, 1997).

O desordenado crescimento urbano e agroindustrial, enquanto um fenômeno ocorrido em todo o Brasil, é especialmente crítico na região norte do país, uma vez que essa região apresenta precária distribuição de água potável, assim como é

duvidosa a qualidade desta para a população. Nesse contexto, isso pode gerar uma preocupação aos usuários que utilizam o aquífero, “[...] seja pela incerteza sobre a quantidade de água extraída ou pelo risco de contaminação pontual se o poço não for corretamente perfurado ou lacrado.” (VILLAR, 2016, p. 92). Silva (2016) valida que as bacias hidrográficas podem sofrer com despejo de esgoto nos canais, que isso traz contaminação por resíduos sólidos que afetam a qualidade da água da região.

Celligoi (2000) constatou que, na região em volta do Aquífero Caiuá, nas últimas duas décadas, mais de 500 poços tubulares clandestinos foram perfurados no noroeste brasileiro a fim de que a população obtivesse água. De acordo com Silva (2016), na Bacia Igarapé Tancredo Neves, a situação também é problemática quando, por exemplo, tem-se a perfuração de poços tubulares clandestinos ocorrendo, tanto pela iniciativa particular de alguns habitantes, assim como por empresas ilegais que se especializaram nesse trabalho.

Diante do exposto, estudos que avaliem a qualidade das águas em poços rasos e tubulares na Bacia Igarapé Tancredo Neves, justificam-se quando já constatado que na presente Bacia tem-se casos de contaminação e, portanto, uma situação que se relaciona com o quadro ambiental, socioeconômico e geográfico da região. Conforme já evidenciado por Silva (2016), essa bacia foi alvo de poucos estudos até então, sendo esta pesquisa, uma forma de contribuir para uma região que carece de maior atenção.

Observando a acentuada e desordenada urbanização de Porto Velho, em que muitos dos bairros foram construídos sem o devido apoio, infraestrutura, organização e planejamento por um setor público que poderia ser responsável pela urbanização e idealização para que pudesse evitar que regiões fossem invadidas e ocupadas sem a devido elaboração e planejamento sanitário e ambiental, que são imprescindíveis. Assim, tem-se uma série de consequências negativas e impactos ambientais que a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº. 001/86 art. 1º infere:

> [...] impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais

Quando estas áreas são ocupadas incorre-se em riscos para o meio ambiente e, portanto, para a água enquanto um recurso natural deste e, ainda, para a vida desses habitantes.

Busch (2009) descreve que as consequências da urbanização são muitas, onde o crescimento acelerado acarreta problemas de infraestrutura que são precários desde já, e os potencializam levando a uma série de problemas socioambientais, favorecendo a perda de qualidade de vida da população urbana. Esse crescimento urbano implica a produção crescente de resíduos sólidos, efluentes líquidos o que pode favorecer a contaminação do solo e da água.

Vieira (2018, p. 761) aponta a contaminação por substâncias químicas nas águas subterrâneas causadas por fenômenos naturais e antrópicos:

> Valores incoerentes aos parâmetros recomendados pela OMS em manancial subterrâneo são comuns, devido a fenômenos naturais e antrópicos. Além disso, a poluição antrópica é crescente em diferentes regiões do mundo e têm se tornado cada vez mais visível. Entre estas substâncias, destacam-se metais pesados, nitrato, pesticidas (atrazina, diuron, glifosato) e hidrocarbonetos (benzeno, tolueno, etil-benzeno e os xilenos).

Diante do exposto, torna-se indiscutível a escolha por essa temática quando se considera que ela pode servir de alerta para melhores políticas hídricas na região, assim como minimizar a poluição dos recursos hídricos. Brito, Silva e Porto (2007) destacam que, uma vez que qualquer água seja considerada poluída, dificilmente poderá voltar a ser potável, ou seja, é uma água “perdida”. Medidas podem ser tomadas para que essa horrível consequência seja evitada.

Dada a problemática associada e considerando a relevante importância do estudo da paisagem definida, tendo em vista os aspectos naturais, físicos e humanos que rodeiam e perpetuam sobre a cidade de Porto Velho, para essa pesquisa foi selecionada a Bacia Igarapé Tancredo Neves a fim de analisar a qualidade das águas subterrâneas de poços rasos e tubulares, visto que apresenta um adensamento populacional relevante e população periférica a fim de justificar os interesses mencionados anteriormente que semeiam indagações neste estudo. Bahia (1997) já relatava a possível contaminação do aquífero e como o impacto antrópico é refletido nas regiões com maior densidade populacional. Esta bacia conta com 12 bairros, sendo eles: São Francisco, Mariana, Lagoinha, Tancredo Neves, Jardim Santana, JK, Socialista, Ulisses Guimarães, Tiradentes, Cascalheira, Cidade Jardim e Três Marias.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade das águas subterrâneas de poços rasos e tubulares na Bacia Igarapé Tancredo Neves através dos obtidos.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Analisar as características físico-químicas presentes nas águas subterrâneas de poços rasos e tubulares na Bacia Igarapé Tancredo Neves;

b) Avaliar microbiologicamente as águas desses poços a partir do Padrão de Potabilidade definido pela portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde;

c) Espacializar os pontos de coleta e qualidade das águas subterrâneas a partir das análises realizadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No estado de Rondônia, constantemente são realizadas pesquisas para analisar a qualidade da água subterrânea para fins de consumo humano e verificar possíveis causas e fontes de contaminação, Bahia (1997) foi uma das grandes pioneiras na temática de análise da água subterrânea, sendo a primeira pesquisadora sobre esse assunto no estado, onde a mesma conclui que eram necessários mais estudos para se ter uma visão mais clara dos processos que estavam ocorrendo na cidade. Em sua pesquisa, ela analisa a cidade de Porto Velho e já relatava sobre a falta de abastecimento de água tratada na cidade como um todo, onde apenas 56% tinha acesso, o restante da cidade ficava condicionado para o uso de águas subterrâneas através de poços tubulares e amazônicos. A falta de saneamento básico também era um grande problema naquela época, sendo apenas 4,6% do esgoto era coletado. Esse último fato acaba contribuindo para a contaminação dessa água por fossas que eram construídas para suprir a falta de um sistema de tratamento de esgoto.

Oliveira et al. (2015) fez uma avaliação da qualidade da água em Vilhena, município do interior de Rondônia, em que a cidade é dependente da utilização da água subterrânea, evidenciando assim a importância e relevância de se analisar a qualidade desta água para a população, visto que o monitoramento pode evitar problemas relacionados a saúde humana.

Em uma revisão histórica da qualidade da água subterrânea de Rondônia nos anos de 1994 a 2018, Vieira *et al*. (2018) aponta sobre o papel importante que as águas subterrâneas desempenham em relação as atividades rotineiras do homem, bem como industriais e consumo doméstico. Fazendo referência assim, a fundamental importância e relevância de se obter um prognóstico da qualidade das águas subterrâneas para e assim verificar os possíveis pontos de contaminação e seus fatores que contribuem para essa situação. Ainda em sua revisão bibliográfica, Vieira et al (2018) aborda em como os índices de contaminação por fossas e tanques sépticos para destino de esgoto doméstico e industrial interferem nos índices de qualidade da água que são padrões importantes para afirmar se a água está própria para o consumo humano. Em sua análise, ela verificou que existiram resultados químicos e bacteriológicos indicaram água imprópria para o consumo humano, onde isso pode ser justificado por interferências de fenômenos de caráter natural ou antrópico.

Lauthartte (2013) ao fazer análise de água subterrânea oriunda de poços amazonas no Distrito de Jaci-Paraná, do município de Porto Velho, foi constatada contaminação por coliformes totais e fecais, ademais também foi verificado contaminação por nitrato por consequência da falta de saneamento básico e do zelo com as fontes de água. Através desses resultados, foi possível verificar que as águas não estavam de acordo com a Portaria do MS 2.914/2011 para fins de potabilidade.

Rodrigues et al. (2014) em seu estudo de análise da água subterrânea da área urbana da cidade de Porto Velho com poços do tipo amazonas. Constatando- o que a maioria dos poços foram construídos pelos próprios moradores, sem os devidos cuidados e preparo para construção, fazendo com que muitos deles, ficassem perto de fossas, sem respeitar a distância mínima segura exigida, isso acaba fazendo com que a população da cidade fique vulnerável a consumir água contaminada dos poços.

Na análise das águas subterrâneas, pertencentes ao aquífero Içá/Fraturado norte da área urbana do município de Porto Velho, Duarte et al. (2017) constatou uma contaminação de 52% na região apurada, apresentando vulnerabilidade que podendo

ser justificado pelo mapeamento de fontes geradores de contaminantes, como postos de gasolina, por exemplo.

Ribeiro (2019) analisou os impactos provocados por poluentes orgânicos e inorgânicos nas águas subterrâneas de Porto Velho, onde foi constatada alteração significativa na análise de nitrato e amônia em 73% das amostras, indicando assim contaminação por esgoto doméstico, que são alusivas as fossas sépticas da região que não são construídas com a distância mínima, que é essencial para prevenir esse tipo de alteração, que interfere na qualidade das águas subterrâneas que são estabelecidas na Portaria de Legislação vigente. Esse resultado, confirma e legítima necessidade de ampliar a rede de esgoto da cidade que é fundamental para prevenir e reduzir as contaminações das águas de origem subterrânea, bem como um monitoramento dela para o bem da saúde dos que a consomem.

Baía (2020) em suas análises pode constatar uma contaminação microbiológica de 61% dos poços de origem tubular, que na teoria deveriam ser menos suscetíveis a contaminações por serem mais profundos. Além disso, na análise de cátions e ânions, exclusivamente, nitrato teve concentrações elevadas em comparação ao que é aconselhado pela legislação. Já para alterações nas concentrações físico-químicas, foram 11 pontos no total, que obtiveram resultados alterados, sendo oito para alumínio, dois para cobre e um para manganês. Todos esses resultados alterados são sugestivos para contaminação causada por ação antrópica, onde a autora sugere mais estudos sobre essa temática.

Em seu trabalho na cidade de Vilhena, interior de Rondônia, Oliveira et al. (2015) demonstrou que houve diferenças de contaminação bacteriológica para Coliformes Totais e *Escherichia coli* em diferentes períodos coletados e analisados, sendo de estiagem e no período chuvoso também. Evidenciando a relevância de se estudar o comportamento da situação com épocas diferentes, onde:

> O período chuvoso apresentou maior contaminação coliformes totais e *Escheri-chia coli* que o período de estiagem, podendo estar associado às más condições dos poços, além de ser um aquífero livre, facilitando o escoamento de possíveis contaminantes. (OLIVEIRA et al., pag. 213, 2015)

Rodrigues et al. (2014) ao analisar as condições das águas subterrâneas do município de Porto Velho, verificou que existem pontos da cidade que apresentaram alto índice de contaminação microbiológica, isso ocorrendo também em regiões

periféricas, onde apenas dois pontos amostrais apresentaram ausência de contaminação. Estabelecendo assim, uma condição crítica da condição da água para a cidade visando a potabilidade.

Ainda segundo Rodrigues et al. (2014) na maneira como foi analisada a cidade por zonas (regiões), estabeleceu uma variação de 79 a 94% dos poços contaminados por cada região, essa contaminação nos igarapés, no momento em que esses passam a ser depósito de lixo e de esgoto, esses fatores contribuem para o aumento da contaminação das águas.

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL: PADRÕES PREVISTOS

Tomando-se por base o Relatório de Qualidade das Águas Interiores (2003), a qualidade da água potável pode ser classificada em três aspectos, que são eles: biológico, físico, químico. O primeiro deles engloba os parâmetros bacteriológicos, ou seja, coliformes totais e fecais. Já o segundo, considera a turbidez, condutividade e temperatura das águas. Finalmente, o aspecto químico relaciona-se as concentrações de fósforo, cloreto, nitrato, nitrito, ferro total e pH presente na água. Aqui, importante destacar que, uma vez que a qualidade da água não é algo visível a olho nu e tampouco facilmente perceptível, raramente causa repugnância aos consumidores, entretanto, se houver sais dissolvidos em grandes quantidades, poderá afetar seu gosto (SOUZA, 2012).

Durante debates, a preocupação com as nascentes de água doce, lençóis freáticos e rios em geral é constantemente levantada. Bordalo (2017) explana que neste início de século, o Conselho Mundial da Água até aquele momento, havia organizado cinco Fóruns Mundiais da Água, em que se apresentaram dados de uma crise eminente no abastecimento de água doce. O Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento da Água traz que “até 2030, o planeta enfrentará um déficit de água de 40%, a menos que seja melhorada dramaticamente a gestão desse recurso” (Unesco, 2015). Cavalcanti et al (2018) levanta a questão que a crise da água não tem na qualidade o seu único problema, mas também para a quantidade de água disponível no planeta, já que em alguns lugares é abundante e em outros é insuficiente.

A portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde foi revogada pela Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, em que a

mesma considera como Água potável para o consumo humano aquela que tiver o correto tratamento. Para tal, necessita-se remover possíveis contaminantes de origem física, biológico ou química (BRASIL, 2014). A água contaminada não tratada é uma questão de suma importância para a saúde da população, um meio de disseminação de doenças causadas por microrganismos. (LIMA ,2007)

Lima (2007) alerta para o fato de que águas turvas e com coloração diferente são indícios de que a qualidade desta está comprometida, sendo que, elementos químicos como o zinco, o magnésio, o cálcio ou até mesmo elementos radioativos, podem estar contidos nessa água. Dependendo da concentração desses elementos, beber tal água trará prejuízos para a saúde de quem a consumir.

Entre os motivos identificados como causadores da contaminação das águas está, principalmente, a própria ação humana quando as pessoas despejam resíduos nos solos e nas águas sem o correto tratamento. Soma-se a isso inadequadas construções de lixões, aterros sanitários e poços. A contaminação das águas torna-se um problema ainda mais grave quando se considera que em inúmeros locais a população faz uso de águas de fontes, poços, e nascentes sem distribuição canalizada ou vigilância quanto a qualidade dessas águas. (BORDALO, 2017)

Sempre que se fizer uso de águas sem controle de qualidade, Bordalo (2017) lembra que esta água pode não ser potável e, portanto, deve ser consumida com cuidado, mesmo quando ela aparentar ter suas características físicas de acordo com os parâmetros normais. É importante destacar que é fundamental fazer a descontaminação desta mesma, utilizando por exemplo, o hipoclorito de sódio a 2,5%, que é um reagente químico de fácil acesso, e que o mesmo pode ser obtido através de órgãos estaduais e municipais que oferecem esse reagente conforme orienta o Ministério da Saúde (BRASIL, 2014)

Para evitar problemas de saúde em decorrência do uso de águas impróprias para o consumo, cabe aos representantes governamentais, principalmente em âmbito municipal, assegurar a correta proteção das fontes de captação da água para o consumo humano. Além disso, as instituições governamentais têm o dever de criarem programas de informação à sociedade com o intuito de prevenir a poluição das águas e, assim, diminuir os impactos ambientais e todos os custos que se fazem necessários para a recuperação da área atingida por contaminação. (LIMA, 2007)

2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEA

Água subterrânea é toda a água que corre no subsolo, nos poros, fissuras, fraturas e outros espaços vazios de dimensões milimétricas das rochas. A maior parte das águas subterrâneas origina-se de água da chuva, a qual se infiltra através da zona insaturada. Durante este processo, a composição da água é constantemente modificada pelas interações com os constituintes minerais do solo e das rochas. Os constituintes químicos das águas subterrâneas podem ser influenciados por três fatores: deposição atmosférica, processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero, e mistura com esgoto e/ou águas salinas por intrusão (SILVA FILHO et al., 1993). Para Riquelme e Silva Filho (2015), a água subterrânea constitui-se em toda e qualquer água que preenche espaços vagos abaixo da terra. Sua importância reside no fato de ela ser responsável pela umidade do solo e compor uma parcela significativa do ciclo hidrológico do planeta.

De acordo com Teixeira (2009), água subterrânea é aquela que ocupa vazios em formações rochosas ou no regolito. Essa infiltração se caracteriza como importante mecanismo de recarga da água no subsolo, Gaspar e Campos (2016) isso se dá pela infiltração da água das chuvas. “A água subterrânea é muito importante para o equilíbrio da dinâmica da infiltração e escoamento da água, bem como, há muitos anos vem servindo de reservatórios para futuras demandas e implicações por uma iminente falta de água” FRANCO, ARCOS e PEREIRA, 2018, p. 1).

Também ao tratar sobre a importância das águas subterrâneas, Silva (2017) asentende enquanto uma das mais relevantes reservas que o ser humano tem para suprir-se de água. Para este autor, sua relevância ainda está no fato de que, em muitas situações, essas águas não necessitam de processos de purificação ou tratamento, uma vez que essa filtragem ocorre naturalmente no subsolo. Importante destacar que no Brasil, a região Amazônica é uma das áreas onde encontram-se os principais mananciais com águas subterrâneas (SILVA, 2017).

Entre os cuidados que devem ser tomados para manter-se a qualidade das águas subterrâneas, está o correto distanciamento entre poços e fossas. De acordo com o Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que trabalham em ETAS (2014), a distância para poços de fossas seca, sumidouro (poço absorvente)

deve ser de, no mínimo, 15 metros. Para qualquer outra fonte de contaminação, tal como pocilgas, lixões, galeria de infiltração, entre outros, deve-se respeita a distânciade 45 metros. Além disso, os poços deverão ser perfurados em local livre deinundação e em um nível mais elevado do terreno. (BRASIL, 2014B).

2.3 DOENÇAS RELACIONADAS COM A ÁGUA

Para Franca e Mendonça (2015) o espaço geográfico é onde ocorrem as interações entre o homem e as doenças, onde entrelaçam-se os riscos e vulnerabilidades. E por conta da falta de uma rede de esgoto no município, acaba gerando transtornos, como a improvisação de sistemas de esgotos a céu aberto ou fossas, que na sua maioria, são feitas de forma inadequada, com localização próximados poços ocasionando assim doenças provenientes desse contexto.

França (2017) menciona que mananciais superficiais e subterrâneos estão sendo submetidos a vários tipos de contaminação, poluição e degradação em que acelera a insalubridade ambiental e contribui para o aumento de doenças que são originadas pela água e que são propagadas por ela também. “Aproximadamente 82%da população mundial não tem acesso à água potável de qualidade. Decorrente disso, anualmente, mais de cinco milhões de pessoas morrem por adquirirem doenças relacionadas à água.” (GUEDES, et al., 2017, p. 453)

Na história do aferimento da qualidade da água, destaca-se que antigamente aqualidade desta era medida de forma visual pela cor, gosto e pelo odor. E que no finalo século 19 para o início do século 20, surgiu-se a necessidade de melhorar os aspectos estéticos das águas, surge então os primeiros métodos para a filtração e tratamento de água e que a turbidez poderia indicar a existência de microrganismos patogênicos de origem fecal e não somente a características estéticas da água (FREITAS e FREITAS, 2005).

A qualidade microbiológica da água pode ser mensurada através da identificação de bactérias do grupo coliformes, que indicam uma contaminação fecal (LIMA, BETHONICO e VITAL, 2018, p. 148). Freitas e Freitas (2005, p. 995) comenta em como a história foi marcada por progressos na relação de bactérias com doençasoriundas da água:

> Na metade do século 19, ocorrem avanços na compreensão da relação entre água contaminada e doenças, destacando-se o trabalho do

> epidemiologista John Snow, que, em 1855, provou que um surto de cólera em Londres estava associado a poços de abastecimento público contaminados por esgoto. Mais tarde, em 1880, Louis Paster demonstrou pela Teoria dos Germes como organismos microscópicos poderiam transmitir doenças por meio da água.

De acordo com o padrão microbiológico de Potabilidade da Água para o consumo humano na Portaria de Consolidação n° 5 (BRASIL, 2017), é permitido 500 UFC/mL de Bactérias Heterotróficas e ausência total de Coliformes Termotolerantes ou totais. A seguir é exposta a tabela para cálculo do número mais provável para diferentes tipos de ensaio (CETESB, 2018) com Índice de NMP e limites de confiança de 95% quando são inoculadas 10 porções de 10 mL da amostra de acordo com a tabela 1 da APHA, AWWA e WEF (2017, p. 5).

Tabela 1 - Índices de NMP (APHA, AWWA e WEF, 2017)

Número de tubos com reação positiva, a partir de 10 tubos de 10 mL	Índice de NMP 100 mL	Limites de confiança de 95%	
		Inferior	Superior
0	< 1,1	-	3,4
1	1,1	0,051	5,9
2	2,2	0,37	8,2
3	3,6	0,91	9,7
4	5,1	1,6	13
5	6,9	2,5	15
6	9,2	3,3	19
7	12	4,8	24
8	16	5,8	34
9	23	8,1	53
10	> 23	13	-

Coliformes tolerantes, também chamados de coliformes fecais, são bactérias indicadoras de contaminação fecal. Elas não devem se fazer presentes em água potável, uma vez que a água deveria ser isenta de microrganismos que venham a causar doenças. A saber, os coliformes fecais têm a capacidade de desenvolverem alactose e fermentá-la com produção de gás a 44ºC pelo período de 24 horas. Para Bettega (2006), uma das principais espécies dentro desse grupo é a *Escherichia coli*.Por meio de avaliações microbiológica em amostras de água, identificou-se que essasbactérias trazem inúmeros microrganismos patogênicos (BETTEGA,2006).

Sales (2017, p. 42) igualmente expõe essa condição de diagnóstico:

> Os coliformes termotolerantes, mais especificamente a E. coli, fazem parte

> da microbiota intestinal do homem e outros animais de sangue quente, e quando detectados em uma amostra de água fornecem evidência direta de contaminação fecal recente e por sua vez podem indicar a presença de patógenos.

Hepatite A e E tem influência correlacionada com a falta de saneamento básico (BRASIL, 2006). Nicácio e Junior (2019) descrevem que o saneamento básico é um conjunto de medidas para a conservação do meio ambiente e prevenção de doençase que a falta dele contribui para a dispersão de determinados vetores e por doenças.

> Entre a transmissão de doenças infecciosas, devido alteração da qualidade da água, encontra-se a Doença Diarreica Aguda. Os surtos de tal doença também pode estar relacionados à contaminação alimentícia, porém o componente de veiculação hídrica é o mais relevante. (GUEDES, et al., 2017,p. 453)

As principais doenças relacionadas a água por infecções intestinais, são: febre tifoide, shigelose e a cólera, a partir da contaminação da água por patógenos diversos, como Cryptosporidium sp., Campylobacter sp., Giardia sp., Escherichia coli, Astrovírus, MS2 bacteriófago, Clostridium perfringens, Cryptosporidium parvum, E. intestinalis e V. cholerae (GUEDES, et al., 2017).

Para tratamento da água Guedes, et al (2017) propõe que a fervura e a cloração são opções apropriadas em ambientes residenciais. Logo para Gorayeb, Lombardo e Pereira (2010) o monitoramento rigoroso e medidas como a despoluição dos mananciais seria apropriado para preservá-los e consequentemente a qualidade das águas subterrâneas, pois problemas ambientais ocasionam complicações ao meio natural e podem assim acarretar em prejuízos diretos para as populações que as consomem, ocasionando águas com baixa qualidade e também doenças relacionadasde veiculação hídrica.

Para Tucci (2001) é desafiador o conceito de desenvolvimento sustentável que foi introduzido na década de 80 sobre saúde ambiental referente ao saneamento urbano, que reflete na importância de se ampliar o conceito de saneamento básico para saneamento ambiental para a devida proteção e as situações que acarretam e prejudicam o sistema.

2.4 PAISAGEM E OS EFEITOS CONTAMINANTES

No princípio do espaço geográfico ele continha e exibia apenas os aspectos físicos e naturais como plantas, lagos, animais, rios, mares, e neste contexto só havia interferência da própria natureza. Ao longo da história com a interferência das atitudes dos homens sobre a natureza, como a lenha que teriam que cortar para o fogo ou o corte das árvores para a construção de casas, impactou significativamente o espaço geográfico inicial.

É notório relacionar os efeitos provocados pela ação humana no espaço determinado analisado. Essa ação antrópica tem consequências danosas e cumulativas por decorrência do modo de vida seguido pela humanidade (Santos, 1997). Bahia (1997) relaciona os efeitos contaminantes com impactos antrópicos interferentes nos aquíferos, isso acaba colocando a área escolhida dessa pesquisa dentro de um cenário convidativo a ser investigado.

A ciência, assim como o espaço geográfico também passou por vários ciclos eevoluções em que cada cientista tem uma teoria inicial com perguntas e possíveis respostas, argumentos para esta. E a partir de experimentos, pode ser confirmada outer outros pareceres sobre este assunto que comprovam a veracidade dos fatos. “O critério que define o status científico de uma teoria é sua capacidade de ser refutada ou testada.” (POPPER, 2008, p. 5)

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 O MUNICÍPIO DE PORTO VELHO

O município de Porto Velho está localizado no norte do estado de Rondônia, sendo a capital deste estado, se encontra a margem direita do Rio Madeira, abrangida pela Amazônia Ocidental. Apresentou no último Censo Demográfico do IBGE (2010) 428.527 habitantes. A área de estudo da presente pesquisa se deu na zona urbana da cidade, dentro da Bacia Igarapé Tancredo Neves destacado na imagem a seguir, na figura 1 (SANTOS, 2018). A bacia do Igarapé Tancredo Neves, esta localizada, de acordo com Silva (2016, p. 18) entre as coordenadas 63º 51’ 57’’, 8º 44’ 39; 63º 52’ 06’’, 8º 43’ 50’’ e 63º 48’ 20’’, 8º 44’ 40’’; 63º 48’ 10’’, 8º 47’ 45’’, na Zona Leste da cidade de Porto Velho e abrange 12 bairros, sendo eles: São Francisco, Mariana, Lagoinha, Tancredo Neves, Jardim Santana, JK, Socialista,

Ulisses Guimarães, Tiradentes, Cascalheira, Cidade Jardim e Três Marias. Essa Bacia, ainda de acordo com Silva (2016), tem por característica uma população de baixa renda e com grande adensamento populacional.

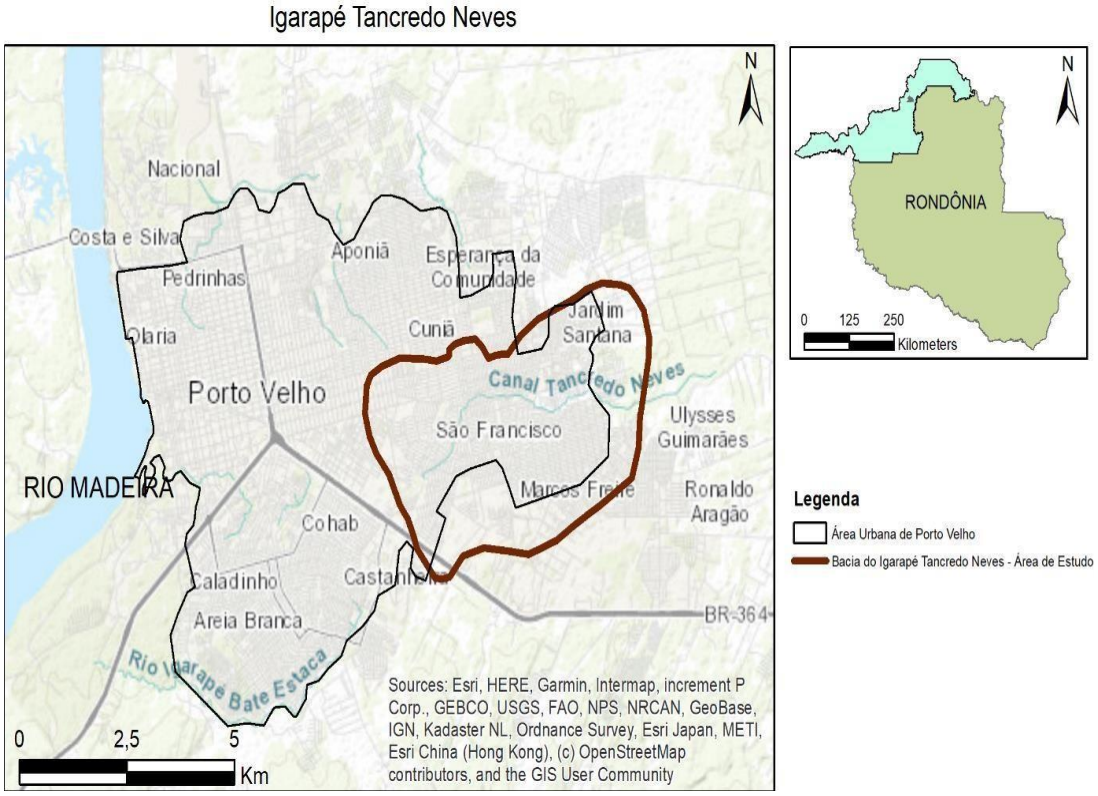


Figura 1 -Localização da área da Bacia Igarapé Tancredo Neves. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Atualmente, a área urbana da cidade é separada por zonas sendo elas: norte, sul, leste e centro, a zona Leste é a mais populosa e com a maior quantidade de habitantes em situação de vulnerabilidade social, de acordo com a SEMPLA (2007),o município contém, atualmente, 69 bairros.

3.2 A CIDADE DE PORTO VELHO E A BACIA IGARAPÉ TANCREDO NEVES

A cidade de Porto Velho pertence ao antigo Aquífero Jaci-Paraná, hoje denominada pelo nome de Sistema Aquífero Poroso de Porto Velho (ALVES & MANIESI, 2018) ou Aquífero Coberturas Sedimentares Indiferenciadas (ADAMY, 2010).

> Esse sistema aquífero é muito importante para o abastecimento de Porto Velho, havendo centenas de poços tubulares em estabelecimentos comerciais e domésticos, assim como para abastecimento público em alguns bairros. O aquífero está localizado geograficamente na margem direita do rio Madeira, com a cidade de Porto Velho constituindo-se na principal captadora/beneficiária de suas águas. (ADAMY, 2010, p.99)

Dentro deste Sistema, Porto Velho tem seis bacias, sendo elas: Bate Estacas, Belmont, Igarapé Grande, Rio das Garças, Tanques e a do Igarapé Tancredo Neves, sendo a última o objeto de estudo desse trabalho. A cidade teve nessa bacia, por algumas décadas, uma fonte estratégica de água para abastecimento da população. (FREITAS et al., 2012).

Contudo, aqui tem-se uma situação problemática que é o alvo de investigação desse estudo, uma vez que a Bacia Igarapé Tancredo Neves apresenta vulnerabilidade preocupante no que diz respeito aos processos de contaminação, originados em sua maioria pela desordenada e crescente urbanização do município de Porto Velho. Adamy (2010) também advertiu sobre a vulnerabilidade preocupante devido aos processos de contaminação derivados da urbanização crescente, agravadas por uma insuficiente rede de esgoto doméstico. De acordo com o Trata Brasil (2020) somente 4,76% do esgoto da cidade era tratado. As figuras 2 e 3 (SANTOS, 2018) abaixo retratam essa situação:

Figura 2 - Sistema de saneamento inexistente. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2019)

Figura 3 - Sistema de saneamento com contaminação ao longo do igarapé. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2019)

No Brasil, não é rara a ocorrência de inadequadas redes de tratamento de esgoto que, por sua vez, contaminam os lenções subterrâneas. A cidade de Porto Velho no estado do Rondônia, por exemplo, não conta com uma rede de tratamento de esgoto que contemple a maior parte da cidade, deste modo, a maior parte dos esgotos domésticos são eliminados diretamente nas fossas, sem tratamento algum.

> A construção inadequada dos poços e a proximidade entre as fossas asséptica e os poços que por vezes tem distancias inferiores a 10 m, reforçam a suspeita de contaminação das águas subterrâneas, principalmente por nitrato, pois o mesmo ocorre de forma natural, mas em quantidades elevadas é resultante de atividades humanas, principalmente ao uso de sistemas de saneamento *in situ* devido à relação existente entre doenças e o consumo de água de poço poluída por esgoto doméstico. (RIQUELME & SILVA FILHO, 2015, p. 15)

Por volta início do Século XX, o município originou-se por uma iniciativa econômica: o investimento ferroviário da Madeira-Mamoré Railway. Na época, a cidade desenvolveu-se e suas atividades urbanas estruturaram-se a partir desse investimento e das consequências que ele traria para a população, pois esta teve que se adaptar para estar preparada quando os imigrantes estrangeiros vieram para servir de mão de obra na construção da Estrada de Ferro Madeira Mamoré. (ALMEIDA E SALIB, 2017).

Como a cidade de Porto Velho não possui uma rede de tratamento de esgoto que contemple a maior parte da cidade, a criação de um plano de infraestrutura sanitária é algo urgente, uma vez que esta situação vem gerando várias fossas construídas pelos próprios moradores da cidade. Quando não são seguidas as normas para a construção das fossas e o cuidado necessário em relação a

distância entre poços e fossas, pode acontecer contaminação no lençol freático da região. Piorainda, pela precariedade do saneamento básico no município, enormes quantidades de esgoto são diariamente despejadas em rios. (MACEDO et al., 2016).

Campos, Silva Filho e Oliveira (2004) lembram que além dos poços construídos precariamente pela população, há perfuração de poços por parte de empresasclandestinas onde não existe um responsável técnico e o cuidado que se faz necessário para tal. Esses poços se tornam assim, mais um meio de contaminação para as águas da bacia Igarapé Tancredo Neves.

De acordo com os autores (CAMPOS, SILVA FILHO & OLIVEIRA, 2004. p. 2):

> Mesmo o aquífero apresentando uma camada argilosa de mais de 10 metros de espessura e apresentando uma vulnerabilidade baixa, a disseminação de fossas domésticas na área urbana é muito grande, aumentando o risco de contaminação das águas subterrâneas.

Bahia (1997) destaca que quando a água se infiltra no solo, ela pode estar contaminada devido a esgotos a céu aberto, líquidos que percolam o lixo (chorume), efluentes de fossas, onde ela acaba misturando-se e tornando-se potenciais fontes poluidoras dos poços, em que muitas das vezes, não levam em consideração sobre as propriedades geológicas e hidrogeológicas, (litologia, nível do lençol freático, etc.), justificando a importância de analisar as águas desses aquíferos por conta dessas possíveis contaminações causadas pelas infiltrações e análise dos resultados que serão obtidos.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS NA CIDADE DE PORTO VELHO

A bacia do Igarapé Tancredo Neves, é constituída por sedimentos de origem fluvial e colúvio-aluvial bastante heterogêneos, com intercalações de areia, argila e sibite com idade tercio-quaternária. Uma vez que o solo desta bacia, em sua maioria, tem pouca matéria orgânica e baixa saturação de bases, eles são ácidos, pobres empotássio e fósforo e com alta saturação de alumínio (SILVA, 2016).

Os solos que compõe a área da bacia do Igarapé Tancredo Neves, de acordo com Silva (2016), separam-se em bem drenados com textura franca ou argilosa e o mal drenado argiloso, constituindo assim em: Gleissolos Distróficos

(mal drenado argiloso), Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (bem drenado franco) e Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico (bem drenado argiloso).

Na área da Bacia, os Latossolos Vermelho-Amarelos compreende a maior parte da região, são bem drenados e profundos, tendo por predominância ter sofrido intemperização, carregando consigo traços de argila, caolinita, gipsita, minerais amorfos e sesquióxidos de ferro e alumínio (PLANAFLORO, 1998), (SILVA, 2016). “Em razão da forte lixiviação sua capacidade de troca catiônica é baixa, assim como a quantidade de cálcio, magnésio, potássio e sódio adsorvidos (HERRERA, 2016, p. 41).

Os Gleissolos, segundo Silva (2016) são encontrados nas áreas mais rebaixadas da Bacia, tendo áreas alagáveis e depressões devido ao fato dele ser um solo com característica hidromórfica. Essas características o tornam suscetíveis a erosões (HERRERA, 2016). Este tipo de solo provém de rochas ácidas com baixa fertilidade (HERRERA, 2016), é ácido e pobre em cálcio, magnésio, fósforo e potássio, com alta concentração de alumínio. (SILVA, 2016). Ainda de acordo com Planafloro (1998) e Herrera (2016), o grande problema desse tipo de solo se deve pelo fato de o solo ficar mais tempo enxarcado, tendo carência de oxigênio e assim, por consequência, impede de certa forma o crescimento vegetal de algumas espécies, mesmo que algumas já sejam adaptadas a estas circunstâncias.

Todas essas particularidades influenciam diretamente nas características físico-químicas da água subterrânea da região.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DA GEOLOGIA

Porto Velho, na estudada observa –se uma “seqüência sedimentar Pleistocênica colúvio-aluvionar, além de lateritos imaturos”. (Bahia, 1997, p. 11)

De acordo com o Planaforo (1998) e a CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2007) apresentam que há uma parcela da área, que tem como característica de Depósitos Aluvionares argilosos em terrenos inundáveis, Coberturas Sedimentares Indiferenciadas e com maior frequência Coberturas detrito lateríficas.

Sistemas de Aquíferos sedimentares constituídos por sedimentos fluviais e colúvio-aluviais do tércio-quaternário (ADAMY & ROMANINI, 1990), apresentando heterogeneidade com intercalações de sedimentos arenosos, argilosos e siltosos, denominados de Formação Jaciparaná, predominantemente argilosos e

correlacionáveis a um ambiente de planície de inundação (CAMPOS, 1998, p.5). Estão geneticamente associados a processos erosivos e deposicionais, relacionados às variações climáticas no período Quaternário (BAHIA, 1997) associados aosprincipais cursos d'água (ADAMY & ROMANINI, 1990).

Bahia (1997) aponta que existe uma correlação da qualidade da água subterrânea está ligada com a geologia local, então:

> Há águas subterrâneas pobres em eletrólitos, representativas de terrenos bastante lixiviados, há também águas subterrâneas mais ricas em eletrólitos. A composição fisico-química dessas águas resulta do contato com as rochas percoladas e das condições climáticas da área, com clima úmido de elevadapluviosidade. (BAHIA, pag. 102, 1997)

Podemos ver que Sampaio, Araújo e Leal (2017) também avaliam a importância de se verificar as causas plausíveis que provocam alteração para assim, distinguir osimpactos causados pela ação do homem e os que são de causas naturais provocadospela geologia regional.

Moura, Boaventura e Pinelli (2010) ressaltam a relevância de compreender determinadas situações em que o nitrato liga os aspectos geoquímicos e geomorfológicos com as características locais para entender como é capaz de o associar a distintas origens de condições antrópicas que interferem nas interpretaçõesda qualidade das águas provenientes das bacias hidrográficas.

Oliveira et al (2015) refere que a qualidade da água está intimamente associada e dependente das condições geológicas e geomorfológicas e da cobertura vegetal da bacia de drenagem, dos ecossistemas terrestres e de água doce e das atividades antrópicas.

3.5. CARACTERIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA

Silva (2016) assinala que a bacia do Igarapé Tancredo Neves possui uma área 2293.61 ha, e em sua grande parte encontra-se ocupada com os bairros que fazem parte de sua delimitação e que não há elevação acima de 110 metros na região.

Em Porto Velho, temos as unidades geomorfológicas de Superfícies de Aplanamento e Planícies Inundáveis e Vales.

Dantas, et al. (2017) destaca que há uma predominância de Latossolos e

Argissolos predominantes, e que há um elevado grau de diversidade geológico-geomorfológico em Rondônia. São solos minerais e bem drenados.

> Para se compreender a relação da cobertura vegetal e das características geomorfológicas que influenciam na qualidade da água tem que conhecer a hidrologia da área, a trajetória do escoamento da água na bacia e a quantificação da erosão dos solos e os depósitos nas áreas de fundos de vale. (SAMPAIO, ARAÚJO E LEAL, 2017, p. 5)

A geomorfologia impacta na qualidade da água em relação aos pontos de coletas estarem em relevos a montante e contaminarem áreas a jusante, isso pode ser evidenciado com o envolvimento da chuva e o escoamento da água no solo. “O escoamento da água da chuva carrega materiais orgânicos e inorgânicos suspensos ou solúveis aos mananciais aumentando significativamente sua carga de poluentes cuja origem é diversificada.” (XAVIER, 2005, p. 31).

Sampaio, Araújo e Leal (2017) relaciona a intensidade da chuva com a capacidade de infiltração da água no solo, evidentemente quando a precipitação ultrapassa essa capacidade do solo em absorver a água, o excesso dela acaba escoando no sentido dos canais.

O escoamento da água, modela o relevo do solo, importante para a superfície do terreno, que segundo Sampaio, Araújo e Leal (2017), tudo isso favorece o processo histórico-geomorfológico, que é uma decorrência dos extensos processos naturais e de processos provocados por interferências antrópicas. Essas interferênciasinfluenciam diretamente a qualidade da água:

> Cada uso da água, incluindo captação e descarga de resíduos, leva a um impacto específico e geralmente previsível, sobre a qualidade dos corpos hídricos. Contudo, além destes usos intencionais, existem várias atividades humanas que têm efeitos indiretos e indesejáveis, se não devastadores, sobre o ambiente aquático. Alguns exemplos são o uso descontrolado do solo, desmatamento, despejos acidentais (ou não autorizados) de produtos químicos, descarga de efluentes sem tratamento ou escorrimento de líquidostóxicos de depósitos de resíduos sólidos (Xavier, 2005, p.15).

4. METODOLOGIA

Neste trabalho, a metodologia aplicada será para avaliar a qualidade das águas de poços da cidade de Porto Velho, da Bacia Igarapé Tancredo Neves que fica dentro do aquífero que compreende a cidade, sendo importantíssimo para o

abastecimento de água de Porto Velho, havendo centenas de poços tubulares em estabelecimentos comerciais e domésticos, assim como para abastecimento público em alguns bairros.

A coleta das amostras das águas dos poços para análise da sua qualidade, foi realizada nos meses de fevereiro a abril, período chuvoso, de 2018 e de julho a outubro em pontos distintos para o período de estiagem conforme consta no Anexo 9.1 os pontosgeorreferenciados.

Trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa com característica descritiva e analítica. Para Furasté (2006), a pesquisa descritiva traz como característica a observação, descrição, analise, classificação e registra os episódios sem algum tipo de dedução. A pesquisa analítica segundo Fontelles et al (2009), engloba uma pesquisa e análise mais detalhada através da estatística, buscando a relação entre a causa e o efeito, que é um ponto relevante a ser analisado e investigado neste trabalho.

O procedimento para coleta de águas tratadas será baseado nos padrões estabelecidos pela American Public Health Association (APHA) (1998) e pela CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2012). A análise espacial dos dados será pelo método dos vizinhos naturais ou *natural neighbor,* utilizando o software livre QGIS 2.6 para espacializar os índices compilados, identificando 3 níveis: alto, médio e baixo; que configuram os níveis de contaminação de cada poço. Esta técnica emprega o uso de polígonos *Thiessen* para avaliar os pesos para os pontos e faz a interpolação através da média ponderada dos pontos vizinhos, onde os pesos são proporcionais às áreas (MAZZINI; SCHETTINI, 2009). É considerado determinístico, pois somente os efeitos locais são predominantes e não são realizadas deduções estatísticas sobre a variabilidade espacial do fenômeno (CAMARGO et al. 2004).

Estudos que buscam avaliar a propriedade bio-físico-química das águas subterrâneas têm sua importância, principalmente para a determinação de potabilidade, visto que a cada dia este sistema tem sido mais explorado para abastecimento humano e para atividades de produção de alimentos. (SOUZA, 2012)

A água não tratada pode ser portadora de doenças causadas por microrganismos. Mas também têm em sua composição elementos químicos, como: zinco, magnésio, cálcio ou elementos radioativos, que, dependendo da concentração,podem ser prejudiciais à saúde.

4.1 CRITÉRIOS DE DELIMITAÇÃO DA PESQUISA: COLETA DE DADOS, LOCAL E AMOSTRAGEM

Para definir a quantidade de amostras e os pontos de coleta nos bairros, utilizou-se a metodologia de Amostragem Estratificada Sistemática não alinhada (GERARDI & SILVA, 1981) que permitiu um sistema aleatório dentro de cada subáreaa ser analisada (EMBRAPA, 2006). Sendo selecionadas 70 amostras para os 12 bairros que compõem a Bacia do Igarapé Tancredo Neves (Mapa – figura 4), divididoem duas etapas, 35 amostras para cada período coletado. A escolha foi do tipo aleatório para cada período, observando-se as características de cada ponto a ser coletado, aferindo-se pontos de contaminação próximas, falta de saneamento, fatores socioeconômicos das residências nos bairros próximos. Por esta razão, existem algumas regiões que tem um maior número de pontos analisados do que outras.

As amostras foram coletadas em duas fases, sendo a primeira no período de fevereiro a março de 2018 e a segunda entre o período de julho a setembro. As amostras de água foram coletadas diretamente por meio de uma torneira conforme procedimentos de coleta descritos no Manual Prático de Análise de Água elaborado pela FUNASA (2013). Também houve a aplicação de um questionário de maneira aleatória simples, e que se o representante estivesse de acordo, ele responderia, mas o questionário seria mantido em anônimo.

No que tange aos materiais utilizados, fez-se uso de garrafas de vidro esterilizadas de 500 mL que foram preenchidas com a amostra coletada, com o auxílio de luvas, álcool 70°, guardanapo, isqueiro, caneta e ficha de campo. Onde asamostras foram identificadas com o número, data, horário da coleta e em seguida armazenadas em caixas isotérmicas resfriadas com gelo. Após o encerramento da coleta, as amostras foram encaminhadas para os laboratórios para a realização das análises de acordo com o método descriminado pelo Manual Prático de Análise de Água da FUNASA (2013).

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

As análises laboratoriais foram realizadas em duas etapas, sendo a primeira feita na “época de cheia” ou período chuvoso da região no Laboratório de

Microbiologia da Central Analítica da Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Porto Velho – RO. E a segunda etapa, em pontos distintos dentro da área de estudo, realizada na “época da seca” ou período de estiagem nos laboratórios de Química Geral e Inorgânica, de Físico- química e no laboratório de microbiologia do Instituto Federal de Rondônia – IFRO, Campus Porto Velho Calama. A qualidade da água foi analisada a partir dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Os 70 pontos de coleta que foram coletados, são especializados na Bacia do Igarapé Tancredo neves, conforme a imagem (Figura 4) a seguir:

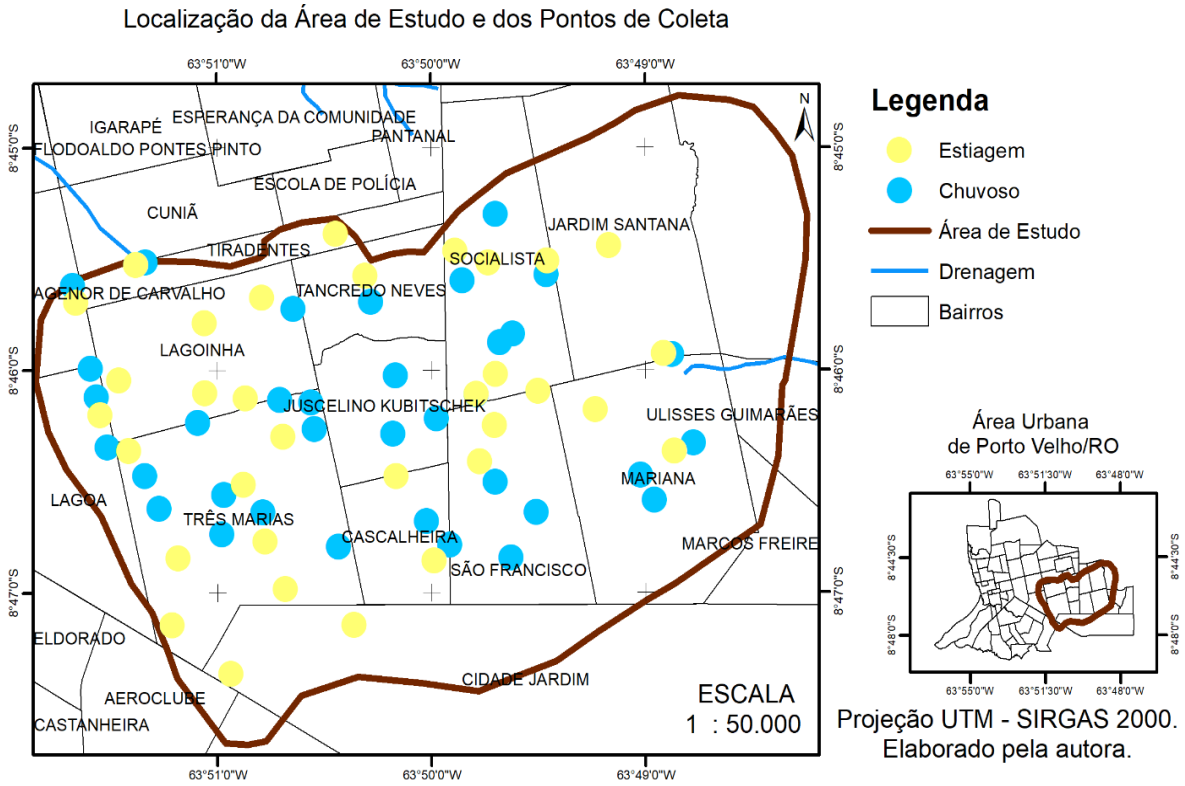


Figura 4 – Localização da Área de Estudo e dos Pontos de coleta de água na Bacia Igarapé Tancredo Neves no período chuvoso e no período de estiagem.
Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

As análises físico-químicas foram feitas com a utilização do Kit técnico de potabilidade comercializado pela empresa ALFAKIT.

Os parâmetros analisados foram selecionados em função dos padrões de potabilidade. Os parâmetros físicos foram: cor e condutividade. Para parâmetro químicos: pH, ferro, cloro, cloreto, alcalinidade, nitrato, nitrito, dureza, amônia e oxigênio dissolvido. Para os parâmetros microbiológicos, foram: coliformes totais, termotolerantes e *E. Coli.* Todos eles seguindo a resolução do CONAMA, n° 357 e do Ministério da Saúde, pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do

Ministérioda Saúde.

Os materiais e vidrarias utilizadas foram: pipetas graduadas, pêras automáticas, béquers de 500 mL, tubo de ensaio com tampa rosqueável, cubetas de quartzo, suporte para tubo de ensaio, água destilada, água deionizada, espectrofotômetro, condutivímetro de bancada, reagentes Alfakit para análise de pH, cor, cloretos, ferro, alcalinidade, amônia, oxigênio consumido, dureza, nitrito e nitrato. Quanto aos reagentes para testes microbiológico, eles foram: Caldo Lauryl Sulfato Triptose, Caldo Verde Brilhante (VB) e Caldo *Escherichia coli* (EC). Abaixo, as figuras 5 e 6 (SANTOS, 2018) mostram o processo de análise realizado nesta pesquisa.

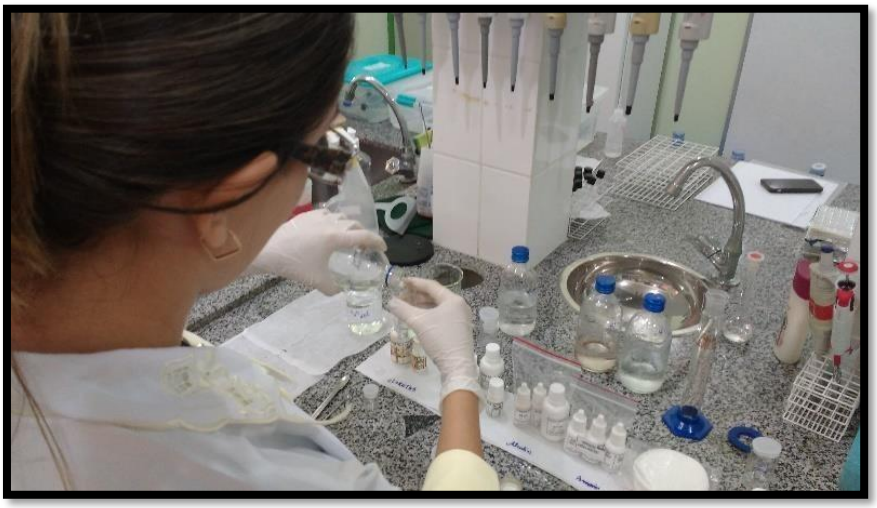


Figura 5 - Análise físico-química. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Figura 6 - Sequência metodológica de análise físico-química. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

4.2.1 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS

Para análise dos parâmetros físicos considerou-se a condutividade elétrica e cor. Sendo o padrão de cor estabelecido pela Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro e de Condutividade Elétrica expressos pela resolução Conama nº 396/2008 conforme consta na Tabela 1 logo abaixo.

Tabela 2 - Métodos de Análise e Limite Legal dos Parâmetros Físicos

VARIÁVEL	UNID	LIMITE LEGAL	MÉTODO DE ANÁLISE	INSTRUMENTODE MEDIDA
COR	mg. L^{-1} Pt/Co	15 mg. L^{-1} Pt/Co	Comparação Visual – ReagentePadrão	ALFAKIT
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	µS/cm^{-1}	100 µS/cm	Condutivímetro	MCA 150

4.2.1.1 Cor

Os parâmetros físicos da água seguiram o padrão de Cor expresso pela Portaria de consolidação nº 5/2017 e de Condutividade Elétrica expressos pela

resolução Conama nº 396/2008

Para análise da cor, foi utilizada 50 mL de amostra e transferida para uma proveta de vidro. Retirou-se o suporte inferior de plástico e a tampa da proveta. A amostra foi posicionada sobre a cartela e feito o teste de comparação da cor, visualizando as cores por cima da proveta.

De acordo com o Manual Prático de Análise de Água elaborado pela Funasa (2013), a cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, denominadas coloides, finamente dispersas, sua origem é principalmente orgânica, os quais podem ser provenientes de decomposição de matéria orgânica de origem vegetal e do metabolismo de microrganismos presentes no solo, bem como de atividades antrópicas provenientes de efluentes domésticos ou industriais, lixiviação de vias urbanas e agricultáveis.

Pioneiramente, tem-se a escala de cor da American Public Health Association (APHA), de Allen Hazen desenvolvida em 1892 para a avaliação do nível de poluiçãoem esgotos. Desta forma, a cor da água é mais um indicativo de sua potabilidade, uma vez que há parâmetros internacionais que caracterização a chamada “corverdadeira”.

4.2.1.2 Condutividade elétrica

Na medição da condutividade elétrica da água subterrânea, o procedimento sedeu com a utilização de um condutivímetro, que fora calibrado, onde os eletrodos desse equipamento eram emergidos na amostra que estava em um Becker e assim feita a leitura do resultado no visor do equipamento.

4.2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUÍMICOS

Os parâmetros para análise química das amostras foram realizados considerando os parâmetros químicos descritos na Tabela 2 que consta a seguir, padrões esses, expressos pela Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Sendo eles: pH, ferro, cloro livre, cloreto, nitrato, nitrito, dureza, amônia, alcalinidade e oxigênio dissolvido.

Tabela 3 - Métodos de Análise e Limite Legal dos Parâmetros Químicos

VARIÁVEL	UNIDADE	LIMITE LEGAL	MÉTODO DE ANÁLISE	INSTRUMENTO DE MEDIDA
pH	-	6,0 a 9,0	Indicador	ALFAKIT
Ferro total	mg/L Fe total	0,3	Ácido tioglicólico	ALFAKIT
Cloro livre	mg/L	5	DPD	ALFAKIT
Cloreto	mg/L Cl	250	Titulação argentimétrica e NTD	ALFAKIT
Nitrato	mg/L NO_3	10	Espectofotômetro e NTD	ALFAKIT
Nitrito	mg/L NO_2	1	Espectofotômetro e NTD	ALFAKIT
Dureza total	mg/L $CaCO_3$	500	Titulação de complexação	ALFAKIT
Amônia	mg/L N-NH_3	1,5	Azul de indofenol	ALFAKIT
Alcalinidade	mg/L $CaCO_3$	125	Titulação de Neutralização	ALFAKIT
Oxigênio dissolvido	mg/L de O_2	2,0 a 5,0	Método de permanganato de potássio (colorimétrico)	ALFAKIT

Os principais aspectos relativos a estes estudos são expostos na sequência decada metodologia dos parâmetros estudados aqui.

4.2.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para o teste de pH, foi utilizado o próprio reagente do Kit técnico de potabilidadecomercializado pela empresa ALFAKIT, por teste colorimétrico. Onde a amostra foi transferida para uma cubeta até atingir a marca de 5 mL. Então adicionado uma gota do Reagente de indicador de pH, em seguida a cubeta foi fechada e agitada. Sendo em seguida aberta e posicionada sobre a cartela para o teste de comparação de cor. A figura 7 (SANTOS, 2018) abaixo ilustra a classificação de acordo com as cores.

Figura 7 - Análise de pH. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

4.2.2.2 Alcalinidade

O procedimento experimental para o teste de alcalinidade deste parâmetro foi de transferir 10 mL da amostra para a cubeta, adicionado 1 gota do Reagente 2 e agitado com movimentos circulares. Gotejar na amostra e agitar a cada gota adicionada, até a mudança da cor azul.

4.2.2.3 Ferro

Para o teste de ferro, foi utilizado o próprio reagente do Kit técnico de potabilidade comercializado pela empresa ALFAKIT, por teste colorimétrico. Onde era transferido a amostra para uma cubeta até atingir a marca de 5 mL. Então adicionadoduas gotas do **Reagente de Tiofer**, a cubeta era fechada e assim deveria ser agitada para uma melhor homogeneidade do reagente com a amostra. Esse processo deveriaaguardar por 10 minutos.

Assim, a cubeta era aberta e posicionada sobre a cartela para o teste de comparação de cor.

4.2.2.4 Cloro

Para o teste de Cloro Livre, foi utilizado o reagente da ALFAKIT, por teste colorimétrico. Onde era transferido a amostra para uma cubeta até atingir a marca de 5 mL, na cubeta era adicionado dez gotas do **Reagente 1**, fechada e agitada. Após isso, era adicionada uma medida rasa do Reagente 2, a cubeta era fechada e agitadaaté se dissolver totalmente.

Assim, a análise desse parâmetro deveria ser feita imediatamente, então a cubeta era aberta e posicionada sobre a cartela para o teste de comparação de cor.

4.2.2.5 Cloreto

Para este parâmetro, deveria transferir da amostra 10 mL para a cubeta, adicionada duas gotas do Reagente 1 e agitada. Então gotejar o Reagente 2 na amostra, agitar em movimentos circulares a cada gota adicionada, contando as gotasaté atingir a cor amarelo tijolo. Onde cada gota corresponde a 10 mg/L de Cl^-.

4.2.2.6 Nitrato

Riquelme e Silva Filho (2015) lembram que tanto o nitrato quanto o nitrito, a dependendo da faixa etária do indivíduo pode gerar problemas de saúde, tais como a metemoglobinemia. Valor máximo permitido para o presente contaminante é de 10 mg/L, de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/2017

Na primeira etapa, foi utilizado o espectrofotômetro na primeira etapa de coleta de água, o procedimento experimental foi com 1 mL de amostra. Assim foi adicionado uma medida rasa do Reagente 1, fechado e agitado até dissolver parcialmente. Então adicionado duas gotas do Reagente 2 e agitado até dissolver completamente. Adicionado lentamente 4 mL do Reagente 2, fechado e homogeinizando o tubo invertendo-o com cuidado. Após isso, foi aguardado 10 minutos. Foi feita uma prova em branco, medindo 1 mL de água desionizada e adicionado os reagentes paralelamente a amostra. Finalizado todo esse processo foi zerado o equipamento com a prova em branco, feito a leitura das amostras correspondentes.

Para a segunda etapa das análises com o método NTD, o procedimento minutos, a cubeta foi posicionada sobre a cartela e assim, feita a comparação de cor.

4.2.2.7 Nitrito

Para o método utilizado com o espectrofotômetro na primeira etapa de coleta de água foi necessário transferir 5 mL da amostra para a cubeta, adicionado uma medida do Reagente 1 com a pazinha, agitado até tudo ter sido dissolvido por 2 minutos. Adicionado uma medida do Reagente 2 com a pazinha, agitado até dissolver. Acrescentado 2 gotas do Reagente 3 e agitado. Aguardado então por 15 minutos, então a cubeta foi posicionada sobre a cartela e assim, feita a comparação de cor. Abaixo, a figura 8 (SANTOS, 2018) demonstrando uma das análises físico-químicas

realizada.

Figura 8 - Análise de nitrito. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

4.2.2.8 Dureza

Para essa análise, transferir 10 mL da amostra para a cubeta. Adicionar 4 gotas do Reagente 1, agitar com movimentos circulares. Adicionar então uma medida rasa do Reagente 2 e agitar. Encher a seringa com o Reagente 3, gotejar o reagente na amostra, agitando a cada gota adicionar até atingir a cor de azul pura.

4.2.2.9 Amônia

Para esse teste, foi realizado o seguinte procedimento de transferir 5 mL da amostra para a cubeta, adicionado 3 gotas do Reagente 1, fechado e agitado. Adicionado mais 3 gotas do Reagente 2, fechado e agitado. E por fim, adicionado 3 gotas do Reagente 3, fechado novamente e agitado. Esse processo aguardou-se 10 minutos. E então a cubeta foi posicionada sobre a cartela e feito a comparação de cor.A seguir, a figura 9 (SANTOS., 2018) ilustra a análise de amônia realizada.

Figura 9 - Análise de amônia. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

4.2.2.10 Oxigênio consumido

A figura 10 (SANTOS, 2018) demonstra como foi feita a análise desse parâmetro.

Figura 10 - Análise de oxigênio consumido. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

4.2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Para a análise desse parâmetro, foi realizado de acordo com o Manual Prático de Análise de Água, produzido pela FUNASA (Brasil, 2013) e a leitura dos resultados foram professados de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). As análises microbiológicas foram realizadas em umasérie de diluição de 10 tubos de diluição única.

Para a pesquisa de Coliformes totais e *E.coli,* foi utilizada a técnica do Número Mais Provável (NMP), onde alíquotas de 10mL de cada diluição foi inoculada dez tubos de ensaio contendo 10 ml de caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) em concentração dupla, com tubo de Duhran invertido (teste presuntivo). Os tubos foram incubados a 35°C por 24-48 horas. A partir dos tubos com leitura positiva (turvação e formação de gás), foram realizados os testes confirmativos para coliformes totais em caldo Verde Brilhante (VB) a 35°C por 24-48 horas e coliformes termotolerantes em caldo *Escherichia coli* (EC) a 45,5°C por 24 horas. Os valores de NMP foram calculados de acordo com Silva *et al*, 2010. A seguir, as figuras 11, 12 e 13 (SANTOS, 2018) mostram a preparação de materiais de uso:

Figura 11 - Metodologia de Preparação dos tubos de Caldo Lauryl Triptose. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

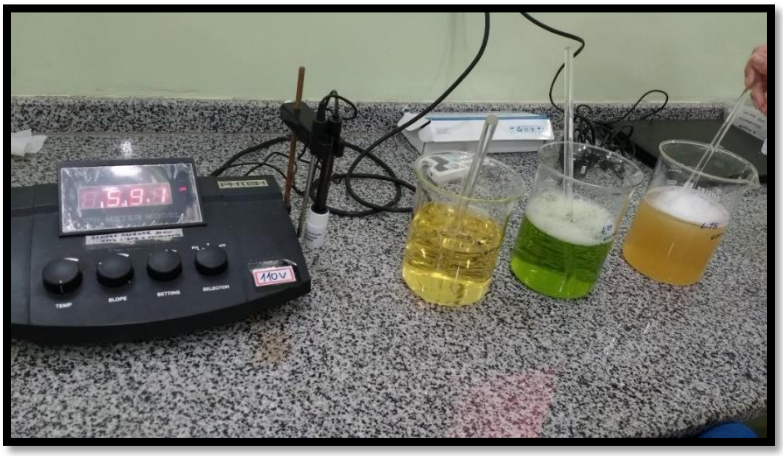


Figura 12 - Aferimento de pH dos caldos para análise microbiológica. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Figura 13 - Preparação dos caldos e vidrarias para esterilização na autoclave. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

O teste de NMP tem limite de confiança de 95% para os resultados positivos, quando 10 porções de 10 mL são examinadas de acordo com o *Standard Methods forthe Examination of Water and Wastewat*er (APHA).

Para confirmar o resultado positivo, seguiu-se um protocolo, onde foi tomado o número de tubos que houvesse a formação de gás no tubo de Durhan. Então tomadoigual número de tubos contendo o meio de cultura verde brilhante bile a 2% fez-se a REPICAGEM com a alça de platina, previamente flambada e fria, retirado de cada tubo positivo uma porção de amostra e inoculado no tubo correspondente contendo o meio verde brilhante. Feita então a identificação dos tubos, foram incubadas na estufa microbiológica durante 24/48hrs a 35±0,5ºC. Onde no final do período de 24/48 horas se houvesse a formação de gás dentro dos tubos de Durhan o teste era considerado positivo. Caso não houvesse a formação de gás, o teste era considerado negativo.

Para o teste de E. coli, sob o processo de REPICAGEM com a alça de platina, previamente flambada e fria, retirado de cada tubo positivo uma porção de amostra e inoculado no tubo correspondente contendo o caldo EC – para teste *Escherichia coli.* Foi tomado a mesma quantidade de tubos para os tubos que deram positivos no caldo Lauryl Triptose (primeira etapa), feita a identificação dos tubos, as amostras foram colocadas em banho-maria 44,5 ± 0,2 ºC durante 24 ± 2 horas. Para resultados positivos, era verificado a formação de gás e de aparência leitosa (fermentada).

Abaixo, a figura 14 (SANTOS, 2018), ilustra amostras no banho-maria para confirmação do teste positivo.

Figura 14 - Tubos com caldo EC no banho-maria para teste da E. coli. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em alguns locais, o ambiente ao redor, despertou curiosidade. Um interesse provocado pelas circunstâncias da região que poderiam causar impactos diretamentena qualidade da água, como é o caso da área leste da cidade, conforme evidencia Silva (2016), nos bairros Mariana, São Francisco, Socialista, Jardim Santana e Marcos Freire, que apresentam menos estrutura, falta de pavimentação na maioria das ruas, problemas com a rede de drenagem e que acabam comprometendo com a qualidade de vida da população que reside nessas localizações em determinadas épocas do ano. Abaixo, a figura 15 (SANTOS, 2018) retrata um ponto de coleta, com poço artesiano, localizado perto de um terreno baldio que continha significativa quantidade de lixo acumulado no seu entorno.

Figura 15 - Amostra coletada ao lado de um terreno baldio e lixo. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Isso merece um destaque plausível pois a água mostrou-se potável. Esse resultado representa um sinal bastante positivo, visto que a vizinhança costuma pegarágua desse local para preencher galões de água. No entanto, poços fundos e que, portanto, tenderiam a não estarem contaminados, inclusive pelas conversas informais dos morados que utilizam esses poços, mostraram-se impróprias para o consumo.

Por sua vez, ao se analisar a quantidade de coliformes, sendo este o principal fator para evidenciar a potabilidade da água, constatou-se que na primeira etapa das coletas, mais da metade das amostras dos poços analisados estão impróprias para oconsumo. Ao mesmo tempo, todos os poços rasos ou amazônicos estãocontaminados. Acredita-se que essa situação diz respeito ao fato de as fossas não respeitarem aos parâmetros exigidos para a não contaminação dos lençóis freáticos (principalmente a distância mínima).

A seguir, por uma série de fotos realizadas na investigação de campo, sobre a situação dos poços da Bacia Igarapé Tancredo Neves, apresenta-se a situação de um poço parcialmente fechado na figura 16 (SANTOS, 2018) e, um poço lacrado

com utilização de dosagem de cloro ativo na figura 17 (SANTOS, 2018).

Figura 16 - Poço parcialmente fechado. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Figura 17 - Poço totalmente fechado e com dosador de cloro. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Na figura 18 (SANTOS, 2018) é possível verificar uma foto de poço tampado com madeira, e junto dele, indícios de contaminação e lixo:

Figura 18 - Poço tampado com madeira, com contaminação visível. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Na região da Bacia, os latossolos predominam na área discriminada. As propriedades existentes como ferro, alumínio etc, além disso outros fatores como os de origem antrópicos tem alterado esses solos, entre eles a contaminação por nitrato, nitrito e microbiológico. Silva (2016) destaca sobre modificações evidentes no ambiente urbano e do grau de antropização que pode ser fundamental para observar e identificar os impactos socioambientais urbanos.

Além do que, esses fatores influenciam nos resultados de pH. Impactos socioambientais, como valas de esgoto, poluição do ar, lixo doméstico, poluição do solo e da água etc podem ter proporcionado condições de alagamento no período chuvoso, algumas vezes, mesmo a chuva sendo forte ou não, bem como a falta de um esgoto adequado na área citada, comprometendo a qualidade de vida das pessoas por precisarem lidar com cheias nos canais próximos às residências e viabilizando algumas possíveis doenças na população local (SILVA, 2016). O grande avanço demográfico é responsável pelas interferências nas características das águas superficiais e subterrâneas que podem levar a contaminação delas (GOMES, 2018).

Silva (2016) relaciona a causa e efeito para o aumento dos problemas socioambientais que são motivados pela concentração populacional, já que a população não é afetada da mesma maneira, como é o caso da população mais

carente, periférica, que enfrenta esses problemas de forma mais intensa.

Os resultados das análises laboratoriais, que constam em anexo no item 9.4 e 9.5, trouxeram que as amostras 2, 35, 36 e 64, apresentaram pH neutro, ou seja 7, valendo destacar que o valor de pH ideal/recomendável seja 7, esse valor é surpreendente quando se considera que o solo da região estudada é ácido e, portanto, geraria como consequência do baixo pH em suas águas. Bahia (1997) apontou que o pH elevado está associado à presença de matéria orgânica (M.O.) por conta de metais alcalinos, ocasionando esse aumento de pH. Já os valores baixos estão relacionados à liberação de ácidos orgânicos, oriundos de decomposição de M.O.

Ainda em relação a ao solo, a característica deste refletiu-se, conforme esperado, na condutividade elétrica das amostras, pois mostraram-se com alta condutividade, ou seja, possuidoras de uma elevada quantidade de sais. Entretanto, não é possível inferir que esta é uma característica de águas contaminadas. Oliveira et al (2015) refere que a qualidade da água está intimamente associada e dependente das condições geológicas e geomorfológicas e da cobertura vegetal da bacia de drenagem, dos ecossistemas terrestres e de água doce e das atividades antrópicas.

Silva (2016) aponta que a apropriação das terras que fazem parte da bacia e consequentemente nos bairros que a preenchem, como os bairros São Francisco, Socialista e Três Marias, de maneira indevida, como a ausência de um sistema de esgoto adequado, a falta de pavimentação e drenagem podem trazer sérios riscos em vários contextos, impactos esses referentes a: contaminação do solo por conta do excesso de lixo em algumas regiões, contaminação da água, fossas abertas, ocupações de APP, casas em situação de risco de deslizamento e animais associados ao lixo. Tais problemas segundo a autora acima, foram evidenciados em ruas que apresentavam lama e esgoto a céu aberto, justamente pela falta de drenagem urbana, que impedia o escoamento da água da chuva, mas que tal fato, essa precariedade, também ocorria mesmo em ruas que apresentavam asfalto.

A influência geomorfológica na água subterrânea se dá por conta das suas características de relevos à montante na Bacia, influencia diretamente nos parâmetrosfísico-químicos, na contaminação nas áreas à jusante.

Apesar de o parâmetro de turbidez não ter sido avaliado, Maria Bahia (1997) relata que resultados alterados se dão por conta má construção dos poços. A

turbidez depende do tipo de solo que a água percorre, as partículas sólidas insolúveis que ficam no trajeto, matéria orgânica e organismos microscópicos. (Lima, 2007)

A utilização do Kit técnico de potabilidade comercializado pela empresa ALFAKIT foi satisfatório, tendo vantagens e desvantagens da utilização desse método, assim como expõe Xavier *et al* (2017), em que a vantagem se dá por conta de ser um método alternativo e de baixo custo, com simples uso por pessoas que não possuem conhecimentos específicos em técnicas de análises laboratoriais; interface simples e de fácil preparação e execução, além do tempo para alcance dos resultados. Já a desvantagem se dá pelo fator de se obter resultados com baixa precisão, pois os valores são dados em intervalos e não em resultados absolutos.

5.1 Análise dos resultados dos parâmetros físicos

Os parâmetros físicos da água seguiram o padrão de Cor e condutividade expresso pela Portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde, sendo que através dos resultados obtidos foi possível verificar e compará-los aos valores aceitos pelo limite legal, que são importantes para reconsiderar a discriminação pela tabela 2.

5.1.1 Cor

Os valores obtidos para cor não demonstraram variação significativa, resultando o valor de 3 $mg.L^{-1}$ Pt/Co para 100% das amostras analisadas, situando os valores desta análise 12 níveis abaixo do limite máximo permitido, estando, assim, todas as amostras em conformidade ao expresso pela portaria supracitada.

A composição química da água subterrânea depende, dentre outros fatores, da infiltração da água do solo e das reações biogeoquímicas. Sendo os silicatos, carbonatos, sulfatos e cloretos os principais minerais que formam as rochas, os íons predominantes naturalmente encontrados nas águas são: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, SO_4^{2-}, Cl^{-} e HCO_3^{-}. Dessa forma, o conhecimento destes processos é de primordial importância à interpretação dos processos físico-químico-bioquímicos (MESTRINHO, 2005), que resultam em fatores determinantes para a utilização destas águas.

Partindo desse ponto de vista, dois parâmetros físicos que se encontram intimamente atrelados por consistirem em ser parâmetros físicos visíveis são diretamente afetados, sendo estes: cor e turbidez.

A turbidez depende do tipo de solo em que a água percorre, as partículas sólidas insolúveis que ficam no trajeto, matéria orgânica e organismos microscópicos. (LIMA, 2007, p. 202) Apesar de o parâmetro de turbidez não ter sido avaliado, Maria Bahia (1997) relata que resultados alterados se dão, de modo geral, por conta da má construção dos poços.

Oliveira et al. (2015) também entendeu em sua pesquisa na cidade de Vilhena, que apenas uma amostra ficou fora dos padrões estabelecidos e preconizados pela Portaria do MS 2.914/2011 e tal fato se devia possivelmente às más condições dos poços amazônicos:

> Isso pode ser explicado provavelmente pelas más condições de proteção nos poços amazonas, haja vista que estes estavam sem impermeabilização à sua volta, tampa de madeira danificada, perfuração no centro para instalação da bomba submersa, além de espaços entre a tampa e a alvenaria acima do solo, de forma que pode carrear para o interior do poço materiais orgânicos e sedimentos. (OLIVEIRA, p. 217, 2015)

Um valor alterado na turbidez não concebe risco à saúde humana, porém pode tornar mais difícil o tratamento de desinfecção dos microrganismos segundo Oliveira et al. (2015).

5.1.2 Condutividade elétrica

É a medida da concentração total de sais presentes e dissolvidos na água pois "(...) é uma medida da capacidade de conduzir a corrente elétrica devido aos cátions e aos ânions presentes na água, devido a dissociação de outras substâncias." (DOS SANTOS, DOS SANTOS E DA SILVA, 2018, p. 1863)

Embora esse parâmetro não traga as reais medidas dos íons presentes, ela se faz útil para sinalizar a salinidade dessa água que, por sua vez, é um indicativo do grau de contaminação da água.

No período de estiagem, 4 amostras tiveram valores acima de 100,0 $\mu S/cm^{-1}$, sendo elas a 37, a 41, 57 e 58. Indicando alguma correlação com impacto ambiental provocado por contaminação de matéria orgânica, íons e outros agentes. Valores acima de 100,0 µS/cm-1 sofrem algum tipo de impacto ambiental e presença de matéria orgânica, íons e outros agentes externos (CETESB, 2018). Por conseguinte,

é julgado não apropriado para consumo humano as águas que apresentarem elevada condutividade (SANTOS, 2016).

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA ELIMITES LEGAIS

As análises dos parâmetros químicos tais como o potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade, teor de ferro, cloro, cloreto, nitrato, nitrito, dureza total, amônia e oxigênio consumido, utilizados como indicadores de poluição de corpos hídricos, tomaram como padrão os parâmetros químicos expressos pela portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde da tabela 3.

5.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um importante parâmetro para avaliação da qualidade da água para consumo humano. Seu limite legal determina que no sistema de abastecimento o pH da água deve estar entre a faixa de 6,0 a 9,0, pois interfere diretamente na concentração de vários íons no meio aquoso (BRASIL, 2019).

Além do mais, o pH interfere diretamente nas condições para crescimento microbiano, podendo favorecer o crescimento deste e consequentemente a queda da qualidade da água. (RIQUELME & SILVA FILHO, p. 55, 2015) Nas águas potáveis, os valores alterados de pH não são considerados um perigo diretamente para a saúde (OLIVEIRA, 2017).

Das 70 amostras analisadas, 43 amostras se encontraram fora do limite legal permitido, pois, apresentaram resultados que caracterizam um pH ácido, abaixo do valor recomendado conforme o gráfico 1 abaixo, que evidenciam os dois períodos estudados, mesmo sendo pontos distintos nos períodos citados. Oliveira (2017) relata que em Rolim de Moura, os resultados da análise de pH nos poços, demonstraram que 93,3% das amostras apresentaram acidez, abaixo do recomendado. Para Percebon (2008) a faixa de pH entre 5,2 e 6,8 é ideal para o desenvolvimento da Escherichia coli, bactéria pertencente ao grupo dos coliformes fecais.

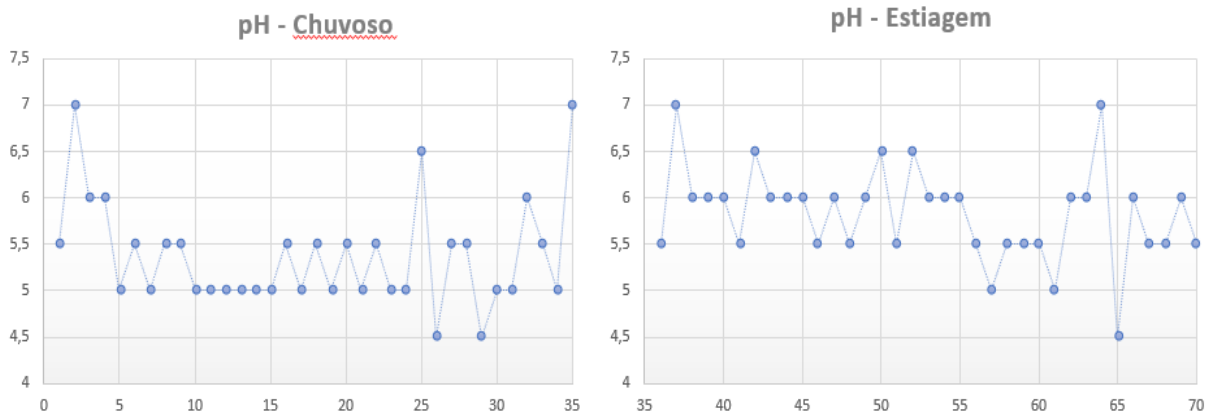


Gráfico 1 - Resultado de pH. Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No que se refere à classificação de suas águas subterrâneas, possuem baixo pH, são consideradas ácidas e são, geralmente, encontradas na faixa inferior a 5. De acordo com Freitas et al (2012), essas águas também possuem baixo teor de sais e em algumas regiões podem apresentar teores de ferro superiores a 0,3 mg/L, que é o aceitável para as normas do Ministério da Saúde da Portaria de Consolidação n° 5/2017.

Dos valores obtidos, resulta um percentual de 57,14 % de amostras abaixo de 6,0. Sendo os valores de pH mais baixos observados (4,5), pertencentes às amostras 26, 29 e 65, pertencentes aos bairros São Francisco e Lagoa e os mais altos (7,0) pertencentes às amostras 2, 35, 37 e 64, pertencentes aos bairros Lagoinha, Tiradentes e Mariana. Sendo possível constatar que em nenhuma das amostras analisadas observou-se a ocorrência de águas com um caráter básico.

Ao todo, no período chuvoso as amostras se apresentaram mais ácidas e no período de estiagem, as amostras obtiveram resultados com valores de pH mais elevados, quando comparado um período com o outro.

Oliveira et al. (2015), em sua pesquisa no interior de Rondônia, na cidade de Vilhena, obteve resultados de pH consideravelmente diferentes quando comparados com os dois períodos analisado, no período chuvoso, a água apresentou caráter ácido mais predominante, ficando entre 4,14 e 4,94. Já no período de estiagem, os resultados foram melhores, visto que o recomendado pelo Ministério da Saúde é que se consuma uma água com pH entre 6 a 9. Então, a mínima para este período seco ficou com 4,72 e a máxima de 6,30. Esses resultados podem estar correlacionados com o fato de que o Estado de Rondônia apresenta solo com característica ácida.

Oliveira et al. (2015) relaciona os valores baixos de pH devido ao clima e ao perfil dos solos da região. Já que o clima tropical com abundantes precipitações

alcança sem muitos impedimentos o lençol freático e o solo pelo processo da lixiviação, onde tem por característica, elementos químicos predominantes da região amazônica.

Zuffo (2010) analisou que na cidade de Porto Velho os índices de pH ficaram abaixo do recomendado para o consumo humano. Rodrigues et al. (2014) apontou que os valores de pH na cidade de Porto Velho foram registrados como “levemente ácidas” na maioria das zonas analisadas, sendo a mínima de 3,88 e a máxima de 6,8.

O mapa abaixo, figura 19 (SANTOS, 2021), traz os resultados de pH nos períodos chuvoso e de estiagem. São demonstrados os resultados de cada período, com a variação de cada temporada e de cada ponto.

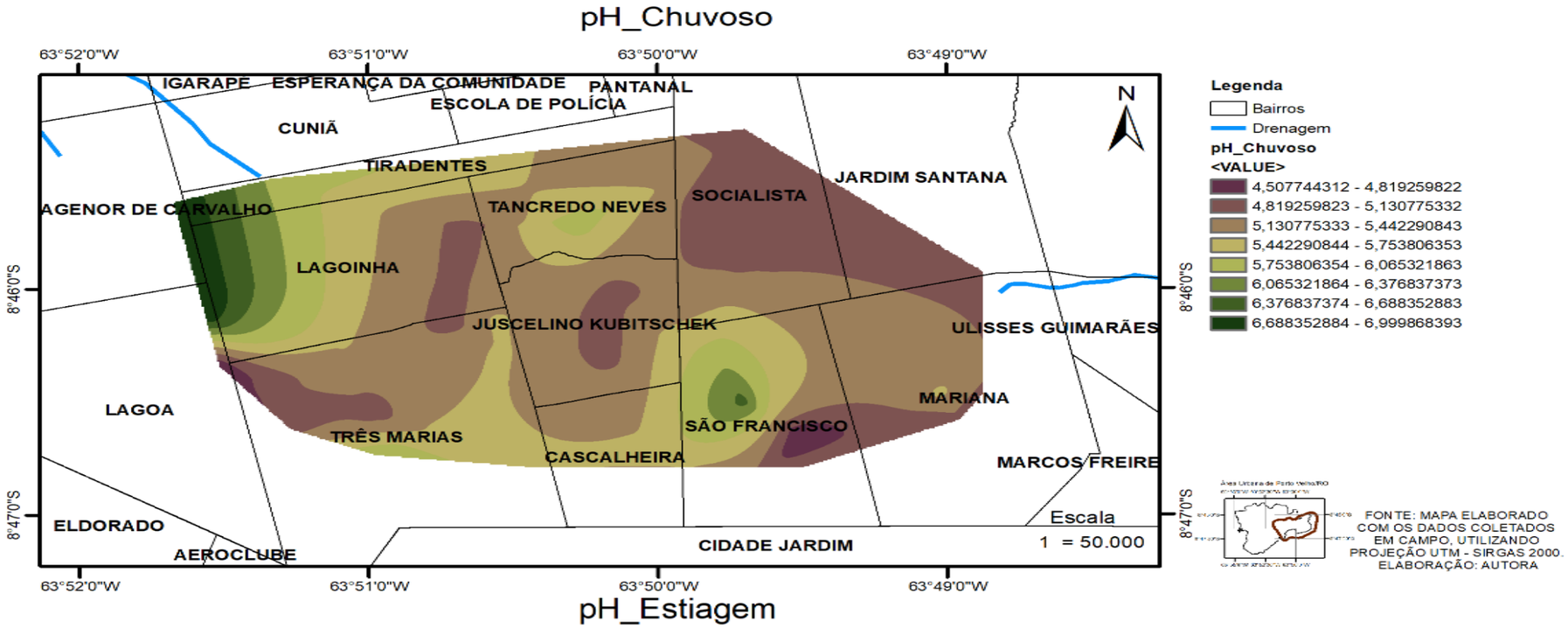


Figura 19 - Mapa da Interpolação dos Resultados das Análises de pH. Fonte: Elaborada pela autora (SANTOS, 2021)

Analisando os mapas, é possível verificar que a grande incidência de chuvas influencia diretamente no pH das águas analisadas, tornando-as mais ácidas no período chuvoso, pois o pH da água das chuvas é ligeiramente ácido, isso justifica a associação de causa nesse período. Outro requisito que justifica esse fato se dá por conta do pH dos solos da região da Bacia, que tem por característica a acidez. Já no período de estiagem, as águas obtiveram um pH dentro do recomendado pela portaria, ou seja, no limite legal que corresponde acima de 6.

5.2.2 Alcalinidade

A alcalinidade indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Portanto, a medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo assim para expressar a capacidade de tamponamento da água, ou seja, sua condição de resistir a mudanças do pH. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos ($CO3^{-2}$) ou hidróxidos (OH^-) (RAMILIO, TEIXEIRA e MARTENDAL, 2015, p.1)

Os valores máximos permitidos para alcalinidade dividem-se em três classificações: a) Alcalinidade de hidróxidos 0,0 mg/L; b) Alcalinidade de carbonatos até 125 mg/L; c) Alcalinidade de bicarbonatos até 250 (FIESP, 2005).

Para o presente estudo, consideraremos o VMP para Alcalinidade de Carbonatos. Dos resultados obtidos, as amostras 3 e 35 foram as que apresentaram a maior concentração de carbonatos observada, sendo estas 60 mg/L e 52 mg/L respectivamente, nos bairros Juscelino Kubistchek e Lagoinha. De outro modo, as amostras 11, 14 e 29 dos bairros Socialista e Lagoa, apresentaram concentrações igual 0 mg/L de $CaCO_3$.

Dessa maneira, todas as amostras mantiveram valores abaixo do valor máximo permitido de 125 mg/L, considerado pela portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde resultando em um percentual de 100% de conformidade para este parâmetro.

5.2.3 Ferro

Dentre os principais poluentes encontrados em águas estão os metais pesados na forma de íons dissolvidos em água, assim como o ferro, que quando consumido

em pequenas quantidades não é caracterizado como uma substância essencialmente tóxica, mas pode alterar propriedades da água tais como cor e sabor. O consumo excessivo deste elemento também acarreta problemas à saúde por acumular-se nos tecidos durante o envelhecimento, causando distúrbios neurológicos, tal como o Mal de Alzheimer (SIQUEIRA, GONÇALVES, 2006).

Os valores obtidos para este estudo, referentes à quantidade de ferro presente por litro de água, demonstraram inconformidade em apenas duas amostras, sendo estas: amostra 37 com 0,5 mg/L e amostra 39 com 1,5 mg/L. Ambas com quantidades de ferro acima do valor máximo regulamentado que é 0,3 mg/L de Fe.

Para os demais resultados deste parâmetro, o valor de 0,25 mg/L se repetiu para 97,14% das amostras, ou seja, para 68 das 70 amostras analisadas, situando os valores destas análises abaixo do limite máximo permitido, estando estas, assim, em conformidade ao expresso pela portaria de referência.

5.2.4 Cloro

O uso de cloro no tratamento da água pode ter por objetivo a desinfecção ou a alteração das características da água por meio da oxidação dos compostos nela existentes, ou mesmo as duas ações ao mesmo tempo. A desinfecção é o principal objetivo e comumente o mais comum da cloração, o que leva muitas vezes, o uso das palavras “desinfecção” e “cloração” como sinônimos (BAZZOLI, 1993). O cloro é um produto químico altamente tóxico e venenoso ao ser humano, utilizado para a eliminação de bactérias, vírus e germes (NETO E PINTO, 2019, p.1).

Em geral, a reatividade do cloro diminui com o aumento do pH, e sua velocidade de reação aumenta com a elevação da temperatura [...] O uso de cloro na desinfecção da água foi iniciado com a aplicação do hipoclorito de sódio (NaOCl), obtido pela decomposição eletrolítica do sal. (MEYER, 1994, p. 101).

Os valores obtidos para quantidade de Cloro Livre não demonstraram variação significativa, resultando valores menores que 0,1 mg/L Cl para 100% das amostras analisadas, situando os valores bem abaixo do limite máximo permitido, isso pode ser justificado pelo fato das águas subterrâneas, na sua maioria não serem cloradas. Uma vez que se faz expressamente necessária a existência de uma certa quantidade residual de cloro livre para garantir a potabilidade e a ausência de patógenos nestas águas.

A portaria de Consolidação n°5 (BRASIL, 2017), em seu artigo 34, estabelece referências para o cloro livre mínimo de 0,2 mg/L para que não haja riscos de contaminação durante o consumo de água.

5.2.5 Cloreto

Dos resultados obtidos, as amostras 4 e 10 apresentaram um valor de 65 mg/L Cl^- para as duas, essas amostras estão localizadas nos bairros Tancredo Neves e Socialista. Foram as que apresentaram a maior concentração de cloreto observada. As amostras 39 e 40 dos bairros Nova Porto Velho e Tancredo Neves, indicaram as menores concentrações, sendo estas 1 mg/L Cl^- para ambas.

Ainda assim, todas as amostras mantiveram valores abaixo do valor máximo permitido considerado pela portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde, que versa sobre os padrões de potabilidade, resultando em um percentual de100% de conformidade para este parâmetro.

De acordo com a Portaria n° 5/2017 do Ministério da Saúde, o teor máximo de cloreto aceitável em águas consideradas potáveis é de 250 mg/L de Cℓ-. Níveis acima disso podem prejudicar a saúde de quem faz uso dessa água.

5.2.6 Nitrato

Segundo a portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde o valor máximo permitido de nitrato é de 10 mg/L. Em 18.57% das amostras analisadas foramencontrados resultados insatisfatórios sendo elas: 40, 41, 42, 43, 44, 48, 51, 57, 58,

61, 62, 63 e 69, dos bairros São Francisco, Jardim Santana, Socialista, Mariana, Tancredo Neves e Lagoinha. Os resultados para o nitrato apresentaram valor de 11,07 mg/L NO_3 em todas as amostras supracitadas, no gráfico 2 abaixo apresentam os resultados mencionados.

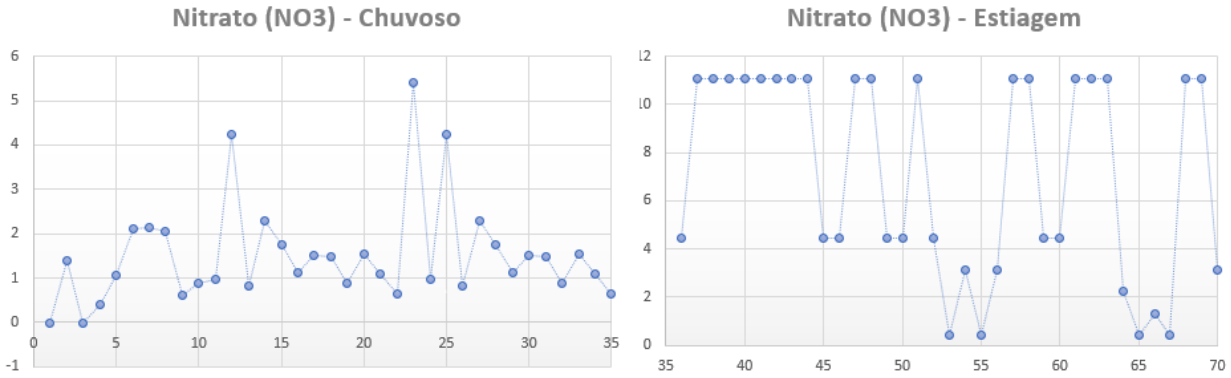


Gráfico 2 - Resultados de nitrato. Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

O mapa abaixo, na figura 21 (SANTOS, 2021) refletem os resultados especializados na Bacia Igarapé Tancredo Neves nos dois períodos das análises de Nitrato.

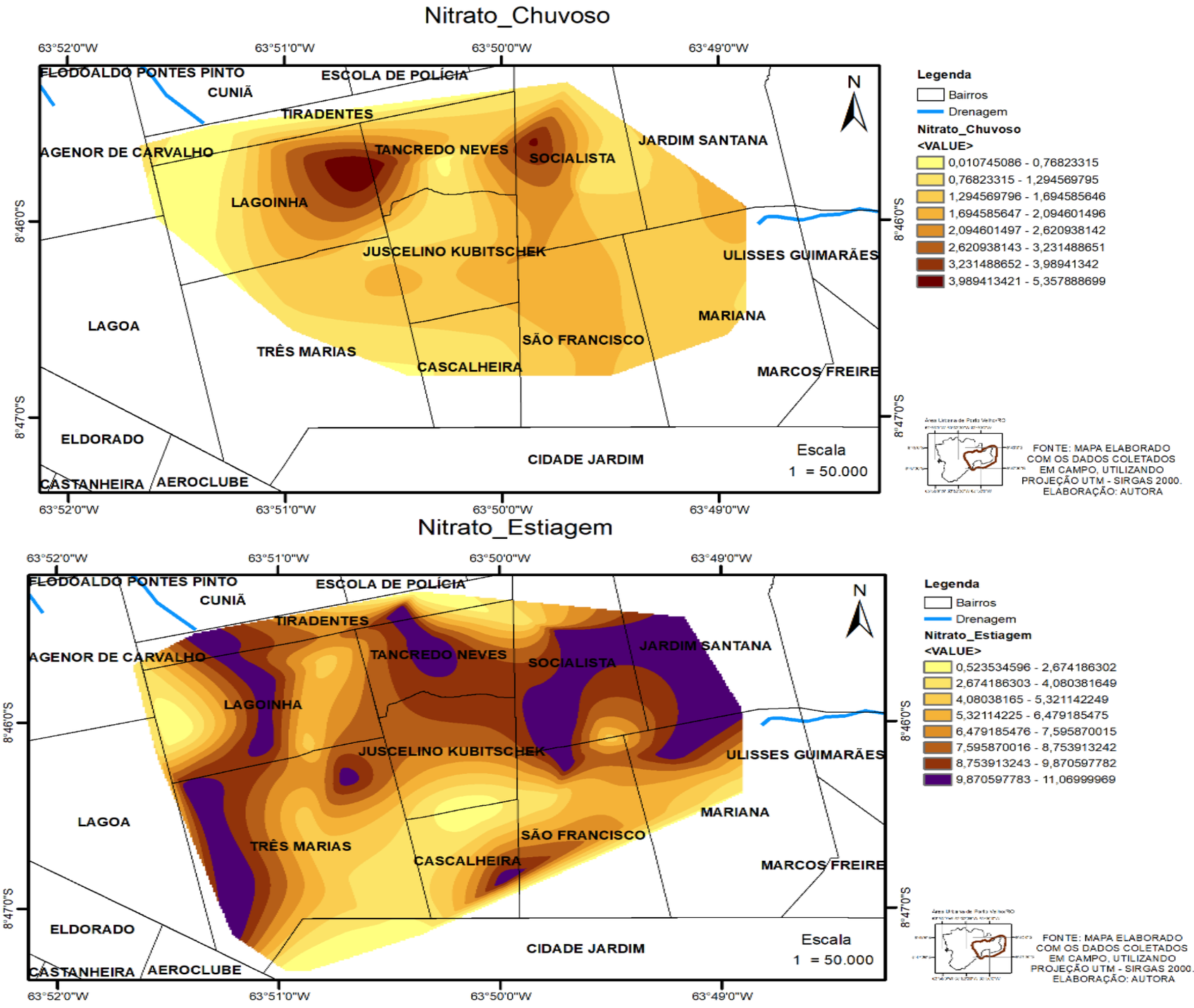


Figura 20 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Nitrato. Fonte: Elaborada pela autora (SANTOS, 2021)

De acordo com os mapas acima, podemos considerar que no período de estiagem, apresentaram resultados acima de 10 mg/L, acima do recomendado pela legislação, esse resultado é indicação de contaminação provocada por fossas. Esse resultado pode ser justificado já que as concentrações ficam mais concentradas, pois o período chuvoso pode provocar diluição das concentrações, neste caso do nitrato.

Zuffo (2010) relata que na região da zona sul da cidade de Porto Velho foi constatado contaminação por nitrato acima de 10 mg/L e nos bairros São João Bosco e Liberdade, 70% das amostras de nitrato exibiram valores acima de 3 mg/L. Podendo ela afirmar que na cidade de Porto Velho, de um modo geral apresenta contaminação de nitrato e microbiológica em alguma escala, pois há contaminação de fossas e outros.

Na zona rural, concentrações altas de nitrato, geralmente, são oriundas de poços que tiveram perfuração inadequada, quando, por exemplo, utiliza-se fertilizantes na região próxima onde o poço foi perfurado ou, ainda, quando há nessa área contaminação por dejetos animais e/ou humanos (SANTOS, 2016).

Teixeira et al (2009) sinaliza que o nitrato é um dos contaminantes mais frequentes devido a vários fatores, como o uso inadequado de fertilizantes agrícolas, criação de animais, saneamento *in situ* (fossas e latrinas), vazamentos da rede de esgoto, etc. O esgoto é uma fonte importante de poluição das águas subterrâneas, pois diariamente cerca de 10 bilhões de litros são lançados nos rios, lagos, áreas de mananciais, etc (AIRES *et al*., 1999). Todos esses fatores podem comprometer a saúde dos que fazem uso dessa água e a qualidade das águas subterrâneas também. “O nitrato geralmente comumente está presente em pequenas concentrações em águas superficiais, no entanto, podem atingir elevadas concentrações em algumas águas subterrâneas (até 5 mg/L^{-1})” (DOS SANTOS, N., DOS SANTOS, R. E DA SILVA, 2018, p. 1867)

Xavier (2015) também relata que as contaminações por nitrato onde ultrapassam o limite legal de 10 mg/L de No_3 permitido pela legislação são raras para águas superficiais, mas resultados alterados podem ser encontrados em águas subterrâneas, habitualmente em regiões agrícolas devido a rotineira utilização de insumos agrícolas.

O nitrato e nitrito são oriundos do ciclo natural do nitrogênio, se

caracterizam pela sua alta relevância nos testes físico-químicos. Sendo eles, um dos mais importantes para a determinação da qualidade da água.

Desta forma, podemos inferir dos resultados obtidos 57 amostras em conformidade com o VMP estabelecido pelo documento regulador, o que corresponde a um percentual 81,43%. Em Rolim de Moura, Riquelme (2015) obteve 21,3% dos poços analisados no período chuvoso com resultados acima do recomendado e preconizado pela portaria. E no período de estiagem, 40% de contaminação por nitrato. Oliveira (2017) verificou que cinco dos poços apresentaram valores acima de 10mg/L, ou seja, acima do permitido.

Na cidade de Vilhena, Oliveira et al. (2015) traz que o nitrato foi encontrado com um alto valor de concentração na maior parte dos poços no período chuvoso, sendo esses poços tubulares, indicando contaminação por esgotos ou atividades agrícolas que são ricas em nitrogênio. Em contrapartida no período de estiagem apenas dois obtiveram resultados fora do padrão exigido, sendo um poço tubular da região central da cidade e um poço amazônico da zona rural. A ocorrência é que esse último resultado alterado na zona rural com um poço amazonas pode ter relação coma sua construção irregular e uma fossa negra perto.

Fato é que obter resultados com concentrações elevadas de nitrato, segundo Oliveira et al. (2015) pode estar associado a presença de matéria orgânica oriunda devárias fontes.

O íon nitrato (NO_3-) pode acarretar em grandes malefícios para a saúde humana. Assim, (CETESB, 2013; SILVA e BROTTO, 2014) em gestantes, o nitrato tem potencial para causar a síndrome do bebê azul (metahe-moglobinemia) e em pessoas adultas ele pode provocar câncer de estômago ou aumentar a ocorrência decâncer de mama em mulheres (BAIRD e CANN, 2011).

5.2.7 Nitrito

De acordo com os resultados obtidos as amostras apresentaram concentraçõesabaixo do valor máximo permitido entre 0,0328 a 0,61336mg/L NO_2 conforme o gráfico 3 abaixo demonstra. Desta forma, as amostras analisadas em estão conformidade com portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde, já que ela determina que o ideal é de concentraçõesabaixo de 1mg/L.

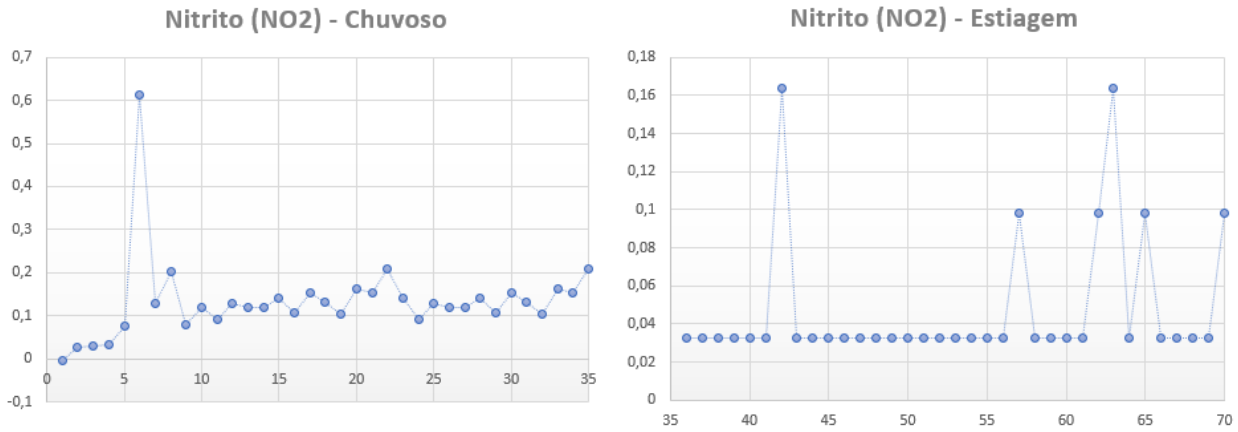
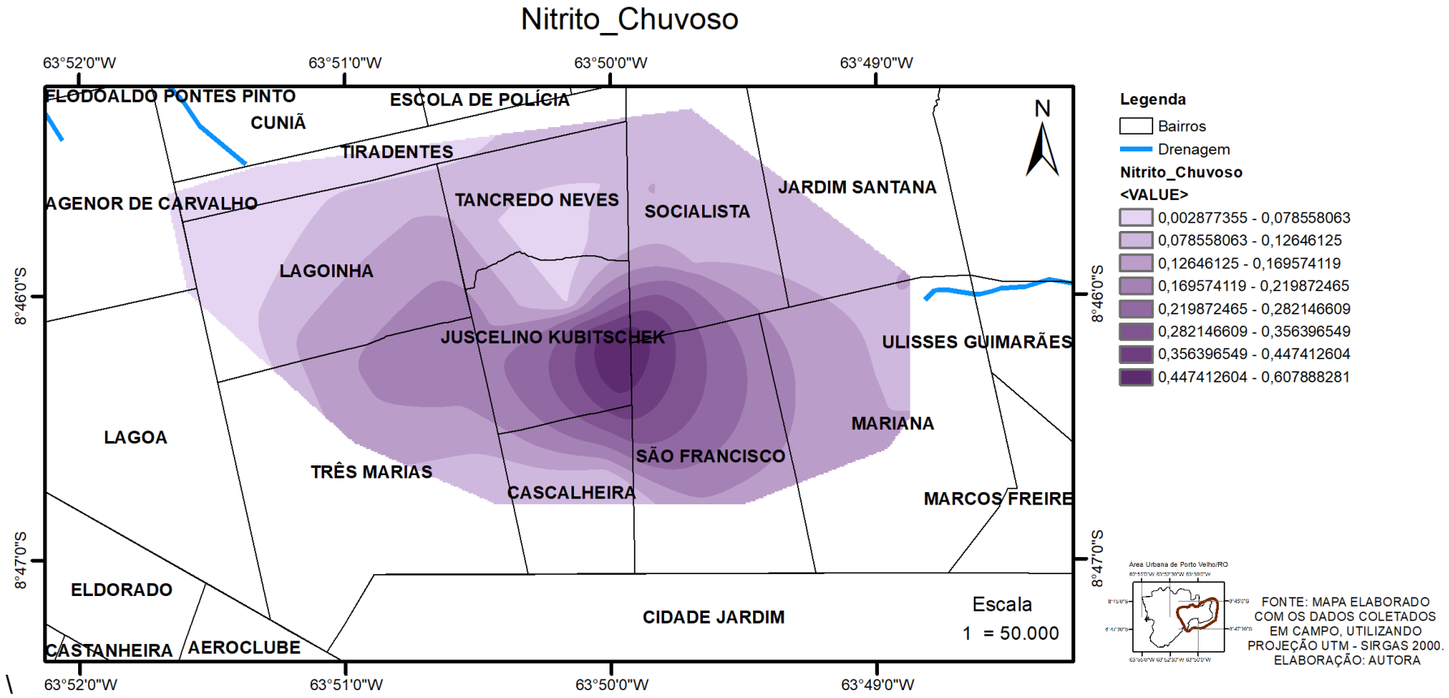


Gráfico 3 - Resultado de nitrito. Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

O nitrito assim como o nitrato é um dos compostos nitrogenados que podem ser encontrados em águas subterrâneas, porém o nitrito tem sua ação mais rápida no organismo e pode provocar metemoglobinemia no indivíduo consumidor independentemente da idade, além deste problema existe a preocupação quanto a ingesta continua destes compostos nitrogenados, que no organismo encontram condições favoráveis para a formação de nitrosaminas e nitrosamidas, sendo estas portadoras de potencial carcinogênico. (RIQUELME & SILVA FILHO, p. 63, 2015). Conforme expõe Souza (2012), o nitrato pode ser bioquimicamente reduzido a nitrito (NO_2) por um processo denominado desnitrificação. Tal processo ocorre geralmente sob condições anaeróbias. No entanto, em condições aeróbias o nitrito é facilmente oxidado para nitrato. Desta forma, podemos dizer que os resultados demonstraram que na maioria dos poços analisados, as taxas de decomposição de matéria orgânica não foram significativas a ponto de ocasionar um impacto negativo nas águas analisadas, tais dados indicam que pelo fato do nitrito ser um composto transitório, em condições adequadas, se converte em nitrato muito facilmente.

O mapa abaixo, na figura 22 (SANTOS, 2021) refletem os resultados especializados na Bacia Igarapé Tancredo Neves no período chuvoso para a análisede Nitrito.



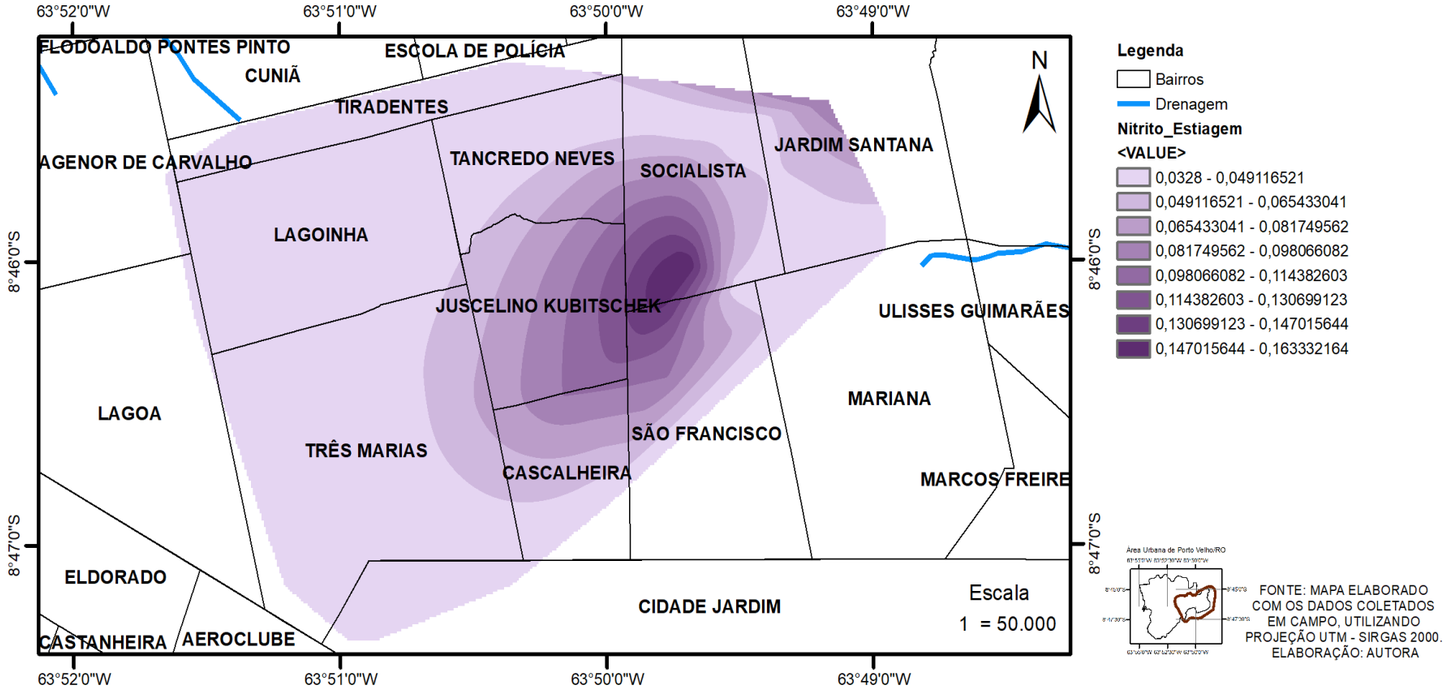


Figura 21 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Nitrito. Fonte: Elaborada pela autora (SANTOS, 2021)

Na análise dos mapas de nitrito, podemos constatar que não houve contaminação acima de 1 mg/L, tanto para o período chuvoso quanto para o período de estiagem.

5.2.8 Dureza

Tal parâmetro, indica quantidade excessiva de sais na água. Águas que têm esse parâmetro elevado tem a presença de sais de magnésio ou sais de cálcio, são conhecidas como “água dura”. Então se o valor for acima do previsto, é provável que esta água não tenha um gosto agradável (ROCHA *et al.,* 2006). Além do fato das águas superficiais serem mais moles do que as águas subterrâneas (OLIVEIRA, 2017).

O valor máximo estabelecido pela portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde é de 500 mg/L de $CaCO_3$. Dos resultados obtidos para dureza, as amostras 10 e 35 dos bairros Socialista e Lagoinha, foram as que apresentaram a maior concentração de sal de cálcio observada, sendo estas 40 mg/L e 78 mg/L respectivamente. Por outro lado, as amostras de 2 a 5, de 7 a 9, 13, 16, 17, 19 a 22, 24, 26, 27, 30, 31 e 34, dos bairros Lagoinha, Juscelino Kubitschek, Três Marias, Socialista, Vila Mariana, JK II e São Francisco, apresentaram concentrações igual a 0 mg/L. No gráfico 4 logo abaixo, os resultados são demonstrados e na figura 22 (SANTOS, 2021) os resultados são espacializados ao longo da Bacia.

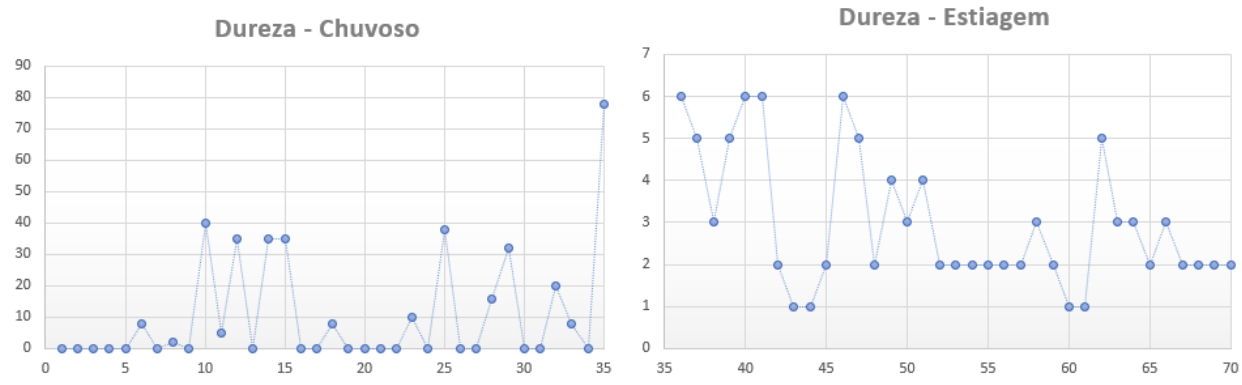
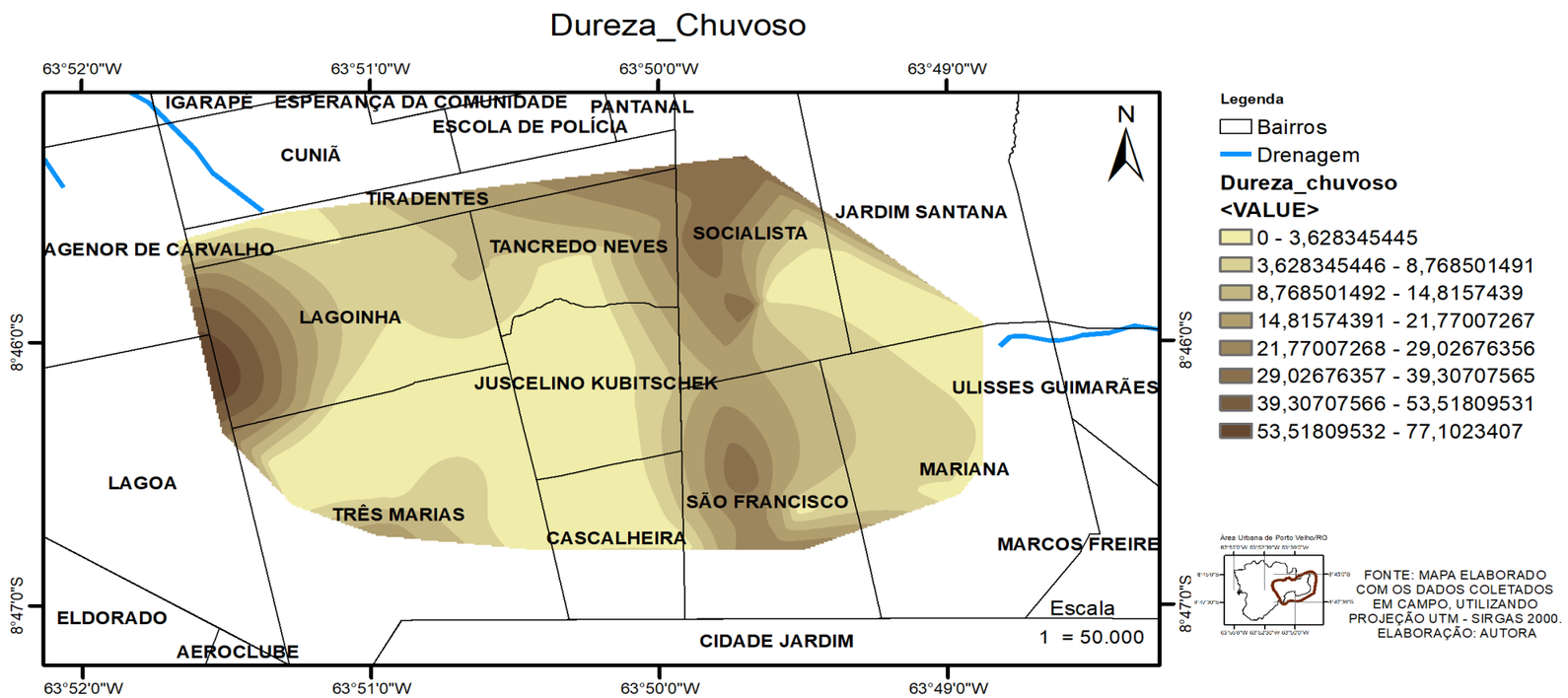


Gráfico 4 - Resultados de dureza. Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).



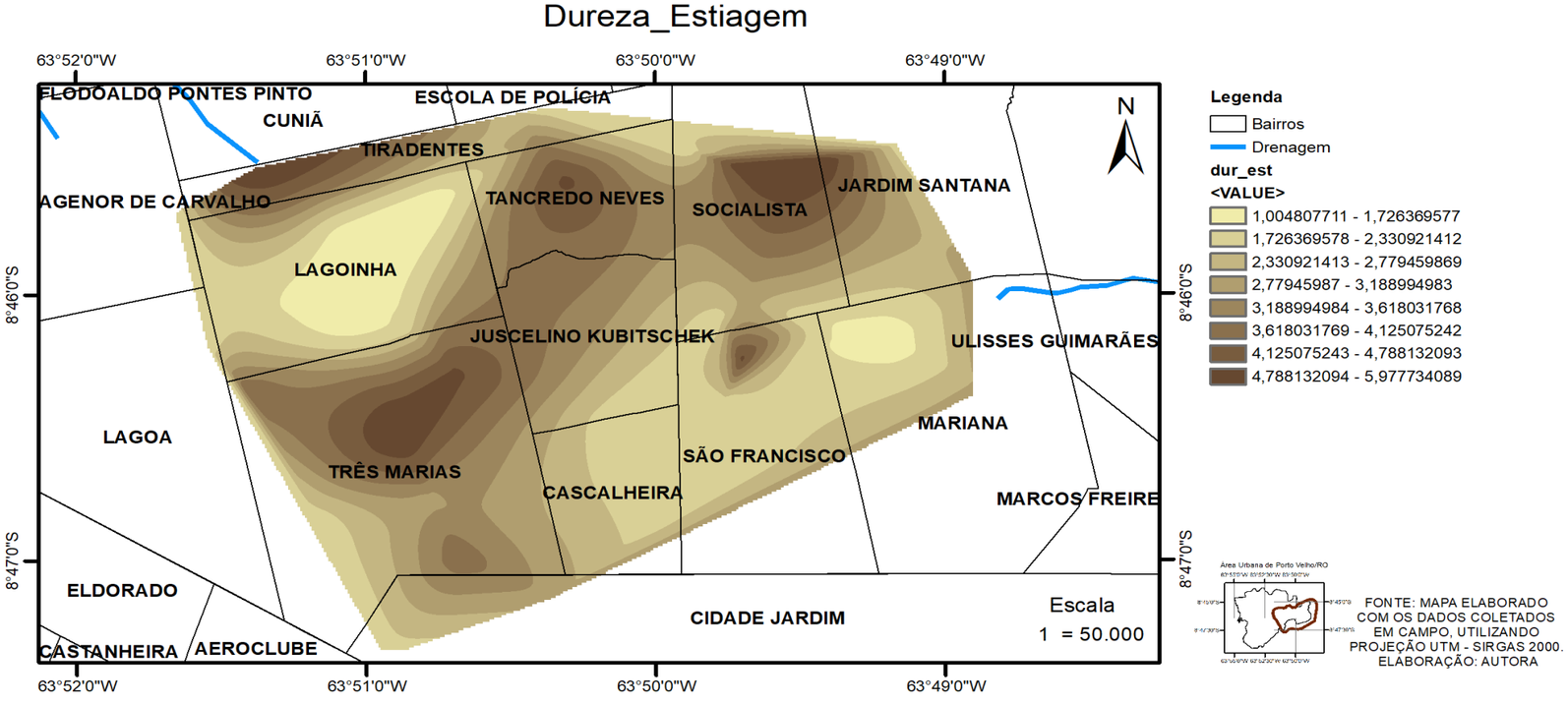


Figura 22 - Mapa da Interpolação dos Resultados das Análises de Dureza. Fonte: Elaborada pela autora (SANTOS, 2021)

Assim, todas as amostras mantiveram valores abaixo do valor máximo permitido considerado pela portaria de referência, resultando em um percentual de 100% de conformidade para este parâmetro, uma vez que a dureza figura um parâmetro caracterizado por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde. O sabor da água dura pode ser desagradável, já que apresenta uma alta quantidade de sais, como cálcio e magnésio, além do fato da geologia influenciar esse parâmetro (OLIVEIRA, 2017).

Riquelme (2015) e Oliveira (2017) também não apresentaram valores acima do recomendado para este parâmetro analisado, seus resultados, mesmo com períodos alternados de coleta, os resultados apresentaram dentro dos conformes.

5.2.9 Amônia

Os resultados da análise de amônia demonstraram em 12 amostras valores muito acima do permitido (1,5 mg/L NH_3), sendo estas as amostras de 24 a 28, de 30 a 35 coletadas no período chuvoso e a 57 do período de estiagem, apresentando valores 4 mg/L, 28 mg/L, 8 mg/L, 8 mg/L, 4 mg/L, 4 mg/L, 8 mg/L, 12 mg/L, 12 mg/L, 4 mg/L, 52 mg/L e 2 mg/L respectivamente, que pertencem aos resultados do período chuvoso os bairros JK II, São Francisco, Socialista, Três Marias e Lagoinha e no Jardim Santana para o período de estiagem.

No entanto, nestas figuram os únicos resultados que não estão em conformidade para este parâmetro, não havendo nenhum outro acima do valor mencionado. Assim, o percentual de amostras com quantidades aceitáveis de amônia configura 81,42% das amostras analisadas.

A amônia está presente naturalmente nos corpos d’água como produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera. Ela é também, constituinte comum no esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos e industriais, da hidrólise da ureia e da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados. (REIS, MENDONÇA, 2009, p.353)

Assim, a presença de amônia constitui fator de atenção quando falamos de sua presença em água. Reis e Mendonça (2009), afirmam ainda que para uma água ser considerada potável, não é permitida qualquer presença de amônia.

5.2.10 Oxigênio consumido

O agente oxidante mais importante em águas naturais é o oxigênio molecular consumido, O_2. Em uma reação envolvendo transferência de elétrons, cada um dos átomos da molécula é reduzido do estado de oxidação zero até o estado de oxidação -2, formando H_2O ou OH^-. (FLORUCCI E FILHO, 2005, p.4)

De acordo com a Embrapa (2018), a determinação da concentração de OD é um indício precioso para a avaliação da qualidade das águas, pois este elemento está envolvido em quase todos os processos químicos e biológicos dos seres vivos. Assim, concentrações abaixo de 5mg/L não matam alguns organismos presentes, já abaixo de 2 mg/L podem levar à morte a maioria dos organismos.

Quanto aos parâmetros biológicos, considerou-se os coliformes totais e termotolerantes nas amostras estudadas. Os valores de referência foram baseados, novamente, na portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde.

Nas tabelas 4 e 5 abaixo, estão os resultados dos parâmetros físico-químicos das amostras nos períodos chuvoso e de estiagem, respectivamente.

TABELA 4 - RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS – PERÍODO CHUVOSO

AMOSTRA	Cloreto	Dureza	Alcalinidade	Âmonia	Cor	Cloro	Ferro	Oxigênio	Nitrito (NO2)	Nitrato (NO3)	pH
1	60	0	10	0,25	< 3	0,1	0,25	1	-0,00328	-0,0137268	5,5
2	60	0	20	1	< 3	0,25	< 0,25	< 0,25	0,02624	1,385964	7
3	60	0	60	0,25	< 3	0,1	< 0,25	1	0,02952	-0,008856	6
4	65	0	15	0,25	< 3	0,1	0,25	0	0,0328	0,416232	6
5	60	0	10	0,25	< 3	0,1	0,25	1	0,07544	1,067148	5
6	20	8	10	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	3	0,61336	2,107728	5,5
7	40	0	5	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	> 5	0,12792	2,129868	5
8	40	2	15	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,20336	2,03688	5,5
9	22	0	10	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,07872	0,602208	5,5
10	65	40	40	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,11808	0,867888	5
11	50	5	0	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,09184	0,960876	5
12	55	35	40	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,12792	4,237596	5
13	50	0	10	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,11808	0,832464	5
14	60	35	0	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,11808	2,293704	5
15	60	35	40	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,14104	1,740204	5
16	30	0	4	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,10824	1,115856	5,5
17	40	0	4	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,15416	1,523232	5
18	35	8	8	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,1312	1,478952	5,5
19	35	0	16	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,10496	0,8856	5
20	40	0	10	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,16072	1,52766	5,5
21	36	0	10	0	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,15416	1,102572	5
22	30	0	8	0	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,20992	0,655344	5,5
23	40	10	5	0	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,14104	5,397732	5
24	30	0	4	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,09184	0,960876	5
25	44	38	28	0,25	< 3	< 0,1	< 0,25	3	0,12792	4,237596	6,5
26	44	0	8	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,11808	0,832464	4,5
27	24	0	8	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,11808	2,293704	5,5
28	40	16	4	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,14104	1,740204	5,5
29	36	32	0	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,10824	1,115856	4,5
30	24	0	4	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,15416	1,523232	5
31	20	0	8	0,25	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,1312	1,478952	5
32	28	20	12	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,10496	0,8856	6
33	28	8	12	0,1	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,16072	1,52766	5,5
34	20	0	4	0	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,15416	1,102572	5
35	32	78	52	0	< 3	< 0,1	< 0,25	1	0,20992	0,655344	7

TABELA 5 - RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS – PERÍODO DE ESTIAGEM

AMOSTRA	Cloreto	Dureza	Alcalinidade	Âmonia	Cor	Cloro	Ferro	Oxigênio	Nitrito (NO2)	Nitrato (NO3)	pH
36	2	6	2	0,5	3	0,1	>0,25	3	0,0328	4,428	5,5
37	4	5	8	0,5	3	<0,1	0,5	3	0,0328	11,07	7
38	2	3	1	0,25	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	6
39	1	5	1	0,25	3	<0,1	1,5	3	0,0328	11,07	6
40	1	6	1	0,1	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	6
41	3	6	1	0,1	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	5,5
42	4	2	3	0	3	<0,1	0,25	3	0,164	11,07	6,5
43	6	1	1	0,1	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	6
44	6	1	1	0,1	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	6
45	6	2	3	0,1	3	<0,1	0,25	3	0,0328	4,428	6
46	2	6	2	0,5	3	0,1	>0,25	3	0,0328	4,428	5,5
47	3	5	2	0	3	0,1	>0,25	3	0,0328	11,07	6
48	3	2	1	1	3	<0,1	>0,25	3	0,0328	11,07	5,5
49	3	4	2	0,25	3	<0,1	>0,25	3	0,0328	4,428	6
50	4	3	2	0,25	3	<0,1	0,25	3	0,0328	4,428	6,5
51	2	4	1	0,1	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	5,5
52	2	2	1	0,25	3	<0,1	0,25	3	0,0328	4,428	6,5
53	2	2	1	0,25	3	<0,1	0,25	5	0,0328	0,4428	6
54	3	2	1	0,1	3	<0,1	>0,25	3	0,0328	3,0996	6
55	3	2	2	0,25	3	<0,1	0,25	3	0,0328	0,4428	6
56	3	2	1	0,25	3	<0,1	0,25	3	0,0328	3,0996	5,5
57	4	2	1	2	3	<0,1	0,25	1	0,0984	11,07	5
58	4	3	1	0,5	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	5,5
59	3	2	1	0,1	3	<0,1	0,25	5	0,0328	4,428	5,5
60	3	1	1	0,1	3	<0,1	<0,25	>5	0,0328	4,428	5,5
61	3	1	1	0,1	3	<0,1	<0,25	3	0,0328	11,07	5
62	3	5	1	0,5	3	<0,1	0,25	1	0,0984	11,07	6
63	3	3	2	0,5	3	<0,1	<0,25	1	0,164	11,07	6
64	2	3	2	0,25	3	<0,1	0,25	3	0.0328	2,214	7
65	2	2	1	1	3	<0,1	0,25	>5	0,0984	0,4428	4,5
66	3	3	1	0,2	3	<0,1	0,25	>5	0,0328	1,3284	6
67	3	2	2	0,1	3	<0,1	0,25	3	0,0328	0,442	5,5
68	3	2	2	0,25	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	5,5
69	2	2	2	0,25	3	<0,1	0,25	3	0,0328	11,07	6
70	3	2	1	0,25	3	<0,1	0,25	1	0,0984	3,0996	5,5

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

5.3.1 Coliformes Totais

Esse teste é de fundamental importância e fornece dados a respeito da potabilidade. De acordo com Brasil (2013) a presença de microrganismos nas águas naturais é geralmente inofensiva, porém quando há contaminação por fezes, seja de origem humana ou animal, neste caso, teremos uma contaminação com potencial de risco a saúde humana.

A presença de bactérias pode causar doenças. “A contaminação por microrganismos patogênicos na água pode ser identificada ao pesquisar grupos de microrganismos que coexistem com os patogênicos nas fezes” (SALES, 2017, p. 42). Quando estes são encontrados na água, é provável que esgotos domésticos tenham sido despejados nela e, portanto, é uma água com potencial presença de microrganismos causadores de enfermidades. (SANTOS, 2016). Para Sales (2017) a contaminação em águas subterrâneas, não é verificada com facilidade, podendo ter implicações na saúde humana, visto que suas características como odor, sabor ou cor não apresentam alterações significativas.

Abaixo, na figura 23 (SANTOS, 2018) indicando resultado positivo com a formação de gás para Coliformes Totais

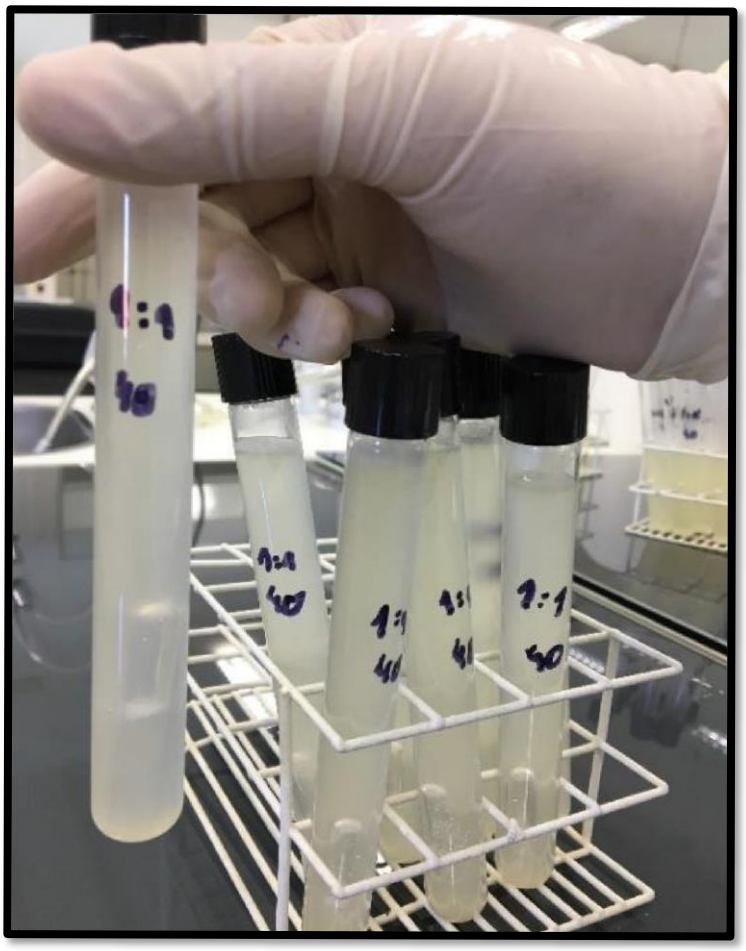


Figura 23 - Resultados positivos com formação de gás para o caldo Lauryl Triptose. Fonte: SANTOS, 2018.

Para o período chuvoso, de 35 amostras, apenas 5 obtiveram resultados negativos para contaminação microbiológica. E para o período de estiagem foram de 10 amostras com resultado negativo para contaminação microbiológica, resultados esses que podem ser comparados de acordo com a tabela 1. Cada período de coleta foi analisado 35 amostras por cada estação que serão demonstradas no gráfico 5 e com os mapas abaixo na figura 24 (SANTOS, 2021), representam a contaminação por coliformes totais espacializadas na região da Bacia Igarapé Tancredo Neves no período chuvoso e no período de estiagem.

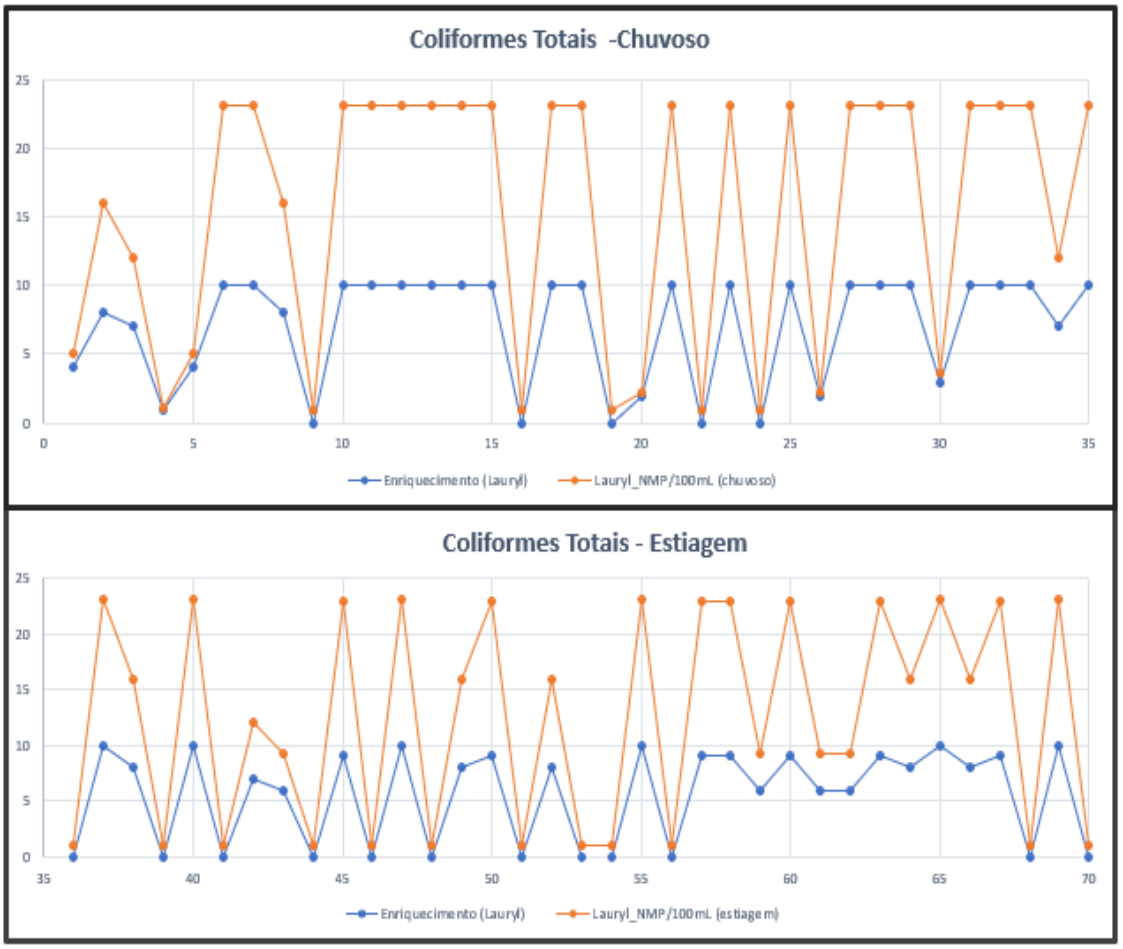


Gráfico 5 - Resultado de Coliformes. Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

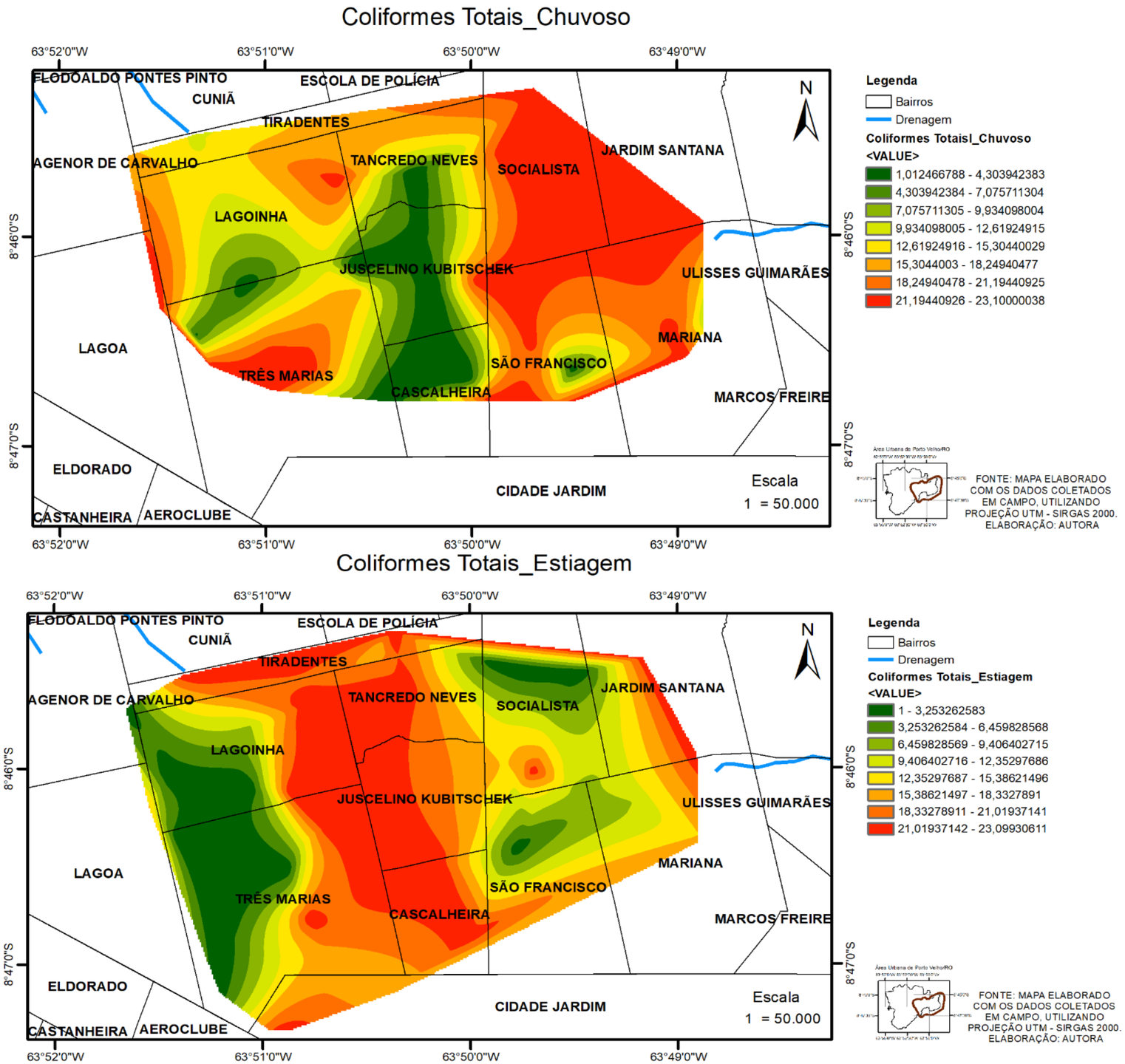


Figura 24 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Coliformes Totais. Fonte: Elaborada pela autora (SANTOS, 2021)

Na análise dos mapas dos resultados microbiológicos da primeira fase dos testes, podemos verificar, que há uma grande contaminação por coliformes totais na região da Bacia nos dois períodos analisados, isso indica que a água subterrânea deste local, se encontra na sua maioria, inapropriada para consumo humano.

Esses resultados evidenciam a necessidade de saneamento básico para a cidade de Porto Velho, pois a mesma possui inúmeros esgotos a céu aberto, consequentemente um grande número de fossas que só aumentam os resultados decontaminação. Bahia (1997) cita que a condição do solo também pode interferir na contaminação microbiológica. Silva (2016) aponta inúmeras situações que afetam o contexto geográfico da região da Bacia do Igarapé Tancredo Neves, como o aumento de poluição causada por lixo doméstico justamente nas Áreas de Preservação Permanente, ocasionando mau cheiro, desmoronamento nos canais, fossas abertas que motivam para a piora das condições insalubres para os principais impactos socioambientais na maior parte dos bairros, e em toda a área urbana da cidade também.

De acordo com Lauthartte (pag. 55, 2013) a situação também é preocupante no Distrito de Jaci-Paraná, do município de Porto Velho:

> A falta de saneamento básico na área urbana de Jaci-Paraná acarreta na contaminação das águas subterrâneas através do uso de fossas sépticas malconstruídas, sumidouros e depósitos de lixo como destino final para os dejetos próximos aos corpos d'água. Este quadro reflete a situação de risco em que se encontram os mananciais de água subterrâneos de Jaci-Paraná ea população local.

Assim, Lauthartte (2013) aponta que é imprescindível a implantação de um sistema de tratamento de esgoto e de um sistema de tratamento de água que atendaa população como um todo afim de que minimize os riscos da população no sentido de adquirir doenças relacionadas ao consumo de água que não esteja potável. Silva (2016) aponto que os impactos pela falta de uma rede de esgoto não se restringe a somente um bairro da bacia, fato extremamente preocupante, pois algumas casas próximas aos canais, acabam lançando diretamente os esgotos sem tratamento e isso deveria ser solucionado de maneira urgente.

Nascimento (2016) aponta que outra grande preocupação de seu trabalho, foi a de que na oportunidade de um morador ter o atendimento da CAERD, o poço

da residência foi desativado e passou a ser depósito de lixo. Ficando claro o desconhecimento, ignorância no fato de estar colaborando com a contaminação do lençol freático. Silva (2016) em sua pesquisa, certificou que o depósito de lixo na região era de 87% e do despejo de animais mortos nos canais na área da Bacia é de 83%, representando e configurando um grave problema, piorando a situação com a contaminação da água por despejo de lixo ao longo de canais presentes ao longo da bacia, tornando esses lugares, insalubres.

De acordo com Oliveira, et al. (2015), na cidade de Vilhena os índices de contaminação por Coliformes Totais no período chuvoso representaram 91,7% das amostras e no período de estiagem 41,7%. Tal contaminação excedente no período chuvoso pode ser correlacionada com o adensamento populacional também. “Em épocas de pluviosidade mais intensa, o aqüífero freático é afetado diretamente pela infiltração das águas superficiais e qualquer impacto antrópico é refletido, principalmente nas áreas de maior densidade populacional.” (BAHIA, pag. 102, 1997)

Já em Rolim de Moura, tanto Riquelme (2015) quanto Oliveira (2017) obtiveram 100% das amostras de água dos poços com contaminação por coliformes totais.

5.3.2 Coliformes Termotolerantes (fecais)

Com base na portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, a contabilização padrão das bactérias não pode exceder 500 unidades formadoras de colônias por ummililitro de amostra (500/UFC/ml).

Abaixo, nas fotos 25 e 26 (SANTOS, 2018) demonstram, por meio da formaçãode gás, a confirmação de que há Coliformes Termotolerantes.

Figura 25- Resultado positivo de Coliformes Termotolerantes. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Figura 26 - Resultado de amostras com formação de gás para o Caldo VB. Fonte: Elaborada por LaisSantos (2018)

Para o teste de coliformes termotolerantes no período chuvoso foram 10 testesnegativos, e no período de estiagem também foram 10 testes negativos, que são evidenciados no gráfico 6 subsequentemente. Para cada período foi analisado 35 amostras. Os mapas abaixo, na figura 27 (SANTOS, 2021) expõem os resultados distribuídos ao longo da região da Bacia Igarapé Tancredo Neves no

período chuvoso e no período de estiagem para coliformes termotolerantes, com o caldo VB.

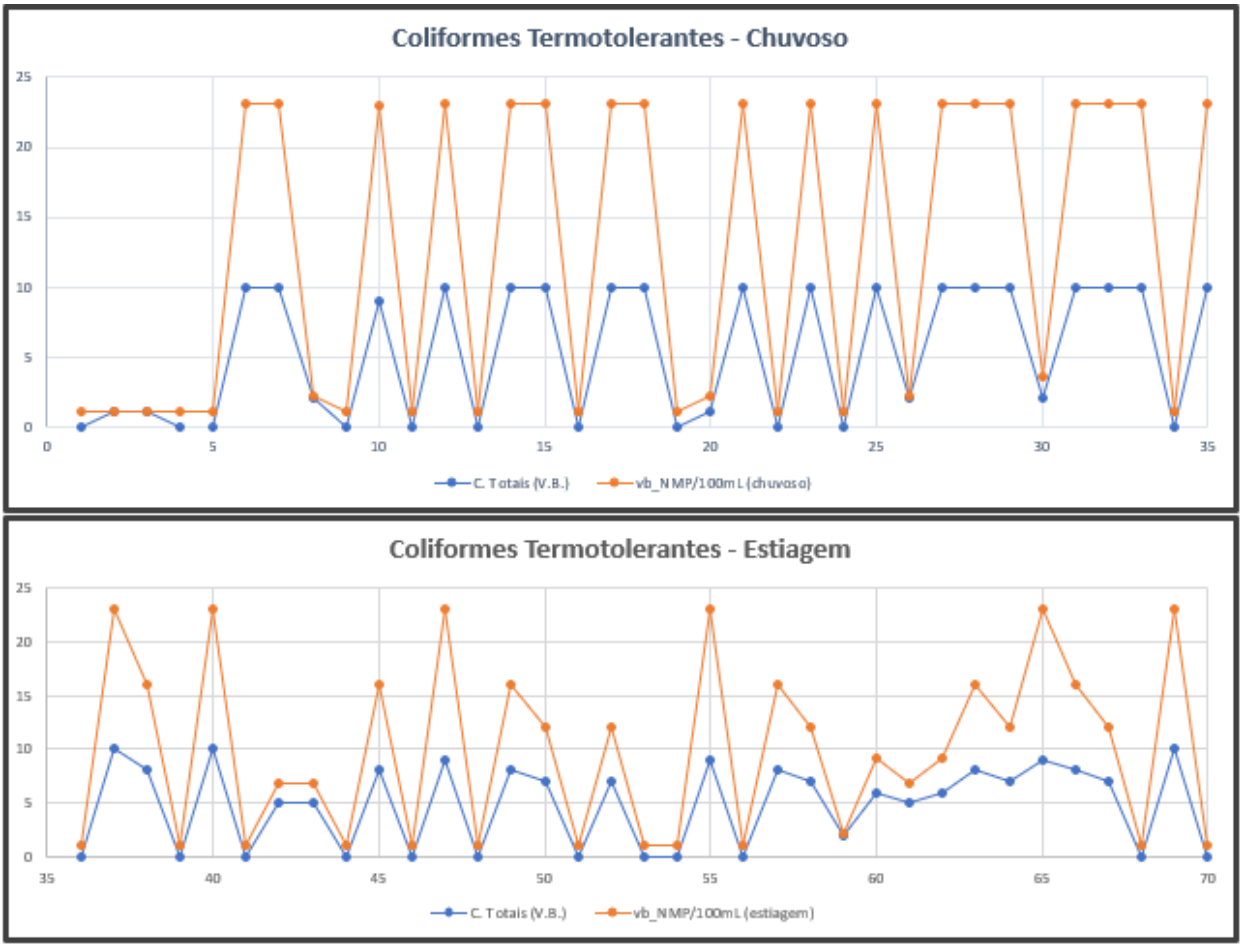
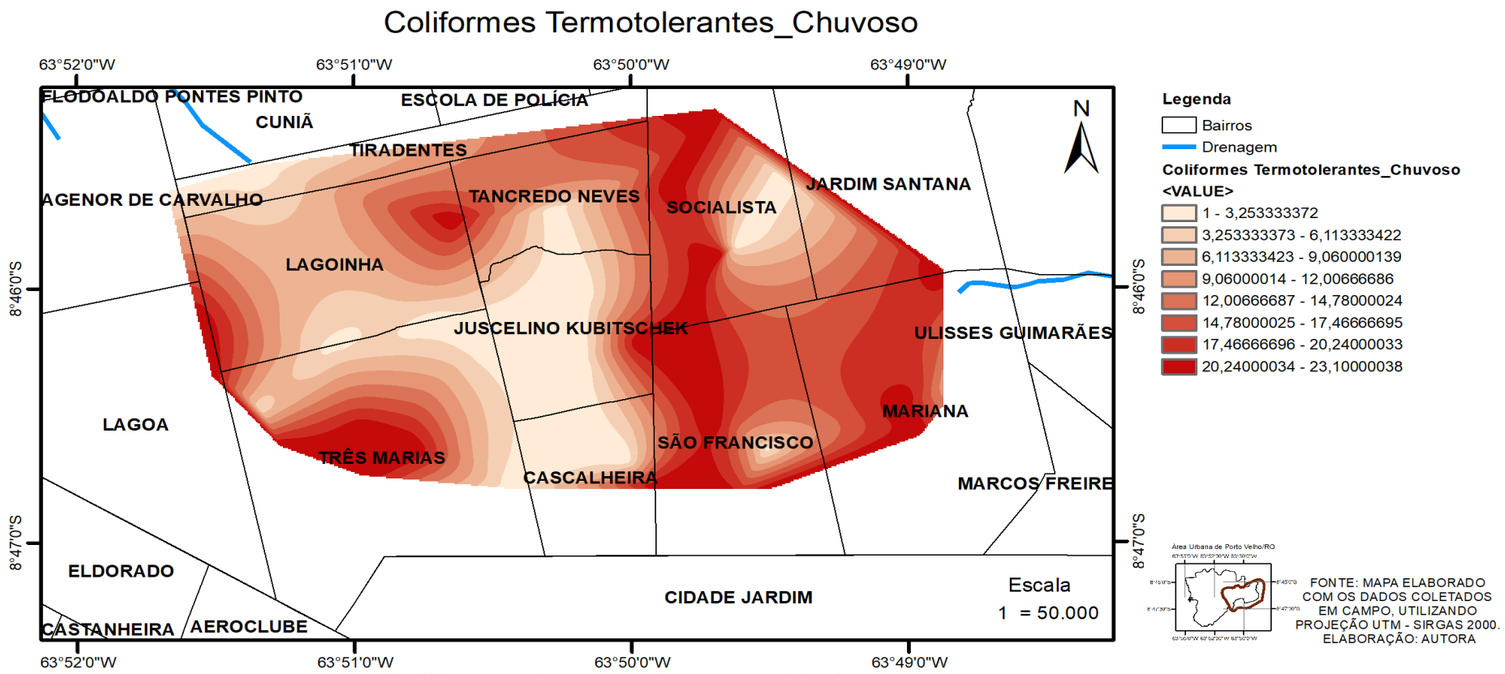


Gráfico 6 - Resultado de Coliformes Termotolerantes. Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).



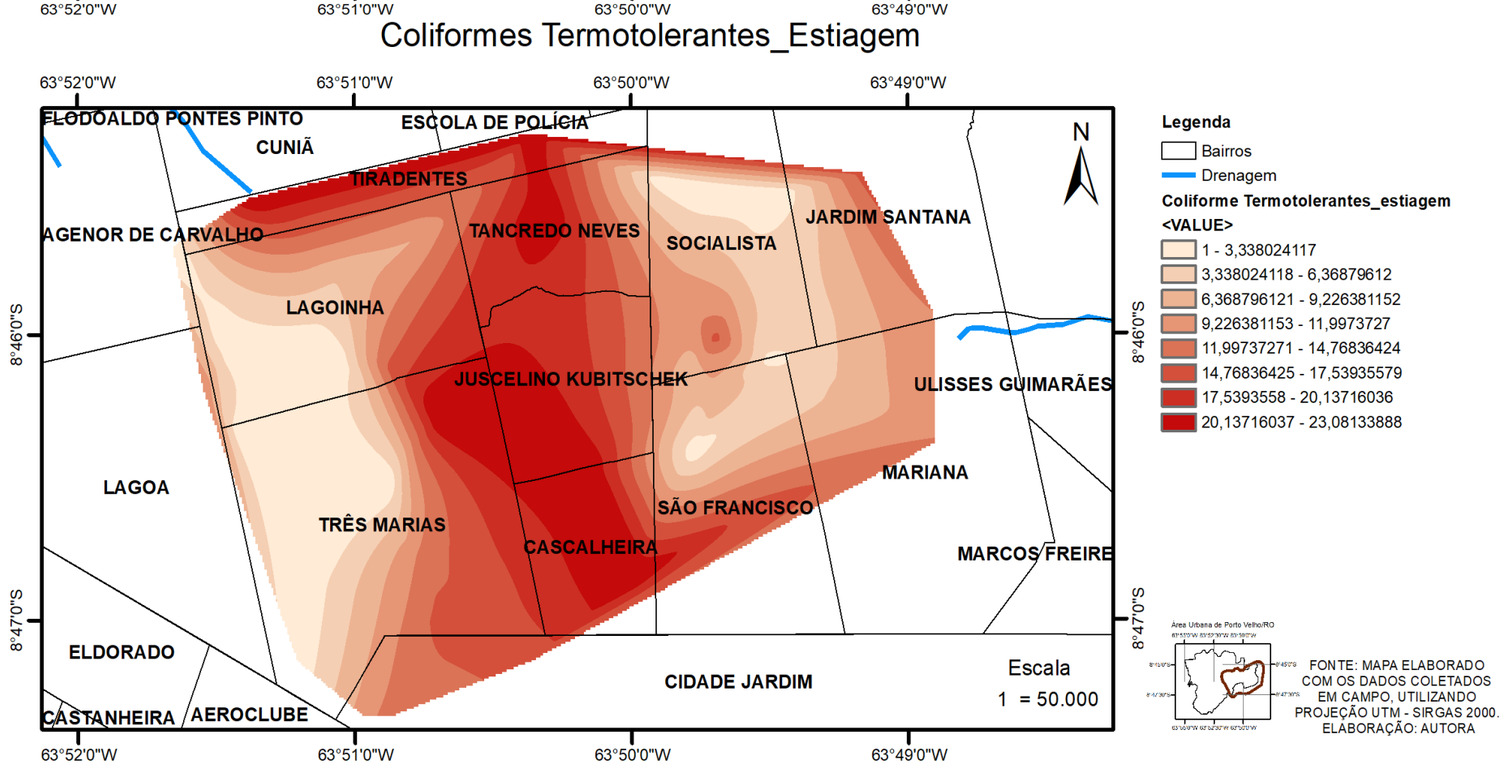


Figura 27 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de Coliformes Termotolerantes. Fonte: Elaborada pela autora (SANTOS, 2021)

Na análise dos mapas acima, podemos constatar que há uma grande contaminação, indicando que as águas oriundas da Bacia, são impróprias para consumo humano, em sua maior parte. Há uma variação de um período para o outro, em que a chuva pode influenciar algumas regiões, diminuindo as concentrações em locais que no período de estiagem estavam contaminadas.

5.3.3 Escherichia Coli

Abaixo, nas fotos 28 e 29 (SANTOS, 2018), são demonstrativas e indicam resultados positivos e negativos relativos à análise de E. coli com a fermentação da lactose.

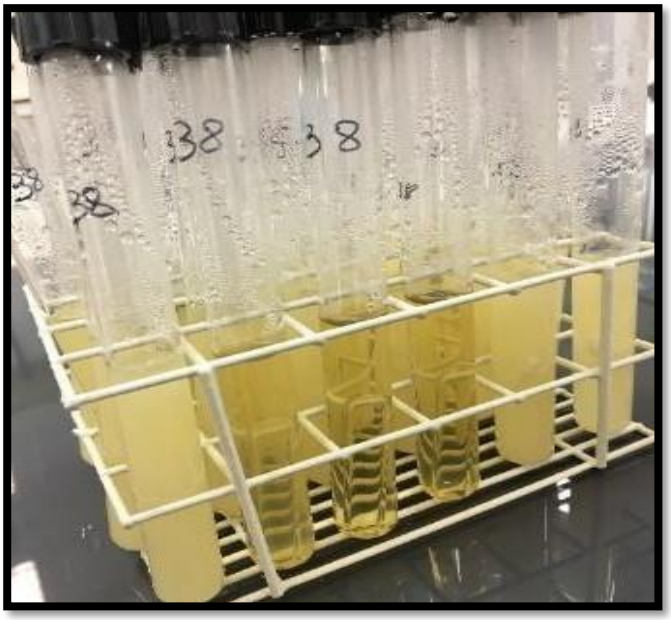


Figura 28 - Amostras indicando valores positivos e negativos para E. coli. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

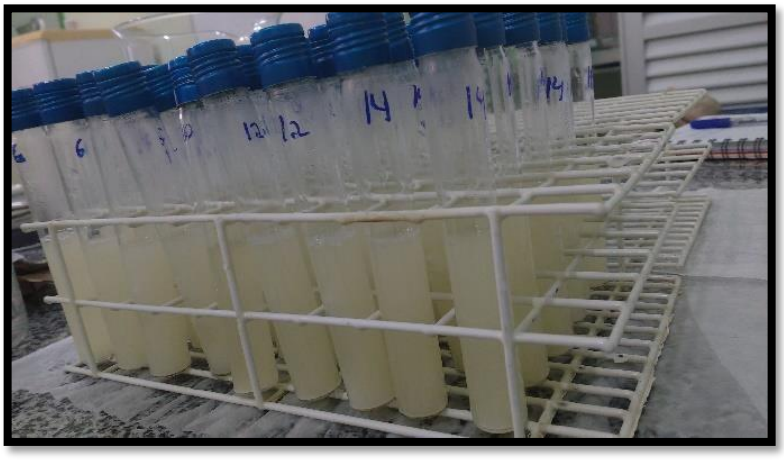


Figura 29 - Resultado positivo para o teste de E. coli. Fonte: Elaborada por Lais Santos (2018)

Para o teste de coliformes E. coli no período chuvoso foram de 13 testes negativos, e no período de estiagem foram de 11 testes negativos também. Onde em cada período foram analisadas 35 amostras, no gráfico 7 abaixo são demonstrados os resultados de cada ponto.

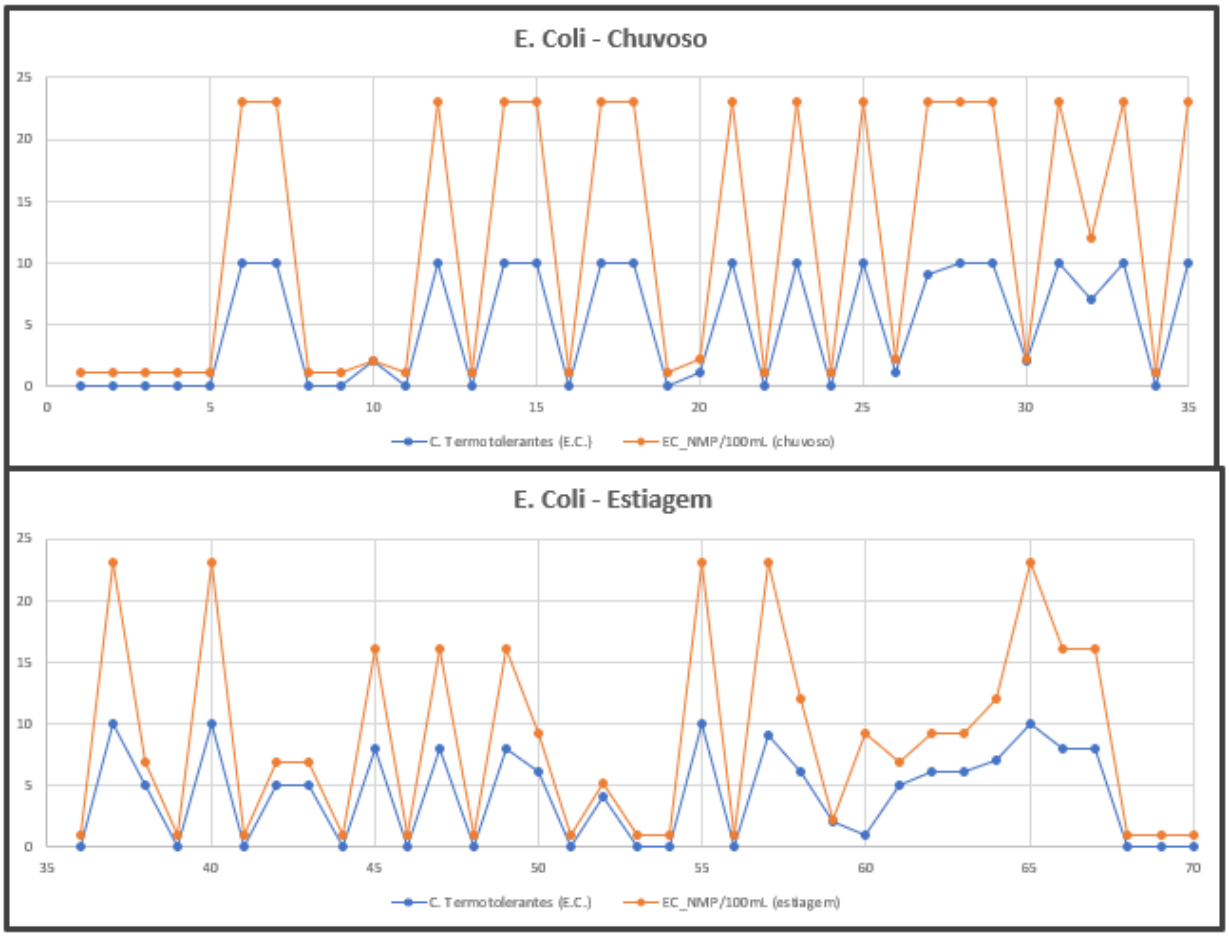
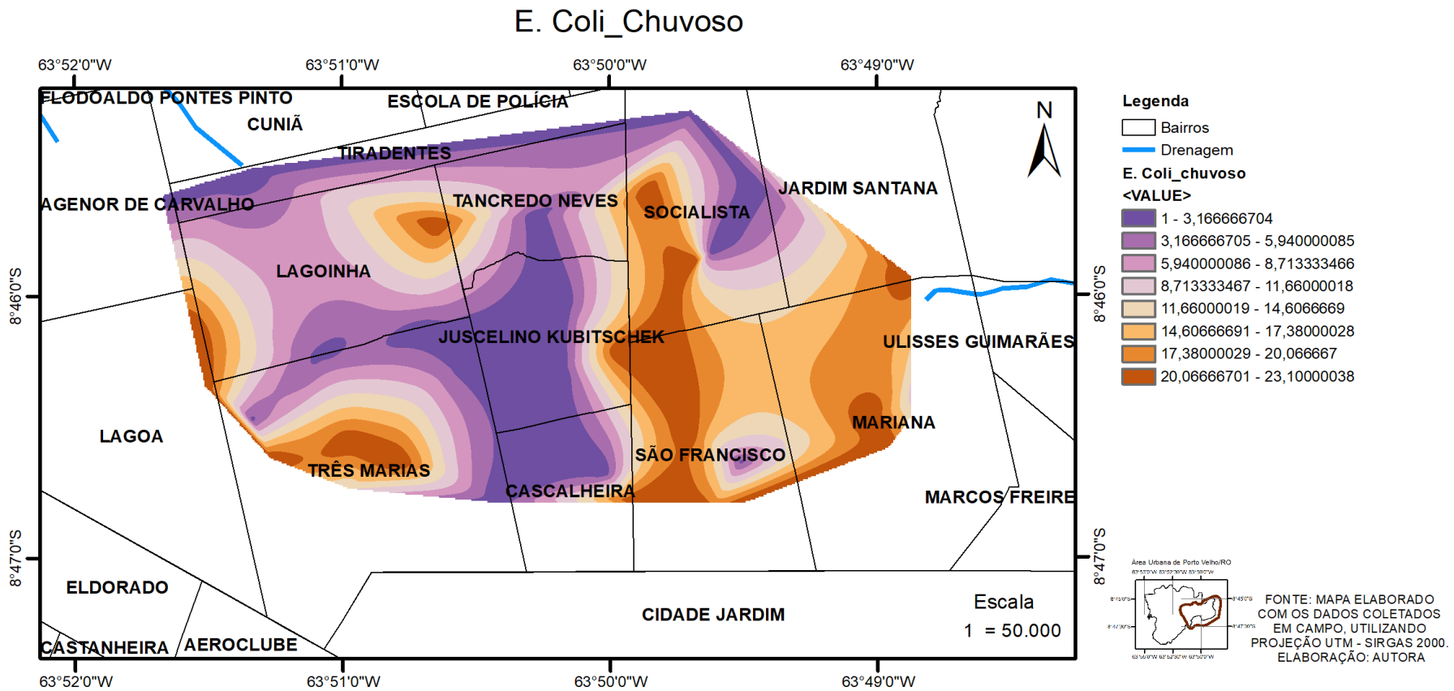


Gráfico 7- Resultados de E. Coli. Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

Os mapas abaixo, na figura 30 (SANTOS, 2021), apresentam resultados disseminados ao longo da região da Bacia Igarapé Tancredo Neves no período chuvoso e no período de estiagem para Escherichia coli, com a utilização do caldo EC.



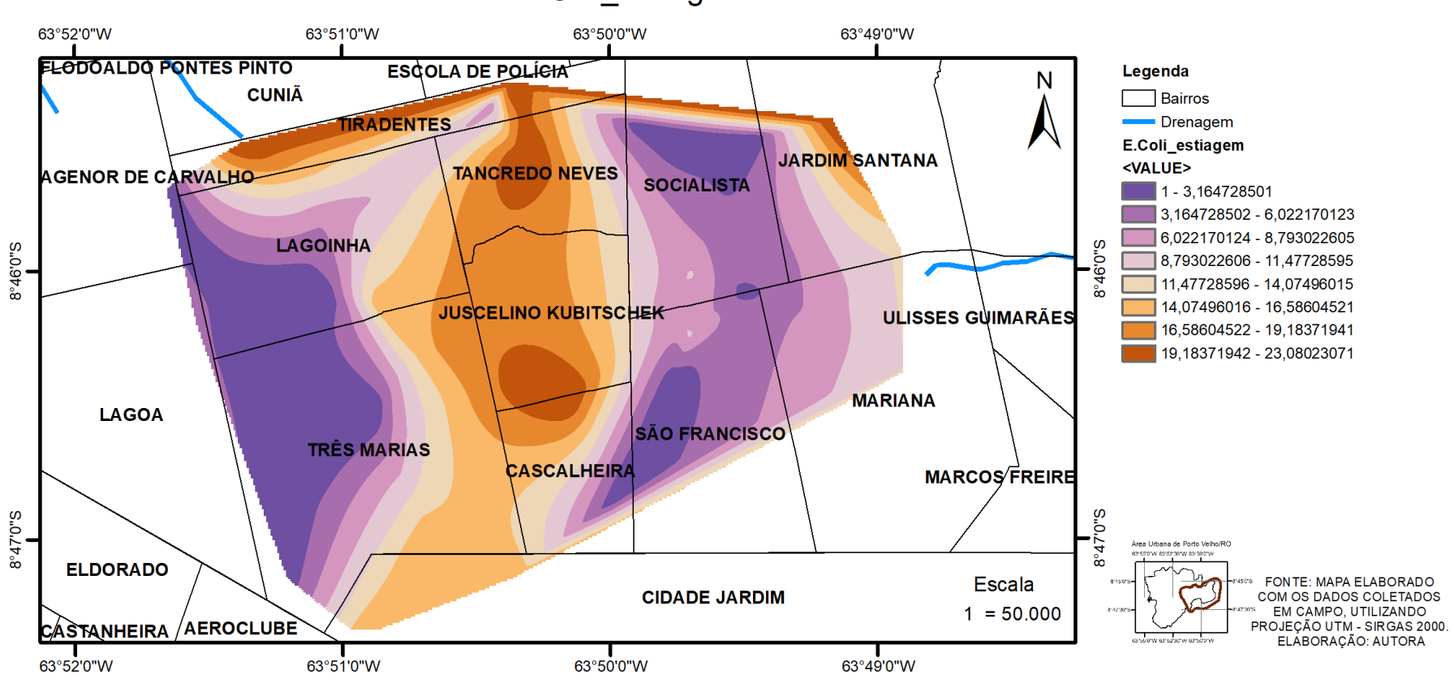


Figura 30 - Mapa de Interpolação dos Resultados das Análises de E. Coli. Fonte: Elaborada pela autora (SANTOS, 2021)

Nos resultados verificados pelos mapas, podemos averiguar que há contaminação por E.coli nos períodos analisados. Mas, que no período de estiagem esse resultado se intensifica. Intensificando as indicações de que a água não indicada para consumo humano, independente do período analisado, pois podem provocar malefícios para a saúde humana.

Resultados semelhantes podem ser observados nas cidades ao longo do Estado de Rondônia, como é o caso da cidade de Vilhena, Oliveira et al. (2015) dispõe a ocorrência de contaminação por *Escherichia coli* no período chuvoso, que representou 66,7%, ou seja, indicando que a grande maioria não estava conforme a Resolução CONAMA n° 396/08 e no período de estiagem apenas um poço, sendo ele poço amazonas.

Em Rolim de Moura, Riquelme (2015) constatou 67% dos poços contaminados por E. coli e Oliveira (2017) obteve 93,3%.

Segundo Oliveira et al. (2015) é notório que a maior incidência de contaminação microbiológica se deve ao fato de os poços serem do tipo amazonas, tal fato se dá porque são mais vulneráveis e passíveis a contaminação. Para Rodrigues et al. (2014) as águas analisadas estão contaminadas com altos índices de contaminação bacteriológica, indicando que estão impróprias para o consumo humano e sem o devido tratamento adequado. Sugerindo a ligação da contaminação com a falta de saneamento básico da cidade.

Nas tabelas 6 e 7 (SANTOS, 2021) abaixo, encontram-se os resultados microbiológicos descritivos do período chuvoso e de estiagem.

TABELA 6 - RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS – PERÍODO CHUVOSO

AMOSTRA	Enriquecimento (Lauryl)	Lauryl_NMP/100mL (chuvoso)	Inferior	Superior	C. Totais (V.B.)	vb_NMP/100mL (chuvoso)	Inferior	Superior	C. Termotolerantes (E.C.)	EC_NMP/100mL (chuvoso)	Inferior	Superior
1	4	5,1	1,6	13	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
2	8	16	5,8	34	1	1,1	0,051	5,9	0	**1**	Inferior	3,4
3	7	12	4,8	24	1	1,1	0,051	5,9	0	**1**	Inferior	3,4
4	1	1,1	0,051	5,9	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
5	4	5,1	1,6	13	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
6	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
7	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
8	8	16	5,8	34	2	2,2	0,37	8,2	0	1	Inferior	3,4
9	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
10	10	**23,1**	13	Superior	9	23	8,1	53	2	2	2,2	0,37
11	10	**23,1**	13	Superior	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
12	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
13	10	**23,1**	13	Superior	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
14	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
15	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
16	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
17	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
18	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
19	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
20	2	2,2	0,37	8,2	1	2,2	0,37	8,2	1	2,2	0,37	8,2
21	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
22	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
23	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
24	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
25	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
26	2	2,2	0,37	8,2	2	2,2	0,37	8,2	1	2,2	0,37	8,2
27	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	9	23	8,1	53
28	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
29	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
30	3	3,6	0,91	9,7	2	3,6	0,91	9,7	2	2,2	0,37	8,2
31	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
32	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	7	12	4,8	24
33	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior
34	7	12	4,8	24	0	**1**	Inferior	3,4	0	**1**	Inferior	3,4
35	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior	10	**23,1**	13	Superior

TABELA 7- RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS – PERÍODO DE ESTIAGEM

AMOSTRA	Enriquecimento (Lauryl)	Lauryl_NMP/100mL (estiagem)	Inferior	Superior	C. Totais (V.B.)	vb_NMP/100mL (estiagem)	Inferior	Superior	C. Termotolerantes (E.C.)	EC_NMP/100mL (estiagem)	Inferior	Superior
36	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
37	10	23,1	13	Superior	10	23,1	13	Superior	10	23,1	13	Superior
38	8	16	5,8	34	8	16	5,8	34	5	6,9	2,5	15
39	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
40	10	23,1	13	Superior	10	23,1	13	Superior	10	23,1	13	Superior
41	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
42	7	12	4,8	24	5	6,9	2,5	15	5	6,9	2,5	15
43	6	9,2	3,3	19	5	6,9	2,5	15	5	6,9	2,5	15
44	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
45	9	23	8,1	53	8	16	5,8	34	8	16	5,8	34
46	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
47	10	23,1	13	Superior	9	23	8,1	53	8	16	5,8	34
48	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
49	8	16	5,8	34	8	16	5,8	34	8	16	5,8	34
50	9	23	8,1	53	7	12	4,8	24	6	9,2	3,3	19
51	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
52	8	16	5,8	34	7	12	4,8	24	4	5,1	1,6	13
53	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
54	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
55	10	23,1	13	Superior	9	23	8,1	53	10	23	8,1	53
56	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
57	9	23	8,1	53	8	16	5,8	34	9	23	8,1	53
58	9	23	8,1	53	7	12	4,8	24	6	12	4,8	24
59	6	9,2	3,3	19	2	2,2	0,37	8,2	2	2,2	0,37	8,2
60	9	23	8,1	53	6	9,2	3,3	19	1	9,2	3,3	19
61	6	9,2	3,3	19	5	6,9	2,5	15	5	6,9	2,5	15
62	6	9,2	3,3	19	6	9,2	3,3	19	6	9,2	3,3	19
63	9	23	8,1	53	8	16	5,8	34	6	9,2	3,3	19
64	8	16	5,8	34	7	12	4,8	24	7	12	4,8	24
65	10	23,1	13	Superior	9	23	8,1	53	10	23	8,1	53
66	8	16	5,8	34	8	16	5,8	34	8	16	5,8	34
67	9	23	8,1	53	7	12	4,8	24	8	16	5,8	34
68	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4
69	10	23,1	13	Superior	10	23,1	13	Superior	0	1	Inferior	3,4
70	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4	0	1	Inferior	3,4

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia Igarapé Tancredo Neves sofreu bastante com o crescimento desenfreado da região, visto que ela abrange bairros populosos da cidade, e esse grande adensamento populacional acaba interferindo diretamente e indiretamente nos parâmetros que condicionam a água ser potável ou não. Os resultados da análise da qualidade da água subterrânea refletem justamente o grande descaso por parte das autoridades em não ter um planejamento para a população construir moradias com acesso a um saneamento básico como pré-requisito para assim minimizar os possíveis efeitos causadores de contaminação química e microbiológica na água quecompreende a Bacia.

Uma vez que vários condicionantes influenciam a qualidade da água, os problemas mencionados na cidade de Porto Velho refletem a situação de vários outros centros urbanos no Brasil, pois são várias as cidades que cresceram rapidamente sem ter uma estrutura adequada para suprir a população. Ou seja, Porto Velho enfrenta grandes problemas como qualquer grande centro urbano. O abastecimento de água que era disponível na cidade, não suportou seu crescimento desenfreado não sendo eficaz o suficiente para toda a cidade.

Além disso, esta análise técnica é de tal modo indicada para interpretar os dados e analisar o impacto destes para a sociedade, assim foi possível concluir que as águas subterrâneas da Bacia Igarapé Tancredo Neves apresentam alterações físico-químicas e contaminações microbiológicas, sendo o parâmetro microbiológico o mais importante para se determinar a potabilidade de uma água. Os resultados se diferenciaram nas etapas analisadas, cada etapa trouxe um resultado diferente, cada parâmetro se alterou por conta da intensidade de chuvas ou escassez delas, pelo tipo de solo ou alguma característica em específico. Esses processos foram intensificados, principalmente pelo fato de algumas regiões com focos de contaminação por esgoto, lixo etc., que sofreram alterações significativas entre cada período que foi analisado.

O nitrato no período de estiagem se concentra com mais intensidade, o que pode ser atribuído à drenagem na região que favorece os resultados mais elevados e que no período chuvoso as concentrações ficam mais baixas, ou seja, a concentração sofre maior dispersão com mais áreas críticas. Em outros estudos na mesma região deste trabalho, relacionam alguns impactos com a rede de

drenagem da região da Bacia, que no período chuvoso algumas ruas ficam alagadas com a água da chuva na presença de lixo doméstico e que esse alagamento acaba gerando desde problemas de locomoção a doenças. Para o período de estiagem vale salientar que as concentrações chegaram até 11 mg/L de NO_3, e que para o período chuvoso as concentrações não passaram de 6 mg/L de NO_3.

Para os resultados de nitrito, no período chuvoso o valor mais crítico foi de 0,601 mg/L de NO_2, considerando que os resultados estão bem abaixo do que a Portaria de Consolidação n° 5/2017 indica, sendo o valor máximo permitido de 1 mg/L de NO_2.

Nas análises de pH no período chuvoso, os resultados indicam mais áreas críticas com águas mais ácidas em regiões coincidentes com os valores altos de Nitrato no mesmo período analisado em questão. Já no período de estiagem, as águas subterrâneas da Bacia Igarapé Tancredo Neves configuram valores mais próximos deneutro na escala de pH.

Para contaminação microbiológica, têm-se no período chuvoso um índice de 71,43% de contaminação no primeiro período de análise para coliformes Totais. No segundo período, de estiagem tem-se 85,71% das amostras contaminadas nesta temporada para o teste de coliformes Totais. Percebe-se um aumento considerável indicando forte influência na baixa quantidade de chuvas desse período. Ocasionando aumento de contaminação por bactérias no período da seca.

Para a repicagem, ou seja, para a confirmação do resultado das amostras para coliformes termotolerantes tem-se um resultado de 71,42% das amostras contaminadas nos dois períodos. No teste de E. coli, no período chuvoso, se obteve 62,86% das amostradas contaminadas por Escherichia Coli. Para o período de seca,houve um aumento para 68,57% das amostras contaminadas. Então, por consequência desses resultados, podemos concluir que a água oriunda dos poços não se encontra adequada para consumo humano, ou seja, não é potável de acordo com a Portaria de Consolidação n°. 05/2017 do Ministério da Saúde; a qual estabelecea ausência de coliformes totais e termotolerantes em amostras de 100 mL.

Em todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados, é

visívelque há alteração significativa de um período para o outro, isto é, no período de estiagem os resultados se concentram mais no decorrer da Bacia Igarapé Tancredo Neves.

Solos, geologia, geomorfologia e a cobertura vegetal influenciam diretamente nos resultados físico-químicos e microbiológicos. A contaminação do solo provoca alterações significativas no lençol freático, é importante destacar que é essencial a preservação do solo, pois ele tem papel fundamental na qualidade e influência nas características da água subterrânea.

A preservação do solo traz inúmeros benefícios para a qualidade da água, principalmente pelo fato de a utilização da água subterrânea ser um método alternativo para abastecimento e potabilidade da água. Contudo, vale ressaltar que por conta do pH ácido do solo da Bacia isso acarreta na diminuição do pH das águastambém.

Mapas foram elaborados a fim de demonstrar visualmente as diferenças dos resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de cada período. Eles fornecem dados relevantes e avaliam cada período para monitoramento das águas subterrâneas.

Assim, é importante buscar alternativas que minimizem impactos e na qualidade da água subterrânea, tais como: recomenda-se a vedação de poços abandonados ou dar fim em construções irregulares, conscientizar sobre a construção de maneira correta de poços. É essencial um sistema de saneamento eficiente, que minimizaria as fontes poluidoras próximas, sendo que este sistema colaboraria diretamente na preservação dos solos e da água, e iria contribuir para melhorar a qualidade das águas subterrâneas e consequentemente melhorar a potabilidade dessa água.

Outra alternativa seria por parte dos órgãos públicos um programa de assistência para receber água potável sem custo para pessoas carentes, que hoje, dependem dessas águas. Isso garantiria o acesso à água potável, que é um direito fundamental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMY, A; ROMANINI, S. J. **Geologia da Região Porto Velho-Abunã.** Brasília: DNPM/CPRM, 1990. 273p.

ADAMY, A. **Geodiversidade do estado de Rondônia. Programa Geologia do Brasil.** Levantamento da Geodiversidade. Porto Velho: CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, 2010.

AIRES, J.R.; KERNICK, G.; OLIVEIRA, A.C.P. **Some Environmental Produced by Gasoline Spills in Underground Tanks.** 3 International Simposium on Environmental Geochemistry in Tropical Country, p. 25 - 29, 1999.

ALMEIDA, A. C. B.; SALIB, M. L. **Racismo ambiental urbano: omissão do poder público na efetivação do direito humano ao saneamento básico na cidade de porto velho.** In: Anais do congresso acadêmico de Direito Constitucional, 1., 2017, Porto Velho. *Anais...* Porto Velho: Faculdade Católica de Rondônia – FCR, v. 1. p. 619- 644, 2017.

ALVES, Maíra Hilgemberg; MANIESI, Vanderlei. **Subdomínios Hidrogeológicos do Aquífero Poroso de Porto Velho, Rondônia, Brasil**. Geosciences= Geociências, v. 37, n. 3, p. 611-626, 2018.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed. Baltimore, Maryland: American Public Health Association(APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 1998.

APHA; AWWA; WEF. **Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group: standard total coliform fermentation technique**. In:__. Standard methods for the examination of water and wastewater: online. Washington, DC, c2017. Part 9221B. Approved by Standard Methods Committee, 2014.

BAÍA, Célia Ceolin. **Qualidade microbiológica e físico-química das águas subterrâneas da cidade de Porto Velho – RO.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, p. 92, 2020.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BAHIA, M.A.S. **Caracterização Biogeoquímica de Águas Subterrâneas da Zona Urbana de Porto Velho-RO.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará. Belém, p. 130. 1997.

BARCELOS, G. da S. **Cidade Imaginária e Cidade Real: Um estudo Urbanístico sobre Porto Velho a partir do plano de ação imediata de 1972**. Dissertação de mestrado (Geografia) Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2015. Disponível em:

<http://www.mestradogeografia.unir.br/downloads/4355_giovani_barcelos_2015_reduzido.pdf.> Acesso em: 02/02/2019.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **Revista USP. Geousp – Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 120-137, abril. 2017. Disponível em:< https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/107531>. Acesso em 10/10/2019.

BRASIL, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: **CETESB; Brasília:** 2012. 326 p.

BRASIL, Compania de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia:** Programa Geologia do Brasil. Porto Velho. 2007.

Brasil – CONAMA, 2005. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf.> Acesso: 10 de outubro de 2019

Brasil – CONAMA, 1986. Resolução n° 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispões sobre o uso e a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso: 25 de outubro de 2019.

Brasil, Ministério da Saúde. CUIDADOS COM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. 2014. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/folder/cuidados_agua_consumo_humano_2014.pdf.> Acesso: 27 de outubro de 2019.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 284 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_procedimentos_agua_consumo_humano.pdf>. Acesso em 25 de outubro de 2019.

Brasil. Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*.

_____, Portaria MS. no. 2914 de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade**, 2011.

_____. **IBAMA.** Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Brasília, 2015.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares.** Brasília: Funasa, 2014b. 48p.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

_____. Ministério da Saúde**. Portaria 1469**. Brasília, 2000. 17p.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria n° 518.** Brasília, 2004.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama 20**. Brasília, 1986.

_____. Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano Agroflorestal e Pecuário de Rondônia – PLANAFLORO** Porto Velho, 1998.

BUSCH, Olivia Mara Savi. **Qualidade da água e saúde humana: riscos potenciais face ao processo de ocupação urbana no entorno da Represa do Passaúna-Curitiba–PR**. 2009. Tese de Doutorado.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CAMARA, G. Análise espacial de superfícies. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds). **Análise espacial de dados geográficos.** Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf.> Acesso em 06 fev. 2018.

CAMPOS, José Cláudio Viégas. Avaliação preliminar do potencial hidrogeológico da cidade de Porto Velho (RO). **Águas Subterrâneas**, n. 1, 1998.

CAMPOS, J.C.V.; MORAIS, P.R.C. Morfologia dos aquíferos da área urbana de Porto Velho/RO. In: **Simpósio brasileiro de recursos hídricos.** Belo Horizonte: ABRH, p. 169. 1999.

CAMPOS, J.C.V.; SILVA FILHO, E.P.; OLIVEIRA, I.R. Contaminação do Aquífero Jaciparaná na cidade de Porto Velho (RO). In: Congresso brasileiro de águas subterrâneas. Cuiabá. **Anais.** Cuiabá: ABAS, 2004. Disponível em:< https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23421> Acesso em: 02 fev. 2019.

CANTAI, C.M.M; SILVA, M.F. Índice de qualidade da água: um estudo comparado. **Revista Águas Subterrâneas.** v.2, n.27. p. 79-92. 2016.

CARNEIRO, ET AL. A gestão do saneamento no brasil e sua relação com a gestão de recursos hídricos. **Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation.** v. 6, n. 1, p.101-116, 2018.

CASTRO, J.E. O Acesso universal à água é uma questão de democracia. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental: IPEA**, v. 15, p.59-65, jul/dez 2016.

CAVALCANTI, E. ET AL. a crise mundial da água: uma análise política sobre o cenário atual e os efeitos de sua gestão global. **Revista Percurso**, v. 2, n. 25, p. 123-148, 2018

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório da qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo**: 2010-2012. São Paulo: CESTESB, 2013. 242p.

CETESB – Norma Técnica. Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli – Determinação pela técnica de tubos múltiplos. 5 ed. São Paulo: 2018.

DA FRANCA, Rafael Rodrigues; DE ASSIS MENDONÇA, Francisco. A cheia histórica do Rio Madeira no ano de 2014: riscos e impactos à saúde em Porto Velho (RO). **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde: Hygeia**, v. 11, n. 21, p. 62-79, 2015.

Dantas, M. E., Shinzato, E., Adamy, A., Teixeira, W. G., & Lumbreras, J. F. **Análise integrada das paisagens do estado de Rondônia.** Guia de Campo Pesquisas Coligadas XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, 2017.

DUARTE, H.A. Água: uma visão integrada. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 8, p. 4-8, 2014.

DOS SANTOS, Nathália Bandeira Carvalho; DOS SANTOS, Rayza Helen Graciano; DA SILVA, Ronaldo Faustino. Aplicação da Anádlise Multivariada e da Resolução CONAMA 357/2005 para Análise da Qualidade de Água em Rios de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1859-1875, 2018.

DUARTE, M. L.; LOCATELLI, M.; SILVA, T. A.; SILVA FILHO, E. P. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do sistema de aquífero Içá/Fraturado Norte na área urbana do município de Porto Velho/Rondônia. **REA – Revista de estudos ambientais**. v.19, n. 2, p.40-54. 2017.

FILIZOLA, Heloisa Ferreira. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 170. 2006.

FRANÇA, Victor Lamarão de. **Modelagem espacial da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas destinadas ao consumo humano no município de Bacabeira-MA.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís. p. 170. 2017.

FRANCO, A. de O.; ARCOS, F. O.; PEREIRA, J. S. Uso do solo e a qualidade da água subterrânea: estudo de caso do aquífero Rio Branco, Acre, Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, 2018.

FREITAS, A.R.C. **O dever da transparência na proteção das águas urbanas.** 2018.

FREITAS, Marcelo Bessa; FREITAS, Carlos Machado de. A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 993-1004, 2005.

FREITAS, M. A.; DINIZ, J. A. O.; PEIXINHO, F. C. **Mapa Hidrogeológico da Amazônia Legal-Escala 1: 2.500. 000.** In: In: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 17, 18., 2012. Bonito: Revista Águas Subterrâneas, p. 4. 2012.

FUNASA. **Manual Prático de análise da água.** Brasília, 4ª edição, p. 146. 2013.

FURASTÉ, P. A. ***Normas Técnicas para o Trabalho Cientifico:*** **Elaboração e Formatação.** Explicação das Normas da ABNT. 14. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2006.

GASPAR, Márcia Tereza Pantoja; CAMPOS, José Eloi Guimarães. O Sistema Aqüífero Urucuia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4 suppl, p. 216-226, 2016.

GOMES, ET AL. Avaliação Hidroquímica e de Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade das Águas Subterrâneas da Zona Urbana do Município de Sousa-PB. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 2, p.162-172, 2018.

GORAYEB, Adryane; LOMBARDO, Magda Adelaide; PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro. Qualidade da água e abastecimento na Amazônia: o exemplo da bacia hidrográfica do rio Caeté (water quality and public supply conditions in the amazon region: the example of the Caeté s hydrographic river basin, eastern amazon, Brazil). **Mercator**, v. 9, n. 18, p. 135 a 157-135 a 157, 2010.

GUEDES, Anderson Ferreira et al. Tratamento da água na prevenção de doenças de veiculação hídrica. **Journal of Medicine and Helth Promotion**, v. 2, n. 1, p. 452-461, 2017.

GRASSI, Marco Tadeu. As águas do planeta Terra. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 31-40, 2001.

HERRERA, Isabel Leonor Iza Echeverria. **Utilização de dados altimétricos, geomorfológicos e gamaespectrométricos para a identificação de crostas lateríticas em uma área da porção norte do estado de Rondônia**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Fundação Universidade Federal de Rondônia / UNIR. P. 96. 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010: resultados preliminares do universo – conceitos e definições – tabelas adicionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

HIRATA, R. et al. A água como recurso. In: Wilson Teixeira (Org.) **Decifrando a Terra.** 2a ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 623. 2009.

LAUTHARTTE, L.C. **Avaliação da qualidade da água subterrânea no Distrito de JacyParaná, Município de Porto Velho (RO)**. Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente/UNIR, Porto Velho, RO. P. 66. 2013.

LIMA, M.L Uso do geoprocessamento na qualidade de água superficial destinada ao abastecimento humano no Estado de Rondônia. **Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico**, 2007.

LIMA, Jacy Angélica Moraes; BETHONICO, Maria Bárbara Magalhães; VITAL, Marcos José Salgado. Água e doenças relacionadas à água em comunidades da bacia hidrográfica do rio Uraricoera–terra indígena Yanomami–Roraima. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde: Hygeia**, v. 14, n. 27, p. 136-154, 2018.

MACEDO, ET AL. comparação do perfil físico-químico e microbiológico entre solo contaminado por esgoto doméstico e adjacências do Instituto Federal de Rondônia. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 2, n. 2, 2016.

MAIA, I.L.B. O acesso à água potável como direito humano fundamental no direito brasileiro. **Revista do CEPEJ**, n. 20, 2018.

MARRADI, Alberto. Método como arte. **Papers: revista de sociologia**, n. 67, p. 107-127, 2002.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, Carlos Augusto França. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MENDONÇA, Francisco; CUNHA, Fabio Cesar Alves; LUIZ, Gislaine Cristina. Problemática socioambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 12, n. 18, p. 331-352, 2016.

MOURA, Luiz Henrique Amorim; BOAVENTURA, Geraldo Resende; PINELLI, Marcelo Pedrosa. **A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama-Distrito Federal.** Química nova, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.

NASCIMENTO, E. R. **Avaliação preliminar de possíveis focos de contaminação microbiológica em águas de bairros sem saneamento básico no município de Porto Velho**. TCC - Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) - UNIR - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, p. 49. 2016.

NICÁCIO, Jéssica; JUNIOR, Antonio Pereira. SANEAMENTO BÁSICO, MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA EM AÇAILÂNDIA-MA. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 123-136, 2019.

NOVAES, W. **Eco-92: avanços e interrogações.** 1992. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v6n15/v6n15a05.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

OLIVEIRA ET AL. Uso do solo e a qualidade da água subterrânea: estudo de caso do aquífero Rio Branco, Acre, Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, 2018.

OLIVEIRA, Gislayne Alves et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso de Vilhena–RO. **Águas Subterrâneas**, v. 29, n. 2, p. 213-223, 2015.

OLIVEIRA, Uiles Jesus. **Análise físico-química e microbiológica em água de poços rasos em Rolim de Moura-RO**. 2017.

OLIVEIRA, Wanderson Kleber de; ROHLFS, Daniela Buosi; GARCIA, Leila Posenato. **O desastre de Brumadinho e a atuação da Vigilância em Saúde.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 28, n. 1, 2019. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/ress/v28n1/2237-9622-ress-28-01-e20190425.pdf>. Acesso em 25 de outubro de 2019.

PICCOLI, A. S; KLIGERMAN, S. C; COHEN, S. C; ASSUMPÇÃO, R. F. A Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 797-808, 2016.

PIRATOBA, ET AL. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

POPPER, Karl R.; BATH, Sérgio. **Conjecturas e refutações: o progresso do conhecimento científico**. Ed. Universidade de Brasília, 2008.

REZENDE, Elcio; SILVA, V. V. C. **De Mariana a Brumadinho: a efetividade da responsabilidade civil ambiental para a adoção das medidas de evacuação.** Revista do Direito, v. 1, n. 57, p. 160-181, 2019.

RIQUELME, A.M; LUZ, L.H.B; SILVA FILHO, E.P. Velocidade de infiltração de àgua em latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes cultivos. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v.1, n.1, p.187-191. 2012. Disponível em:< http://www.periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/562/613>. Acesso em: 26 jan. 2019

RIBEIRO, Vivian Azevedo. **Poluentes orgânicos e inorgânicos nas águas subterrâneas da cidade de Porto Velho-RO.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, p. 126. 2019.

RODRIGUES, E. R. D.; HOLANDA, I. B. B.; CARVALHO, D. P.; BERNARDI, J. V. E.; MANZATTO, A. G.; BASTOS, W. R. Distribuição espacial da qualidade de água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia. **Sci Amaz**, v. 3, p. 97-105, 2014.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano Agroflorestal e Pecuário de Rondônia – PLANAFLORO** (banco de dados geográfico). Porto Velho, 1998.

SAMPAIO, B.D.S.; ARAÚJO, R.R.; LEAL, A.C. **Cobertura vegetal e características geomorfológicas na bacia do Ribeirão Vai-e-Vem, UGRHI- Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil.** Anais VIII Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente - SNCM, v. 8, n. 1, 2017.

SILVA, L. C. M.; BROTTO, M. E. Nitrato em água: ocorrência e consequências. **Faculdade Oswaldo Cruz. São Paulo**, 2014.

SANTOS, Milton. Metamorfoses do espaço habitado. **São Paulo: Hucitec**, v. 5, 1997.

SILVA ET AL. Origin of groundwater elements in the Coastal Region of Niteró i- RJ - Brazil. **International Symposium on Perspectives for Environmental in Tropical Countries**, p. 475 – 482, 1993.

SILVA, H.R.O. **Mapeamento e análise dos impactos socioambientais na bacia do igarapé Tancredo Neves zona leste de Porto Velho-RO.** Dissertação – Mestrado em Geografia/UNIR, Porto Velho, RO. p. 122, 2016

SILVA, H. R. O.; GUIMARÃES, S. C. P. ; DELLA JUSTINA . **Planejamento urbano-ambiental:Bacia do Iagarapé Tancredo Neves Porto Velho-RO.'Uma Reflexão'.** In: III Simpósio Nacional de Estudos Urbanos, 2016, Campo Mourão. III Simpósio Nacional de Estudos Urbanos - SEURB, 2016.

SOUZA, Ranieli dos Anjos de. **Bio-Físico-Química de poços cacimba do centro urbano de Ouro Preto Do Oeste – RO: uma análise sócio espacial.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, p. 110. 2012.

STIVAL, ET. AL o desastre da barragem de mineração em Mariana e os impactos no direito internacional ambiental e brasileiro. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 205-228, 2018.

SYLVIO, ET AL. Análise das alterações dos parâmetros de qualidade da água do Rio Do Carmo, afluente do rio doce, após rompimento da barragem de fundão, em Mariana-MG. **Holos Environment**, v. 18, n. 2, p. 160-176, 2018.

TRATA BRASIL. Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento**. 2020. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/>. Acesso em: 28 ago. de 2020.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. 2015. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasilia/about-this-office/single-view/news/urgent_need_to_manage_water_more_sustainably_says_un_report/>. Acesso em: 26 jan. 2019.

UNICEF. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: **World Health Organization**. SDG Baselines. 2017
v.1. 2017. Disponível em:< https://www.fcr.edu.br/ojs/index.php/anaiscongdireitoconstitucional/issue/view/8>. Acesso em 10/10/2019.

VIEIRA, Vânia Bogorni et al. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE RONDÔNIA. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 760-766, 2018.

VILLAR, Pilar Carolina. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 83-100, 2016.

XAVIER, C. F**. Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná.** 2005. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

XAVIER, Kelvin Dutra et al. **Aplicabilidade de kits didáticos de baixo custo para o monitoramento de qualidade da água em nascentes**. In: I Congresso Nacional da Geografia Física: Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. Campinas: 2017. Instituto de Geociências – UNICAMP. Campinas-SP, v. 1, p. 876-879, 2017.

ZAN, ET. AL. Análise microbiológica de amostras de água de poços rasos localizados no município de Buritis, Região do vale do Jamari, Rondônia, Amazônia Ocidental. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 8, n. 8, p. 1867-1875, 2013.

ZUFFO, C.E. **Gestão integrada das águas em Rondônia**. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará – UFPA. Instituto de Geociências. Belém-PA, p. 186, 2010.

8. APÊNDICE

Preparação dos meios de cultura

- Caldo lactosado de concentração dupla

a) pesar 26 gramas do meio de cultura e dissolver em 1.000 mL de água destilada;

b) distribuir em tubos de ensaio (10 mL em cada tubo), tampar os tubos;

c) esterilizar a 121oC (1 Kg/cm2 de pressão) em autoclave durante 15 minutos;

d) deixar esfriar;

e) guardar no refrigerador (válido por uma semana).

- Caldo lactosado verde brilhante bile a 2%

a) pesar 40 gramas do meio de cultura desidratado e dissolver em 1.000 mL de água destilada;

b) distribuir em tubos de ensaio (10 mL em cada tubo), tampar os tubos;

c) esterilizar a 121oC (1 Kg/cm2 de pressão) em autoclave durante 15 minutos;

d) deixar esfriar;

e) guardar no refrigerador (válido por uma semana).

- Meio EC

a) pesar 37,0 gramas do meio desidratado e dissolver em de água destilada;

b) distribuir em tubos de ensaio contendo o tubo Durhan invertido, 10 mL em cada tubo, tampar os tubos;

c) esterilizar a 121oC (1Kg/cm2 de pressão) em autoclave durante 15 minutos;

d) guardar no refrigerador (válido por 96 horas).

9. ANEXOS

9.1 Questionário da Coleta

POÇO Nº.:_____
DATA DA COLETA: ___/___/____.
ENDEREÇO:_____
BAIRRO:_____
MUNICÍPIO: PORTO VELHO – RONDÔNIA
SITUAÇÃO DO POÇO: ABERTO [ ] LACRADO [ ]
TIPO DE COBERTURA: MADEIRA [ ] CONCRETO [ ] OUTRO:_____

1- Qual tipo de abastecimento de água na residência?
( ) CAERD ( ) Poço ( ) CAERD e Poço ( ) Outro

2- Por que?

( ) Considera mais segura ( ) Não está satisfeito com o abastecimento da CAERD

( ) É mais barato ( ) Falta de opção

3- Se for poço, qual o tipo?

( ) Artesiano ( ) Semi-artesiano ( ) Poço Raso ou Amazonas

4- Qual a atual situação do poço que ele se encontra?

( ) Em operação ( ) Paralisado ( ) Abandonado

5- O poço seca? ( ) Sim ( ) Não

6- Qual o uso principal da água do poço?

( ) Preparo de alimentos ( ) Higiene pessoal ( )Lavagem em geral ( ) Ingestão ( )Todos

7- Para o morador, qual a qualidade da água?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8- Faz algo para tornar a água mais segura?

( ) Adiciona cloro ( ) Filtra ( ) Ferve ( ) Não faz nada ( ) Outros

9- Qual a frequência de uso da água?

( ) Diário ( ) Semanal ( ) Mensal

10- Já fez análise da água? ( ) Sim ( ) Não

Resultado: ( ) Ótimo ( ) Bom ( ) Ruim

11- Qual o destino do esgoto doméstico?

( ) Fossa Séptica ( ) Fossa Seca ( ) Rede Pública ( ) Outros

12- Qual a distância do poço para a fossa? _____

13- Lançamentos de esgoto próximos da residência? ( ) Sim ( ) Não Distância: _____

14- Fossas na vizinhança? ( ) Sim ( ) Não Distância: _____

15- Já teve problemas intestinais devido ao uso da água? ( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe

16-Já teve alguma doença como leptospirose, hepatite A, diarreia infecciosa, cólera, esquistossomose, doenças causadas por protozoários (amebíase e giardíase), entre outras? Qual(is)?

17-Há quanto tempo se faz uso do poço?

9.2 LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS GEORREFERENCIADAS

PERÍODO CHUVOSO			PERÍODO DE ESTIAGEM		
AMOSTRA	**x**	**y**	**AMOSTRA**	**x**	**y**
1	405430,66324	9030852,906	**36**	406742,19	9029891,71
2	405280,46144	9031539,494	**37**	407783,64	9031622,90
3	405900,75607	9031733,072	**38**	407532,36	9031972,09
4	407832,33589	9031406,949	**39**	408838,58	9031735,16
5	408044,44258	9030797,531	**40**	405820,23	9031714,90
6	408396,73599	9030444,774	**41**	409344,83	9031751,65
7	410408,78603	9030978,242	**42**	408738,66	9030646,80
8	407347,16488	9030355,973	**43**	406409,97	9031228,86
9	407556,97989	9029382,437	**44**	406415,50	9030653,05
10	408899,10696	9032138,288	**45**	406761,40	9030609,82
11	409335,15389	9031638,606	**46**	406742,19	9029891,71
12	408613,70628	9031584,596	**47**	407080,89	9030289,31
13	409046,20575	9031147,979	**48**	406185,11	9029283,50
14	408937,87577	9031074,830	**49**	407104,34	9029029,13
15	409034,26270	9029290,017	**50**	406929,08	9029422,73
16	408310,19893	9029593,111	**51**	405761,36	9030171,34
17	410260,32652	9029769,840	**52**	405515,50	9030467,68
18	410141,07544	9029975,788	**53**	405678,53	9030757,44
19	410595,04091	9030243,992	**54**	405310,64	9031401,46
20	406349,26783	9030404,580	**55**	407666,83	9032132,74
21	406574,85099	9029810,631	**56**	408557,24	9031831,03
22	407317,67962	9030576,355	**57**	409874,14	9031878,14
23	407167,69312	9031347,613	**58**	410343,34	9030984,10
24	408022,21528	9030318,063	**59**	409265,72	9030671,95
25	408899,21616	9029920,442	**60**	406899,40	9031441,94
26	409250,17031	9029669,798	**61**	409756,63	9030519,62
27	408510,73092	9029398,018	**62**	408895,19	9030387,88
28	408739,53990	9030642,495	**63**	408902,87	9030812,12
29	405573,95873	9030202,189	**64**	410434,88	9030177,54
30	405895,75160	9029964,270	**65**	408053,49	9029963,28
31	406021,49517	9029695,445	**66**	407693,49	9028732,11
32	406557,73146	9029481,431	**67**	406636,83	9028325,67
33	406910,35868	9029663,300	**68**	406136,01	9028729,21
34	407052,96954	9030597,717	**69**	408378,81	9029266,13
35	405482,47183	9030617,638	**70**	408768,54	9030086,05