



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



JOSILENA DE JESUS LAUREANO

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE
MÉDICI - RO**

Ji – Paraná
2017

JOSILENA DE JESUS LAUREANO

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE
MÉDICI - RO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Ambiental, Fundação
Universidade Federal de Rondônia,
Campus de Ji-Paraná, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Ji-Paraná
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

L378q Laureano, Josilena de Jesus.

Qualidade da água subterrânea no município de Presidente Médici - RO /
Josilena de Jesus Laureano. -- Ji-Paraná, RO, 2017.

73 f. : il.

Orientador(a): Prof.^a Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) -
Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Poços rasos. 2.Nitrato. 3.fluxo subterrâneo. 4.Rondônia. 5.Coliformes
totais. I. Nascimento, Elisabete Lourdes do. II. Título.

CDU 556.3

Bibliotecário(a) Alex Almeida

CRB 11.853



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



**TÍTULO: QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE
PRESIDENTE MÉDICI - RO**

AUTOR: JOSILENA DE JESUS LAUREANO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, no dia 01 de dezembro de 2017.

Profa. MSc. Raissa Fonseca Ferreira
Faculdade de Ouro Preto do Oeste

Prof. MSc. Marcos Leandro Alves Nunes
Universidade Federal de Rondônia

Profa. Dra. Elisabete Lourdes Nascimento
Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 01 de dezembro de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Terezinha Maria de J. Laureano e Sebastião Pedro Laureano (*In Memoriam*), a quem eu devo tudo, e que me possibilitou a maior herança que uma pessoa pode ter na vida que é a educação e o acesso aos estudos. Que sempre foram exemplos de caráter e humildade, pois sem eles esse momento jamais seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus “Meu refúgio e fortaleza” em todos os momentos, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, por todo o apoio e incentivo que apesar de todas as dificuldades sempre estiveram ao meu lado, mesmo na ausência “pai” isso me fortaleceu e pra mim foi muito importante. *Devo a vocês essa conquista!*

Aos meus irmãos, especialmente Helena que fez minha inscrição no curso, Lenilda e Josiane que sempre torceram muito por mim, Zélia, Leandro e Lucas.

A toda a minha família pelo apoio incondicional e por entenderem minha ausência durante e esses anos em vários momentos.

À turma 2013... aos amigos que fiz durante a faculdade.

Às minhas amigas: Camila Bermond Ruezzene, Nicolý Dal Santo Svierzoski e Caryne Ferreira pela preocupação, amizade e companheirismo, pelos bons momentos juntas e pelo apoio nos momentos difíceis que pra mim foram de extrema importância.

Em especial à Caryne pelas conversas, desabafos pelo incentivo, por todos esses anos não há palavras que possam demonstrar sua importância.

A todos meus professores mestres e doutores pelo conhecimento adquirido.

Ao Eduardo B. Guimarães, por todo o apoio nesses anos de estudos, jamais vou esquecer o quanto você fez por mim, e como foi importante nessa etapa da minha vida.

Ao Laboratório de Hidrogeoquímica, à Profa. Beatriz e ao Técnico em Laboratório Aurelino Helwecyo Silva, Gleiciane Barros Ferreira da Silva, pelo auxílio e disponibilidade.

Aos que me auxiliaram em várias etapas desse trabalho: Raissa Fonseca Ferreira, Andreza Mendonça, Caryne Ferreira, Itamar Machado, João Paulo de Oliveira Gomes, Prof. Ana Lúcia Denardin da Rosa.

A Profa. Andreza Mendonça pelo incentivo, apoio, conselhos durante todos esses anos, que faz parte de todo esse processo de aprendizagem, por todas as vezes que acreditou na minha capacidade muito mais do que eu mesmo acreditava.

Agradeço à orientadora Professora Elisabete, a quem não existe o que eu possa dizer para expressar minha gratidão, pois foi muito mais que uma professora, foi amiga, apoiou nos momentos bons e difíceis, obrigada pela preocupação, confiança e pela oportunidade, nunca vou esquecer tudo o que fez por mim.

A Profa. Raissa Fonseca Ferreira e ao Prof. Marcos Leandro Alves Nunes por aceitarem fazer parte da minha banca.

A UNIR, funcionários e profissionais, pela oportunidade de estudo. Ao CNPq e PIBIC pelo apoio à pesquisa e o incentivo financeiro concedido por meio de bolsa. E ao LABLIM pelas práticas laboratoriais oferecidas.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui... E a todos que torcem por mim.

“Ora, a fé é a certeza das coisas que se esperam,
a convicção de fatos que não se vêem.”

Hebreus 11:1

RESUMO

A falta de saneamento básico é um problema que aflige o mundo. No Brasil a desigualdade no acesso a esse serviço torna-se um grande desafio. A pesquisa teve como objetivo avaliar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água subterrânea de poços rasos dos distritos de Bandeira Branca e Presidente Médici/RO, assim como o mapeamento da direção de fluxo subterrâneo. Em Bandeira Branca, as amostras de água (10 poços) foram coletadas em fevereiro e outubro de 2016, e em abril e junho de 2017 em Presidente Médici (11 poços). A análise de turbidez ocorreu por meio de turbidímetro de bancada. As análises de pH, temperatura e condutividade elétrica foram realizadas *in loco* utilizando sonda multiparâmetros. As análises microbiológicas e de nutrientes foram realizadas conforme métodos descritos em APHA (1995). Os parâmetros que estiveram em desacordo com a Portaria nº 2.914 / 11 / MS e Resolução CONAMA nº 396/08, foram pH, turbidez, coliformes fecais, *E. coli* e nitrato. Com relação ao parâmetro microbiológico todos os pontos estiveram em desacordo com o estabelecido pelas referidas legislações que preconizam que seja ausente em 100mL, quando esta é destinada ao consumo humano. Sendo encontradas densidades superiores a 112.000UFC/100mL para coliformes totais e maiores que 56.000UFC/100mL para *E. coli*. O pH variou entre 4,08 a 6,56, e a turbidez apresentou valor máximo de 7,63 uT. As concentrações de N-NO₃ estiveram acima do estabelecido (10mg.L⁻¹) em 10% dos poços nos dois períodos em análise em Bandeira Branca com máximo valor de 13,95mg.L⁻¹. Em Presidente Médici, no mês de abril 72,7% dos poços apresentaram-se acima do VMP, e em junho 50% estiveram em desacordo, com máximo de 48,5mg.L⁻¹. O estudo da direção do fluxo subterrâneo demonstrou a predominância do fluxo em direção aos rios mais próximos nas duas localidades. A direção de fluxo demonstrou potenciais contribuintes de influências microbiológicas, proveniente de pontos de contaminação localizados nos altos potenciométricos. Os resultados apontam possível contaminação da água subterrânea por esgoto doméstico, sendo comprovada pela presença de coliformes e nitrato, estando a água imprópria para o consumo humano sem que haja tratamento adequado.

Palavras-chave: Poços rasos, Nitrato, Coliformes totais.

ABSTRACT

Lack of basic sanitation is a problem that plagues the world. In Brazil the inequality in access to this service becomes a great challenge. The objective of this research was to evaluate the physical, chemical and microbiological and nutrient parameters, of the groundwater of wells in Bandeira Branca, and Presidente Médici/ RO districts, as well as the mapping of the direction of underground flow. In Bandeira Branca water samples (10 wells) were collected in February and October 2016, and in April and June 2017 in Presidente Médici (11 wells). The turbidity analysis was performed by a bench turbidimeter. Analyzes of pH, temperature and electrical conductivity were performed in loco using multiparameter probe. The microbiological and nutrient analyzes were performed according to the methods described by APHA (1995). The parameters that were in disagreement with Ordinance N° 2.914 / 11 / MS and CONAMA n° 396/08 Resolution, were pH, turbidity, fecal coliforms, *E.coli*, and nitrate. Regarding the microbiological parameter, all the points were in disagreement with the established by the legislation that it recommends that it should be absent in 100mL, when it is destined for human consumption. Densities higher than 112.000UFC/100mL were found for total coliforms and greater than 56.000UFC/100mL for *E. coli*. The pH ranged from 4.08 to 6.56, and the turbidity showed a maximum value of 7.63uT. The N-NO₃ concentrations were above the established level (10mg.L⁻¹) in 10% of the wells in the two periods under review in Bandeira Branca, with a maximum value of 13.95mg.L⁻¹. In Presidente Médici, in April 72.7% of the wells were above the VMP, and in June 50% of the analyzed wells were in disagreement, with a maximum of 48.5mg.L⁻¹. The study of the direction of the underground flow showed the flow predominance towards the nearest rivers in the two localities. The flow direction showed potential contributors of microbiological influences, originating from contamination points located in potentiometric highs. The results indicate possible contamination of groundwater by domestic sewage, being unfit for human consumption without previous treatment.

Key words: Shallow groundwater, Nitrate, Total Coliforms.

Sumário

INTRODUÇÃO	13
1 OBJETIVOS	15
1.1 OBJETIVOS GERAIS	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 AQUÍFEROS	15
2.2 USOS E POLUIÇÃO DOS AQUÍFEROS	17
2.3 ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA	19
2.4 CASOS DE DIARREIA	20
2.5 ÁGUA E LEGISLAÇÃO	22
2.6 PARÂMETROS UTILIZADOS PARA AVALIAR A QUALIDADE DA ÁGUA	23
2.7 FLUXO SUBTERRÂNEO	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.2 AMOSTRAGEM	31
3.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	33
3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	34
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	36
3.6 FLUXO SUBTERRÂNEO	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 QUESTIONÁRIO SÓCIO-AMBIENTAL E CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS	37
4.2 VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS	42
4.3 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS	46
4.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO-ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS	60

4.5 FLUXO SUBTERRÂNEO.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
RECOMENDAÇÕES	68
REFERÊNCIAS	69

INTRODUÇÃO

A falta de saneamento básico é um problema que aflige não só o Brasil, mas também o mundo devido suas graves consequências. A precariedade nesse setor constitui em ameaça à saúde da população, principalmente nos países em desenvolvimento, onde se manifesta nas situações de pobreza, aumento da degradação ambiental, problemas de saúde pública e carência de serviços para a população de menor poder econômico (RIBEIRO, 2004).

No Brasil, a constituição federal de 1988 traz em seu artigo 23 que é competência comum da União, dos Estados, Distrito Federal e dos Municípios: promover programas de saneamento básico, visto que são ações imprescindíveis para a sadia qualidade de vida.

Segundo a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico considera como princípio fundamental a universalização como ampliação do acesso de todos os domicílios ao saneamento básico. Entre os objetivos do desenvolvimento sustentável das Organizações das Nações Unidas no Brasil está assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos até 2030 (ONU, 2016).

Considerando-se que a universalização do saneamento básico constitui-se em parâmetro de qualidade de vida já alcançado em grande parte dos países desenvolvidos, no Brasil a desigualdade no acesso da população a esses serviços torna-se o grande desafio da atualidade para o poder público (IBGE, 2011).

Apesar de dispor das maiores reservas hídricas do mundo, algumas regiões do Brasil já depende de fontes subterrâneas, e há previsões de uma crescente demanda devido o crescimento demográfico e expansão econômica. Hoje é evidente que os recursos hídricos estão cada vez mais limitados, por conseguinte, considerando o potencial hídrico da região Amazônica, ressalta-se que o planejamento e o desenvolvimento sustentável devem ser priorizados nas políticas ambientais com a finalidade de preservar o ambiente aquático desta região para as gerações futuras (RIBEIRO, 2004).

Mesmo apresentando uma grande quantidade de água doce, a região norte perde no quesito qualidade. O percentual de água tratada distribuída à população no ano de 2008 era de 74,3%, sendo que desse tratamento 27,4% são feitos por simples desinfecção, o percentual de água que não recebe nenhum tipo de tratamento é de 25,6%, valor esse que permanece acima dos 7,1% que representam a média nacional (IBGE, 2011).

No que tange a temática do esgotamento sanitário, a Região Norte é a que apresenta a menor proporção de municípios com coleta (13,3%), porém o sistema de tratamento de esgoto sanitário é insuficiente para atender à demanda do setor, somente metade dos municípios brasileiros fazem coleta de esgoto e grande parte do esgoto coletado não recebe tratamento adequado, menos de 20% é tratado antes de serem lançados nos corpos d'água, agindo como fontes de difusão de vetores patogênicos em áreas urbanas (IBGE, 2011).

Os microrganismos patogênicos atingem os cursos d'água através dos despejos humanos ou de animais infectados, desse modo o uso de tal água, pode resultar em infecções, situação recorrente nos países cujo saneamento básico é deficiente (RIBEIRO, 2004). O saneamento básico é de fundamental importância para a qualidade de vida, pois a falta deste serviço força a população a procurar formas alternativas como poços e fossas para suprir suas necessidades o que podem vir a comprometer os recursos hídricos.

No Brasil o crescimento da utilização de águas subterrâneas foi acompanhado da proliferação de poços construídos sem critérios técnicos adequados, colocando em risco a qualidade das águas subterrâneas, à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas suscetíveis à contaminação com águas mais profundas (ZOBY, 2008). Dessa forma, condições apropriadas de construção dos poços além de proteção ao aquífero também garante a segurança do usuário.

Estudos desenvolvidos em cidades do estado de Rondônia, como Ji-Paraná (Silva, 2008; Helbel, 2011; Ferreira, 2013), Vilhena (Oliveira, 2015), Ariquemes (Faustino et al., 2013) e Porto Velho (Rodrigues et al., 2008), apontaram a elevada contaminação de poços rasos utilizados para o suprimento de água para o abastecimento doméstico, o que pode vir ocasionar impactos à saúde pública.

Neste sentido, justifica-se o desenvolvimento da presente pesquisa que tem como principal objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea no município de Presidente Médici, através de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, e o mapeamento da direção do fluxo hídrico subterrâneo identificando possíveis fontes de contaminação. Assim como comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos pela Portaria 2.914/MS/2011 e Resolução 396/CONAMA/2008, visando contribuir com o avanço do conhecimento científico nesta temática e região.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a qualidade da água subterrânea através de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, e mapear a direção do fluxo visando identificar possíveis fontes de contaminação no município de Presidente Médici.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar o perfil socioambiental dos participantes da pesquisa;
- ✓ Levantar aspectos construtivos dos poços e da área ao redor (tipo, nível da água, condições de manutenção, distância entre poço e fossa, declividade do terreno, etc);
- ✓ Identificar e caracterizar indicadores de qualidade no processo e utilização;
- ✓ Comparar os indicadores com as normas vigentes (Portaria nº 2.914/MS/2011 e Resolução 396/CONAMA/2008) e com indicações técnicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AQUÍFEROS

A água cobre 70% da superfície terrestre, que diz respeito à cerca de $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$ de água existente, os quais se distribuem em 97% como água salgada (oceanos), 2,2% como geleiras e 0,8% como água doce. Esta se encontra 97% disponível como água subterrânea e 3% como água superficial (BRAGA et al., 2005; SPERLING, 2014).

Constitui-se um recurso natural renovável devido a sua circulação de um meio para outro, denominado ciclo hidrológico, o qual ocorre através de mecanismos como a precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação, transpiração (BRAGA et al., 2005; IRITANI & EZAKI, 2012; SPERLING, 2014).

As águas subterrâneas são águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo (BRASIL, 2008). No ciclo hidrológico, é o principal reservatório de água doce, especialmente em períodos de seca quando o subsolo armazena água em diferentes níveis e sustenta a vazão dos rios efluentes, situação típica de regiões úmidas (TEIXEIRA et al., 2009, TUCCI & CABRAL, 2003).

Isso se deve ao fato da água subterrânea estar sendo acumulada durante os séculos, e por isso o acréscimo anual que ocorre por meio da chuva se torna desprezível para essa reserva subterrânea, pois a água circula lentamente entre os poros do solo, estimando a velocidade de escoamento, dependendo das características geológicas, em 1 à 100m/dia, enquanto as águas superficiais são renovadas cerca de 31 vezes por ano (TAINHOFF, 2003 apud TUCCI & CABRAL, 2003; BRASIL, 2004).

O escoamento da água no subsolo ocorre em meio não saturado, próximo à superfície e em meio saturado, parcela que se encontra logo abaixo da zona não saturada, o volume desse meio é chamado de aquífero (TUCCI & CABRAL, 2003; IRITANI & EZAKI, 2012).

O aquífero é o corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (BRASIL, 2008).

O aquífero pode ser classificado de acordo com as características hidrodinâmicas e com as características geológicas. Com relação às características hidrodinâmicas, os aquíferos são classificados como: **livre**, aquele que está submetido à pressão atmosférica, ocorre à profundidade de alguns metros da superfície; **suspensos**, são acumulações de água sobre uma camada impermeável ou semipermeável; **confinados**, ocorre quando um estrato permeável (aquífero) está entre duas unidades pouco permeáveis (aquitardes) ou impermeáveis, a pressão do topo é maior que a atmosférica e; **semiconfinados**, caso particular do aquífero confinado quando uma das camadas limítrofes é semipermeável (FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997 apud TUCCI & CABRAL, 2003).

A classificação dos aquíferos a partir das características geológicas ocorre entre: **sedimentos não consolidados**, aluvião e dunas, formam aquíferos fáceis de serem escavados ou perfurados, são poucos profundos, possuem alta capacidade de infiltração potencial e, conseqüentemente, são altamente vulneráveis; **rochas sedimentares**, formam aquíferos regionais que armazenam grande quantidade de água potável, grande condutividade hidráulica, se o arenito se apresentar fraturado a contribuição das fraturas para o armazenamento e o transporte de água aumentam suas propriedades aquíferas; **rochas carbonáticas**, apresentam significativa condutividade hidráulica produzida por fraturas resultantes de movimentos tectônicos, ao longo das quais a circulação de água atua dissolvendo a calcita e dolomita, formando aquíferos com grandes vazios e; **crystalino**, as rochas ígneas e metamórficas apresentam porosidade extremamente baixa, os aquíferos são

formados em regiões de rochas fraturadas, por isso são denominados aquíferos fissural (TUCCI & CABRAL, 2003).

Os aquíferos de sedimentos não consolidados e de rocha sedimentar são considerados como aquíferos sedimentares e os de rochas carbonáticas e de rocha ígneas e metamórficas como aquíferos cristalinos. Os aquíferos sedimentares apresentam melhor qualidade de suas águas, permitem seu aproveitamento para diversos fins incluindo abastecimento humano, ocupam cerca de 48% do território nacional. Os terrenos cristalinos constituem 52% da área do país, sendo predominante na região de Rondônia em quase sua totalidade. A porção sedimentar se refere à bacia do Parecis, localizado no extremo sul do estado (ANA, 2007).

2.2 USOS E POLUIÇÃO DOS AQUÍFEROS

O homem precisa de água com qualidade e quantidade satisfatórias, para suprir suas principais necessidades como: dessedentação, cozinha, higiene pessoal e utensílios, limpeza de casa, irrigação de jardins, lavagem de veículos, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e prevenção de doenças estando a sua qualidade de vida diretamente ligada à água (BRASIL, 2014). A água destinada ao uso doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, como estar isenta de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para garantir a saúde e bem estar do homem (BRAGA et al., 2005).

A água é um elemento importante em diversos setores como na indústria, irrigação, setor energético, transporte, assimilação e transporte de poluentes, preservação da flora e fauna, criação de espécies e recreação, no entanto, apenas o abastecimento doméstico e o industrial estão associados a um tratamento prévio da água, devido seus requisitos de qualidade mais exigentes (SPERLING, 2014).

A crescente utilização da água subterrânea se deve a sua grande disponibilidade, baixo custo, distribuição e qualidade normalmente excelente (TEIXEIRA et al., 2009). No entanto, atividades antrópicas representam risco aos aquíferos e a sua qualidade. Sendo as principais fontes potenciais de contaminação: a perfuração de poços sem critérios técnicos adequados, falta de rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico e industrial, disposição inadequada de resíduos, atividades agrícolas e de mineração, postos de combustíveis e cemitérios (ANA, 2007).

Compostos orgânicos halogenados (solventes e desengraxantes) e alguns hidrocarbonetos também podem causar problemas, pois são tóxicos e persistentes, e pequenas quantidades podem comprometer qualitativamente grandes volumes de aquíferos conhecidos como plumas contaminantes (TEIXEIRA et al., 2009).

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº6.938, de 31 de agosto 1981, poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Este é um assunto de interesse público em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, pois os mesmos vêm sendo afetados pelos problemas ambientais decorrentes de um rápido crescimento econômico associado à exploração demasiada de recursos naturais. Os métodos de produção e extração, apesar de apresentarem progresso nas técnicas de controle da poluição, não há de fato métodos que proporcionem um controle absoluto da poluição (BRASIL, 2009).

A água apresenta duas características que condicionam a sua qualidade, a capacidade de dissolução e de transporte, podendo dissolver substâncias as quais lhe conferem características peculiares, e que são transportadas ao longo dos cursos d'água (BRASIL, 2014). Essa qualidade pode ser resultante de fenômenos naturais (vulcões, escoamento superficial, infiltração, cobertura e composição do solo), e de atividades antrópicas (despejos domésticos, industriais, defensivos agrícolas). Desta forma a água está sujeita a alterações devido às condições locais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica de um determinado local (SPERLING, 2014).

As águas subterrâneas são mais resistentes à poluição do que as águas superficiais, pois a camada do solo atua como filtro físico, químico e biológico, no entanto, quando encontra-se contaminada demanda de um longo tempo para sua recuperação sendo um processo oneroso (TUCCI, 2003).

Estudos têm demonstrado que a expansão e ocupação urbana, sem um sistema adequado de rede de coleta e tratamento de esgoto sanitário, têm gerado uma carga contaminante significativa, que atingem os aquíferos e ameaça a qualidade das águas subterrâneas (VANIÉR et al., 2010). Por conseguinte, faz-se necessário o aprofundamento e

entendimento desta relação visto que a contaminação é agravada pelo fato de que as águas de poços subterrâneos são muitas vezes utilizadas sem qualquer tipo de tratamento (TUNDISI & TUNDISI, 2011). O que pode ocasionar sérias consequências à saúde da população que a consome.

2.3 ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA

A falta dos serviços de saneamento básico é um dos maiores problemas ambientais e sociais do país. A carência desses serviços são fatores de riscos para a saúde pública e contribui para a degradação do meio ambiente servindo de fonte de contaminação dos recursos hídricos (BRASIL, 2009). A água contaminada veicula inúmeros agentes infecciosos causadores de enterites e diarreias infantis, principais fatores do elevado índice de mortalidade infantil no país (BRASIL, 2014).

A falta de rede de distribuição de água leva a população a utilizar soluções alternativas como poços rasos, essa alternativa quando construída fora dos critérios técnicos adequados coloca em risco a qualidade da água subterrânea, à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas (suscetíveis à contaminação) com as águas mais profundas menos vulneráveis à contaminação (ANA, 2007).

A falta da rede de tratamento de esgoto, principalmente, nas cidades com elevada densidade populacional, portanto com elevadas taxas de produção de esgoto podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, por meio da infiltração por fossas negras e escoamento superficial, que acaba contaminando essas águas (ANA, 2007). Situação comum que ocorre nos centros urbanos em quase todos os estados brasileiros, acarretando poluição bacteriológica e físico-química (TUCCI, 2003).

A água pode veicular um elevado número de enfermidades para o ser humano, a transmissão pode se dar pela ingestão de água que contenha componente nocivo à saúde provocando doenças, quantidades insuficientes de água podem causar doenças relacionadas à higiene inadequada, além de proporcionar condições à vida e reprodução de vetores ou agir como reservatórios de doenças (BRASIL, 2006). No Brasil são exemplos de doenças resultantes da falta de saneamento, principalmente em áreas pobres, cólera, dengue, esquistossomose, leptospirose, diarreia (BRASIL, 2009).

Segundo o Instituto Trata Brasil, em 2011 no Brasil 396.048 pessoas foram internadas por diarreia, 35% eram crianças menores de 5 anos, gerando gastos ao Sistema Único de Saúde (SUS) de R\$ 140 milhões. Porto Velho, capital do estado de Rondônia aparece em sexto lugar entre as 10 cidades com maiores percentuais de internações infantis com 72,4%. A média de internações nas cidades com menores índices de rede de coleta e tratamento esgoto foi 25 vezes maior do que em cidades com maior cobertura do serviço, refletindo na saúde as consequências da utilização de medidas alternativas, para o manejo de despejos domésticos.

É importante salientar que o controle da qualidade da água distribuída, exercido pela entidade responsável, assim como a vigilância por meio dos órgãos de saúde pública são instrumentos essenciais para garantir à saúde dos consumidores. A inspeção do produto ocorre mediante a realização de análises físico-químicas e microbiológicas (BRASIL, 2006).

2.4 CASOS DE DIARREIA

As doenças de transmissão hídricas mais comuns são as doenças infecciosas, causadas por vírus, bactérias, ou protozoários e helmintos, e constituem-se no principal agravo a saúde pública associado com a contaminação da água. Assim o uso de tal água para consumo humano, pode resultar em infecção, frequente nos países cujo saneamento básico é deficiente (RIBEIRO, 2004).

A diarreia é uma doença que afeta mais de quatro bilhões de pessoas por ano, entre as causas dessa doença destacam-se as condições inadequadas de saneamento, especialmente em áreas pobres (BRASIL, 2009).

É importante ressaltar que *E.coli* apesar de fazer parte da flora normal dos animais de sangue quente, quando presente na água representa risco à saúde humana, uma vez que existem algumas linhagens associadas com diarreia humana, integrando o grupo de enteropatógenos causadores de diarreias infecciosas que elevam as taxas de morbidade e mortalidade infantil (RIBEIRO, 2004).

De maneira geral, os distritos de Presidente Médici e Bandeira Branca, não diferem do cenário nacional onde os serviços de saneamento não estão disponíveis de forma igualitária, e em muitas localidades o acesso não existe ou se dá de maneira irregular.

Com relação ao abastecimento de água a cidade é atendida pela Companhia de Águas e Esgoto do Estado de Rondônia-CAERD, no entanto devido aos valores cobrados para o abastecimento, e a falta de confiança no serviço prestado, alguns moradores optam por utilizar fontes alternativas, como a água de poços rasos.

Segundo Serena (2016), em estudo desenvolvido no distrito de Presidente Médici, em que avaliou a relação entre casos de diarreia e a falta de saneamento, verificou-se que entre janeiro de 2011 a abril de 2016, todos os meses foram registrados casos da diarreia (figura 1). O ano de 2012 foi o que apresentou maior número de casos.

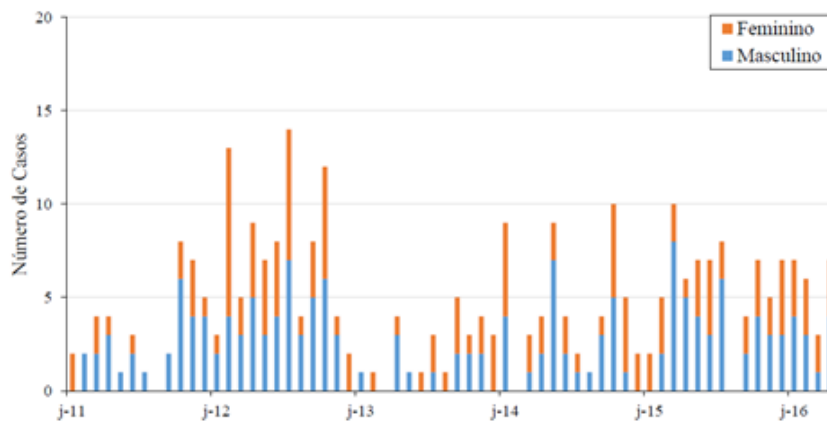


Figura 1- Número casos de diarreia na população do distrito de Presidente Médici (janeiro/2011 a abril/2016). **Fonte** (SERENA, 2016).

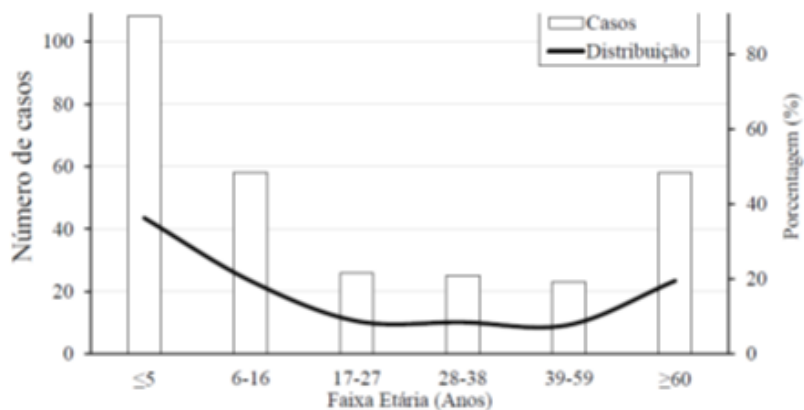


Figura 2- Distribuição do número de casos de diarreia por faixa etária. **Fonte** (SERENA, 2016).

A falta de acesso a água potável, assim como a carência de infra-estrutura de saneamento, coloca a população em situações de risco a saúde, resultando no aumento da

incidência de doenças, que acometem principalmente crianças e idosos desnutridos e imunodeprimidos (RAZOLINI, 2008). Tal situação ocorre no município de Presidente Médici, onde 36% dos casos de diarreia ocorreram em crianças de até 5 anos (figura 2).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística as internações em decorrência de diarreias no município de Presidente Médici são de 1,4 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2017). O provimento adequado de água em qualidade e quantidade, é essencial para o desenvolvimento socioeconômico local, resulta em melhoria das condições de vida agindo como controle e prevenção de doenças, aumento da expectativa de vida e da produtividade (RAZOLINI, 2008). A melhoria da qualidade de vida está condicionada à cobertura e à qualidade dos serviços de saneamento disponíveis, ademais a situação do Brasil ainda é preocupante no que tange ao esgotamento sanitário.

Em Presidente Médici, a instalação da rede de coleta e a estação de tratamento de esgoto, foi implantada recentemente para atender 50% da população, no entanto ainda não esta em funcionamento, os 50% restante será implantado posteriormente (SERENA, 2016). Contudo além da coleta de esgoto faz-se necessário a desativação das fossas existentes na área após a ligação à rede de esgoto, para eliminação da fonte de contaminação e proteção da água subterrânea.

2.5 ÁGUA E LEGISLAÇÃO

Em 1997 entrou em vigor a lei da Política Nacional de Recursos Hídricos 9.433, de 8 de janeiro de 1997, também conhecida como lei das águas. Nela a água é considerada um bem de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Essa lei tem como principal objetivo assegurar a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, bem como promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos.

Com relação às águas subterrâneas, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA n° 396 de 3 de abril de 2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das mesmas, e para a prevenção e controle da poluição das mesmas. Segundo o Art. 21, os órgãos ambientais, juntamente com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implantação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea, em caráter excepcional e temporário, quando, em

função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas. Os órgãos ambientais deverão articular-se para definição das restrições e das medidas de controle.

Para realizar o controle da poluição das águas, utilizam-se os padrões de qualidade que definem os limites de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer, a legislação que estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade é a Portaria n° 2.914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.

Esta Portaria se aplica a água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água. Em seu Art. 4º, é colocado que toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

A referida legislação traz como definições no seu art. 5º I - que a água para consumo humano é água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e a higiene pessoal, independentemente da sua origem; II- Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça risco a saúde (BRASIL, 2011).

2.6 PARÂMETROS UTILIZADOS PARA AVALIAR A QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (SPERLING, 2014). A fim de verificar a qualidade da água subterrânea no presente trabalho foram analisados parâmetros físico-químico como temperatura, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), condutividade elétrica (CE), potencial Hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e fósforo dissolvido, assim como parâmetros microbiológicos através de análises de coliformes totais (CT), e *Escherichia coli* (*E.Coli*).

A temperatura da água expressa a medição da intensidade de calor. Sua alteração pode ocorrer por fontes naturais como a transferência de calor por radiação (energia solar), condução e convecção (atmosfera e solo), ou por origem antropogênica através de despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas (SPERLING, 2014).

A temperatura exerce influência direta na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade dos gases (HELLER & PÁDUA, 2010). Elevadas temperaturas aumentam a taxa de transferência de gases que pode gerar mau cheiro e liberação de gases com odores desagradáveis (SPERLING, 2014).

A turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação, devido a partículas suspensas (argila, silte, areia, rochas) sendo o material em suspensão responsável pela cor aparente da água (ESTEVES, 2011).

Pode não acarretar inconvenientes sanitários diretos, mas é esteticamente desagradável na água potável, no entanto, os sólidos em suspensão podem servir de escudo para microrganismos patogênicos, reduzindo a ação dos desinfetantes. A turbidez também pode ocorrer por origem antropogênica como por despejos industriais, microrganismos e erosão. A turbidez pode ser expressa por meio de unidades de turbidez (SPERLING, 2014).

Todos os contaminantes da água, exceto os gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Portanto, a presença de sólidos na água pode estar associada a características físicas, químicas ou biológicas (SPERLING, 2014).

Quanto a suas características físicas (estado e tamanho), os sólidos podem ser divididos em sólidos em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) são partículas que podem ser retidas por processos de filtração. Sólidos dissolvidos (voláteis e fixos) são partículas com diâmetro menor que $10^{-3}\mu\text{m}$, que permanecem em solução após a filtração (HELLER & PÁDUA, 2010).

A entrada de sólidos na água pode se dar de forma natural por processos erosivos, organismos e detritos orgânicos, e antrópica por meio de lançamento de lixo e esgotos. O padrão de potabilidade refere-se aos sólidos totais dissolvidos com um limite máximo de 1.000mg.L^{-1} , já que este reflete a influência de lançamentos de esgotos e afeta a qualidade organoléptica da água (BRASIL, 2014).

A condutividade elétrica da água indica sua capacidade de transmitir corrente elétrica devido à presença de substâncias dissolvidas (ânions e cátions). A determinação da condutividade elétrica permite estimar a quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes na água (HELLER & PÁDUA, 2010). A condutividade em águas doces varia de 10 a $100\mu\text{S.cm}^{-1}$ (microSiemens). Valores de condutividade igual ou maior que $1.000\mu\text{S.cm}^{-1}$ indicam que as águas estão salobras ou podem estar poluídas por esgoto doméstico ou industrial (BRASIL, 2006).

O potencial hidrogeniônico é a concentração de íons hidrogênio (H^+) e indica as condições de acidez, neutralidade e alcalinidade da água podendo variar de 0 a 14, $pH=7$ é neutro, $pH<7$ indica acidez, e maiores indicam alcalinidade (SPERLING, 2014).

Podendo ser originado da dissociação do ácido carbônico (gera valores baixos de pH), e de reações de íons carbonato e bicarbonato que elevam os valores de pH (ESTEVES, 2011). Esse parâmetro é importante devido afetar muitas reações químicas no meio (BRAGA et al., 2005). Pode ser influenciada por características dos solos, dissolução de rochas e fotossíntese, assim como por ações antrópicas como despejo doméstico e industrial, não apresenta implicações para saúde pública a menos que esteja com valores extremamente baixos, ou elevados podendo causar irritações nos olhos e pele (SPERLING, 2014).

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. Sua solubilidade em água depende de fatores como pressão e temperatura, sendo que com a elevação da temperatura e diminuição da pressão ocorre a redução da solubilidade do oxigênio (ESTEVES, 2011).

O oxigênio dissolvido (OD) pode ter origem natural através da dissolução do oxigênio atmosférico na água, e produção por organismos fotossintéticos, e antropogênica por introdução de aeração artificial, produção por organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados (SPERLING, 2014). As perdas de oxigênio dissolvido se dão pela respiração de plantas e animais aquáticos e através de atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica e oxidação química (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

O oxigênio dissolvido é essencial para os organismos aeróbios, a redução do OD no meio pode levar a morte de seres aquáticos, o consumo total do oxigênio das águas pelas bactérias na estabilização da matéria orgânica leva as condições anaeróbias o que pode gerar maus odores, assim como pode indicar poluição por despejos orgânicos (SPERLING, 2014).

Com relação ao nitrogênio, dentro do ciclo na biosfera, está presente de várias formas (frações): nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2). Dentre as diversas frações, o íon amônio e o nitrito são de grande importância nos ecossistemas aquáticos, sendo as principais fontes de nitrogênios para os produtores primários (ESTEVES, 2011).

Na decomposição da matéria orgânica, há formação de amônia (NH_3), este através dos processos de nitrificação é transformado em NO_2^- e NO_3^- em condições aeróbicas a partir de atividades bacterianas, e a desnitrificação ocorre em condições próximas à anaerobiose,

onde NO_3^- é reduzido a NO_2^- e a N_2 (TUNDISI & TUNDISI, 2008). As bactérias *Nitrosospiras* e *Nitrosomonas* são os principais gêneros responsáveis pela oxidação da amônia a nitrito, a oxidação de nitrito a nitrato é realizada, principalmente, pelo gênero *Nitrobacter* (ROLAND et al., 2005).

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser a chuva, tempestades atmosféricas de raios, aporte orgânico e inorgânico de origem adjacente, aporte de efluentes domésticos e industriais não tratados (ESTEVES, 2011).

Geralmente o nitrito é encontrado em concentrações reduzidas ($0,001\text{mg.L}^{-1}$), indicando poluição recente, sendo associados à qualidade microbiológica insatisfatória da água (HELLER & PÁDUA, 2010). Em altas concentrações o nitrito é extremamente tóxico a alguns organismos aquáticos e até ao homem (ESTEVES, 2011).

Recentemente tem se admitido a possibilidade de se formar nitrosaminas carcinogênicas por reação entre aminas dos alimentos com os nitritos ingeridos ou oriundos da transformação de nitratos (HELLER & PÁDUA, 2010).

O nitrato é altamente solúvel e abundante em águas que recebem altas concentrações de nitrogênio devido a descargas de esgoto doméstico e atividades agrícolas (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Em águas destinadas ao consumo humano, o nitrato em concentrações elevadas, pode causar a doença da cianose ou metahemoglobinemia (síndrome do bebe azul), que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês (SPERLING, 2014).

A determinação da forma predominante do nitrogênio pode indicar o estágio de poluição, sendo que poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto que a poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato (SPERLING, 2014).

Nas águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade, assim como, é o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

As formas de fósforos presente em águas naturais encontram-se sob a forma de fosfatos: fósforo particulado (P-particulado) orgânico (presente nas estruturas de organismos vivos ou mortos e excretas) e inorgânico (fosfato adsorvido a partículas como argilas), fósforo dissolvido (P-dissolvido) orgânico (nucleotídeos, coloides orgânicos e ésteres de fosfato) e inorgânico (ortofosfato e polifosfato), e fósforo total (P-total) somatória de todas as formas de P presentes na água (ESTEVES, 2011).

O fósforo inorgânico dissolvido corresponde principalmente ao ortofosfato (P-orto, PO_4^{3-}). Dentre as frações do fósforo a de maior relevância é o (P-total) por ser utilizado como estimativa do grau de fertilização (estado trófico), e o P-orto devido ser a principal forma assimilada pelos vegetais aquáticos, microalgas e bactérias (ESTEVEES, 2011).

O fósforo pode estar presente nas águas por processos naturais como dissolução de compostos do solo e rochas, decomposição da matéria orgânica e o fósforo de composição celular de microrganismos, e por origem humana através de despejos domésticos, industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes e pesticidas (SPERLING, 2014).

Em águas naturais não poluídas as concentrações de fósforo situam-se na faixa de $0,01\text{mg.L}^{-1}$ a $0,05\text{mg.L}^{-1}$ (BRASIL, 2014).

Os microrganismos patogênicos são introduzidos na água juntamente com material fecal dos esgotos podendo ser de vários tipos (bactérias, vírus, protozoários). Não são residentes naturais do meio aquático tendo sobrevivência limitada na água, podendo alcançar o ser humano através da ingestão ou contato com água contaminada causando doenças (BRAGA et al., 2005).

A identificação e a quantificação de agentes patogênicos em amostras de águas apresentam limitações técnico-analíticas e financeiras, contudo faz-se o estudo dos organismos indicadores de contaminação fecal. Tais organismos não são predominantemente patogênicos, mas dão indicação de quando uma água apresenta contaminação, e consequentemente sua potencialidade em transmitir doenças (HELLER & PÁDUA, 2010).

Tais bactérias são utilizadas, pois existem em grande número na matéria fecal, não existem em nenhum outro tipo de matéria (10^9 a 10^{12} células por dia). Algumas bactérias (ex. *E. coli*) não se reproduzem na água ou solo sendo exclusivo no interior do intestino, apresentam um grau de resistência no meio superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Os mecanismos de remoção dos coliformes em água são os mesmos de remoção das bactérias patogênicas, e sua caracterização e quantificação são feitas por métodos relativamente mais simples (BRAGA et al., 2005, SPERLING, 2014).

Os principais indicadores de contaminação utilizados são **Coliformes totais (CT)**: grande grupo de bactérias que tem sido isolada de amostras de água e solo poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e animais de sangue quente, são organismos de vida livre e não intestinal, podendo ser entendidos como coliformes “ambientais” (SPERLING, 2014).

Coliformes fecais (CF): são um grupo de bactérias indicadoras de organismos predominantes do trato intestinal humano e outros animais (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*) o teste é realizado em altas temperaturas, porém mesmo nessas condições é possível encontrar a presença de bactérias não fecais, ou seja, de vida livre não dando garantia da contaminação fecal, por essa razão prefere denominar como **coliformes termotolerantes** (SPERLING, 2014).

Escherichia coli (**E.C**): é a principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes, sendo encontrada em fezes humanas e de animais de sangue quente, é a única que dá a garantia de contaminação exclusivamente fecal, no entanto não garante que a contaminação seja de origem humana (SPERLING, 2014).

2.7 FLUXO SUBTERRÂNEO

O movimento da água subterrânea é guiado pela força gravitacional e pela diferença de pressão entre dois pontos, exercida pela coluna de água sobrejacente aos pontos e pelas rochas adjacentes, essa diferença de pressão é o potencial hidráulico que promove o movimento da água de pontos com alto potencial (cristas do nível freático), para zonas de baixo potencial (fundos de vales), essa pressão pode causar fluxos ascendentes contrários à gravidade (TEIXEIRA et al., 2009).

A união de pontos com mesmo potencial hidráulico em superfície define as linhas equipotenciais do nível freático, o fluxo de água partindo de um potencial maior para o menor define uma linha de fluxo, que segue o caminho mais curto entre dois potenciais diferentes, num traçado perpendicular as linhas equipotenciais (TEIXEIRA et al., 2009).

O aproveitamento da água subterrânea pode ocorrer por meio dos aquíferos artesianos ou freáticos normalmente de menor profundidade e de menor custo de escavação, no entanto uma vez que sua zona de recarga abrange praticamente toda a extensão do lençol, conseqüentemente aumenta a possibilidade de contaminação por fossas, postos de gasolina e outras fontes de poluição (BRASIL, 2014).

O estudo da tendência da direção do fluxo das águas subterrâneas é importante para obter-se a direção da pluma em caso de contaminação. Como existem pontos potenciais de contaminação e circulação de água subterrânea, conhecendo-se a tendência de direção de

fluxo pode-se planejar e prever ações voltadas a minimizar este risco ou, em casos mais graves evitar a instalação de novos empreendimentos poluidores (LÖBLER et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Presidente Médici conta com uma população estimada de 22.124 habitantes. Em divisão territorial datada do ano de 2005 a área é formada por 5 distritos: sendo eles Presidente Médici, Estrela de Rondônia, Novo Riachuelo, Vila Camargo e Bandeira Branca (IBGE, 2017). O presente estudo foi realizado no distrito de Presidente Médici e Bandeira Branca.

Segundo o Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia toda a extensão territorial do Município de Presidente Médici (1.686,70km²) se encontra definida de acordo com as diretrizes traçadas pela sub-zona 1.1, caracterizadas por áreas com alto nível de ocupação humana e alto potencial natural apresentando solos com boa aptidão agrícola e com baixa susceptibilidade a erosão. Onde o uso da floresta natural já não pode ser feito, devido ao elevado nível de antropismo, sendo destinada a consolidação de atividade socioeconômica (ZSEE-RO, 2010).

Os solos encontrados no território central do estado são em grande parte compostos por latossolos, são solos intemperizados, bem desenvolvidos, profundos (de 1 a 2m) ou muito profundos (>de 2m), bem drenados, pouca diversidade de cor e textura, com maior resistência a erosão, baixa fertilidade, exceto os latossolos vermelhos (PESACRE, 2007).

O relevo é constituído predominantemente sobre rochas do embasamento cristalino, com altitude média entre 200 a 300m, com áreas de relevos ondulados e fortemente ondulados, havendo limitações nas áreas fortemente ondulados devido à alta declividade da topografia e ao alto teor de alumínio nos solos álicos (PESACRE, 2007).

Por estar localizado na Amazônia Ocidental, o Estado de Rondônia possui clima do tipo Aw-clima tropical Chuvoso com período seco bem definido segundo Koppen. A média anual da precipitação pluviométrica varia entre 1.400 a 2.600mm/ano, e nos meses de julho a agosto de 20mm (SEDAM, 2010).

Dados de séries temporais de precipitação apresentados na Figura 3, obtidos do Programa de Grande Escala da Biosfera Atmosfera na Amazônia-LBA, demonstraram que na

região, os meses com maiores precipitações mensais, entre os anos de 1998 a 2017, variaram entre dezembro a março, e os meses com menores precipitações foram entre junho a agosto.

Nos anos em estudo as maiores precipitações médias mensais ocorreram nos meses de março, sendo de 424,79mm no ano de 2016 e de 322,89mm em 2017. As menores precipitações médias mensais ocorreram nos meses de julho a agosto de 2016 (0mm), e no mês de julho de 2017 (0mm).

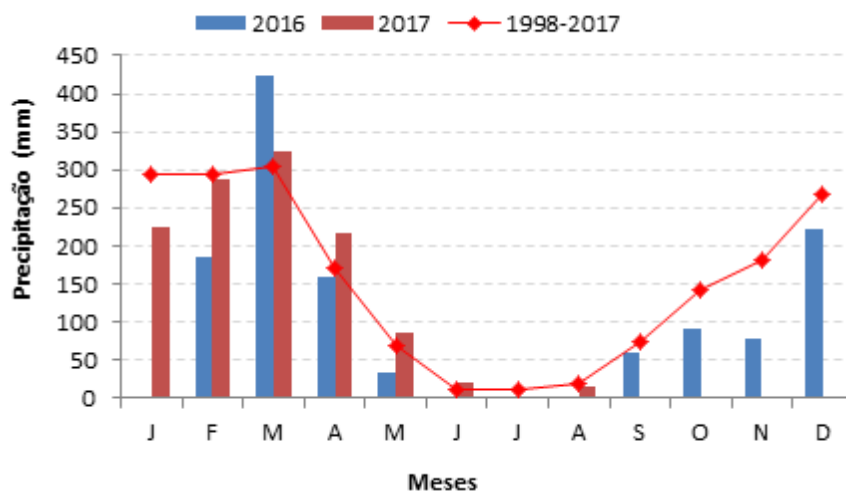


Figura 3: Precipitação média mensal do período de 1998 a 2017, e dos anos de estudo, 2016 e 2017.
Fonte: LBA.

A rede hidrográfica do Estado de Rondônia é composta pelo rio Madeira e seus tributários, fazendo parte da grande bacia hidrográfica Amazônica. Os principais rios em volume e/ou extensão são os rios Madeira, Abunã, Machado (ou Ji-Paraná), Mamoré, Guaporé, Jamari e Roosevelt. Sendo a bacia hidrográfica do Madeira a mais representativa do estado, que apesar de contar com elevadas disponibilidades hídricas superficiais, os mananciais já sofrem com os efeitos antrópicos (SEDAM, 2016).

A hidrografia do território Central é constituída principalmente pela bacia do rio Machado, segundo maior afluente do rio Madeira (PESACRE, 2007), é o maior rio estadual em extensão, com aproximadamente 1.243km, desde a nascente no rio Ávila (Vilhena) até sua foz no rio Madeira (distrito de Calama). O rio Machado é formado pela confluência dos rios Pimenta Bueno e Comemoração, drenando a área mais povoada do estado. Sua bacia possui cerca de 80.630,56km² (SEDAM, 2016). Apresentando planícies de inundações mais expressivas, porém descontínuas e limitadas ao seu médio-baixo curso (AMILCAR, 2010).

Quanto ao aquífero no estado de Rondônia, os aquíferos cristalinos são predominantes em quase sua totalidade, incluindo o município de Presidente Médici (ANA, 2007). A parte do estado de Rondônia onde predomina o tipo de aquífero sedimentar se refere à bacia do Parecis localizada no extremo sul do estado, na área de afloramento do Sistema Aquífero Parecis estão inseridos os municípios Vilhena, Chupinguaia, Pimenteiras D'Oeste, Corumbiara, Alto Alegre dos Parecis, Parecis e Colorado D' Oeste (CPRM, 2012).

3.2 AMOSTRAGEM

Foram selecionadas de forma aleatória residências que utilizavam poços para captação de água destinada ao consumo humano, e cujos responsáveis aceitaram participar da pesquisa mediante assinatura do termo de livre consentimento. Foram amostradas 10 residências localizadas no distrito de Bandeira Branca (Figura 4), sendo as coletas realizadas nos meses de fevereiro e de outubro do ano de 2016.

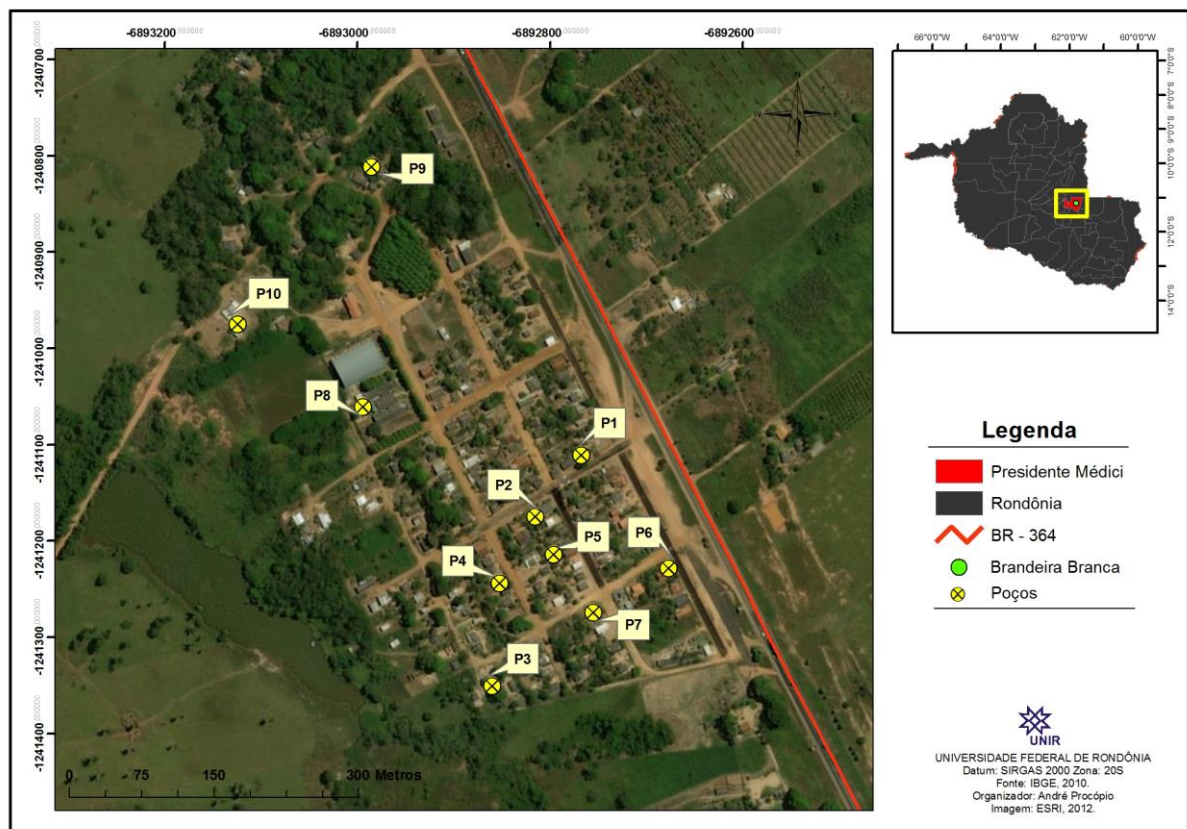


Figura 4- Localização do distrito de Bandeira, município de Presidente Médici, Rondônia, Brasil.

No distrito de Presidente Médici foram amostradas 11 residências (Figura 5), sendo as coletas realizadas nos meses de abril e junho do ano de 2017.

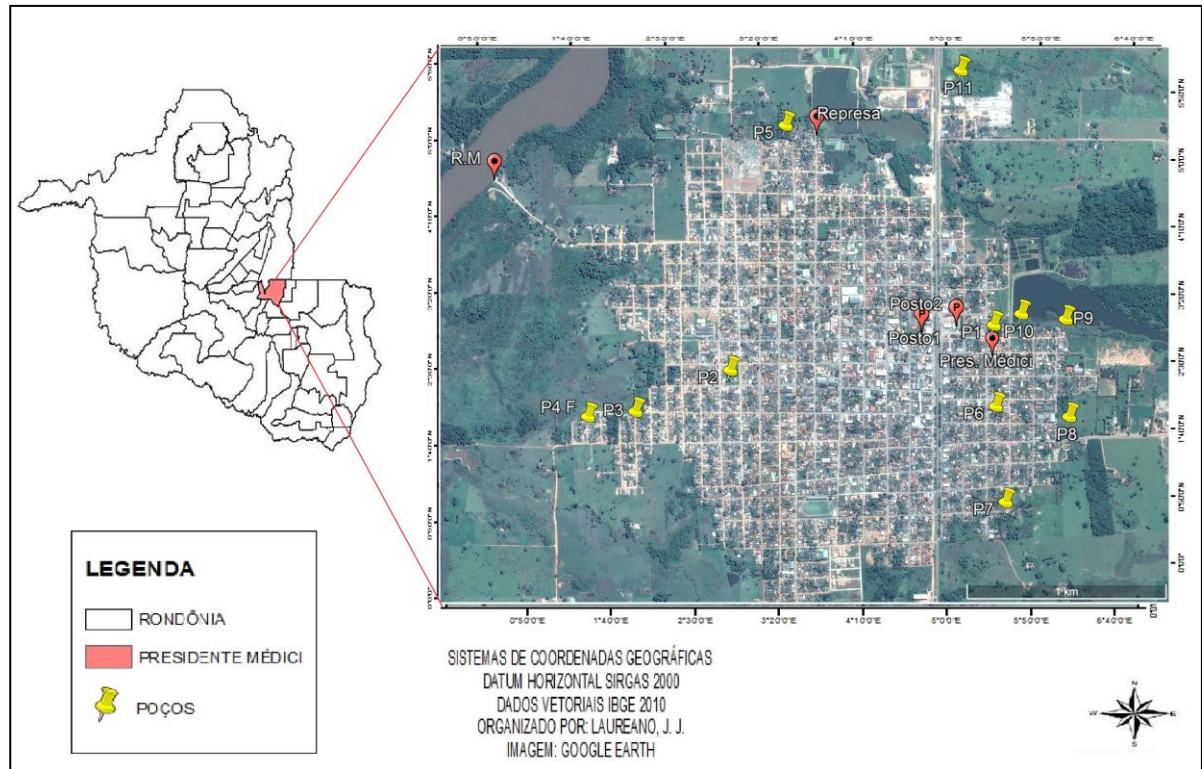


Figura 5- Localização do distrito de Presidente Médici, Rondônia, Brasil.

No momento da coleta foram demarcadas as coordenadas geográficas dos poços utilizando GPS (Garmin Etrex Vista H 2,8”), bem como obtidas as cotas do poço e da fossa. Com uso de trena foi determinada a distância entre poço e fossa, e o nível de água do poço. Paralelamente a estas medidas, foram observadas as características construtivas dos poços, como a presença e condições do revestimento e da tampa.

3.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A coleta da água dos poços para realização de todas as análises foi realizada utilizando um coletor para água subterrânea (Figura 6), sendo coletada diretamente do poço.

A água destinada a análise microbiológica foi coletada em garrafas de água mineral (500mL), lacradas abertas no momento da coleta, onde a água mineral foi descartada e a garrafa “rinsada” com a água do ponto de coleta. Após, as mesmas foram acondicionadas em caixas isotérmicas refrigeradas até o momento da análise realizadas em menos de 24 horas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM (UNIR- campus de Ji-Paraná). As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas conforme o método de membrana filtrante em meio cromogênico, descrito em APHA (1995).

O método consiste em filtrar em membrana de éster de celulose (0,45 μ m) 100mL da amostra com auxílio de uma bomba a vácuo e sistema kitassato (Figura 7).



Figura 6- Coletor de água subterrânea. **Figura 7-** a) Bomba a vácuo e sistema Kitassato, **Fonte:** Os organizadores. b) Placa de Petri c) Estufa bacteriológica.

Em seguida as membranas foram dispostas em placas Petri com meio de cultura *chromocult coliform agar*. As amostras foram incubadas em estufa bacteriológica por 24 horas a uma temperatura de $35\pm 2^{\circ}\text{C}$, observando-se a presença de coliformes totais (colônias rosa/lilás) e *E. coli* (colônias violetas/pretas), sendo que o número de coliformes totais é igual a soma dos coliformes totais e *E. coli*. Após a contagem do número de colônias formadas, os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por 100mL (UFC/100mL).

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As variáveis físico-químicas foram determinadas *in loco* por meio de sondas específicas para cada parâmetro (Figura 8 a, b) A condutividade elétrica medida com condutivímetro portátil (Amber Science, modelo 2052), a temperatura e o potencial hidrogênioônico (pH) determinadas com pHmetro portátil (ORION, modelo 250 A). As análises de turbidez foram realizadas com auxílio de turbidímetro de bancada, (Figura 8-c) (HACH, modelo 2100 P).



Figura 8- a) Condutivímetro, b) pHmetro, c) Turbidímetro de bancada.

Fonte: Os organizadores.

O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método titulométrico de Winkler (1988). O método baseia-se na oxidação do hidróxido de manganês pelo oxigênio dissolvido, em meio de iodeto alcalino, resultando um composto livre e equivalente a quantidade de oxigênio dissolvido e é determinado por titulação com uma solução padrão de tiosulfato de sódio.

A análise de sólidos totais dissolvidos foi realizada utilizando-se método gravimétrico, onde os cadinhos de porcelana foram aquecidos em mufla a 550°C por 1h (Figura 9).



Figura 9- a) Cadinho, b) Mufla, c) Estufa. **Fonte:** Os organizadores.

Em seguida foram colocados a temperatura ambiente em dessecador, e posteriormente foram pesados. Em cada cadinho foram adicionados 10mL da amostra de água filtrada (filtro de microfibras de vidro, 0,45 μ m) no cadinho e levados à estufa (103-105°C). Após evaporação e resfriamento dos cadinhos, os mesmos foram pesados e fez-se a diferença entre os pesos iniciais e finais. Os resultados foram expressos em mg.L⁻¹.

As análises dos nutrientes nitrato, nitrito, amônia, fósforo dissolvido e fósforo total foram realizadas por métodos espectrofotométricos descritos em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995). Para as análises dos nutrientes dissolvidos, utilizou-se amostras previamente filtradas em membranas de acetato de celulose com 0,45 μ m de abertura de poro. Para a análise de fósforo total, utilizou-se amostra de água bruta.

Para determinação da amônia utilizou-se o método colorimétrico azul de indofenol. A determinação das absorbâncias foi realizada em espectrofotômetro (Figura 10), em comprimento de onda de 630nm. Para a análise do nitrito adicionou-se solução de sulfanilamida para formar composto diazônico, o qual reage quantitativamente com n-(1-naftil), para formar um composto fortemente colorido (rósea) onde então foram determinadas as absorbâncias na faixa de 543nm.

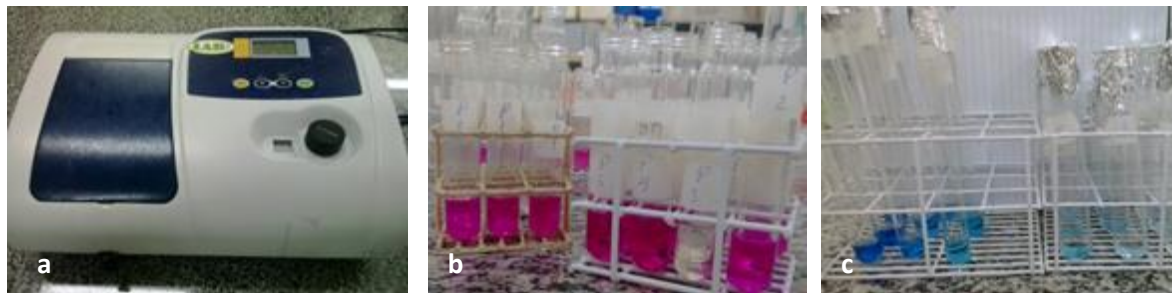


Figura 10- a) Espectrofotômetro, b-c) Determinação de nutrientes. **Fonte:** Os organizadores.

O nitrato foi determinado pelo método da Brucina, onde o íon nitrato reage com a Brucina em meio ácido. A coloração amarelada resultante é determinada por espectrofotômetro na faixa de comprimento de onda 410nm.

Para determinar fósforo dissolvido foram adicionadas as amostras uma solução de molibdato de amônio, ácido sulfúrico, ácido ascórbico e solução de tartarato de antimônio e potássio. Posteriormente, as absorbâncias foram obtidas na faixa de 882nm. Para

determinação do fósforo total adicionou-se as amostras uma solução de persulfato de potássio, as quais foram autoclavadas por 1 hora (100°C e 120atm de pressão), e após resfriamento seguiu-se o procedimento do fósforo dissolvido.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM, na Universidade Federal de Rondônia-UNIR, *campus* Ji-Paraná.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A fim de verificar a formação de padrões temporais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, bem como das características dos poços (profundidade de fundo e de superfície, distância entre poço e fossa, cota do poço e cota da fossa) durante o período em estudo, aplicou-se aos dados a Análise dos Componentes Principais (ACP), via matriz de correlação.

A ACP é uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais, com o propósito de reter o máximo de informação contida nos dados com a menor perda possível da informação (VARELLA, 2008).

É um dos métodos mais utilizados para dados ambientais, busca resumir o conjunto de variáveis ambientais produzindo menos eixos ortogonais, os quais expressam parte da variabilidade das variáveis originais, sendo que quanto mais forte for à estrutura de correlação entre as variáveis, maior será o poder de síntese das novas variáveis, eixo de ordenação (NASCIMENTO, 2006). Agrupando os indivíduos de acordo com sua variação, isto é segundo comportamento dentro da população, representado pela variação do conjunto de características que define o indivíduo (VARELLA, 2008).

As combinações lineares das variáveis que geram a ACP podem ser representadas pelos coeficientes que medem a importância de cada variável, o peso ou (*loadings*) que cada uma possui na combinação linear dos dados. A projeção de cada amostra no novo sistema de eixos gerados fornece os *scores* e cada amostra terá um valor, que podem ser organizados na forma de um gráfico biplot (NASCIMENTO, 2006).

3.6 FLUXO SUBTERRÂNEO

Para determinação do fluxo subterrâneo foram obtidas as coordenadas geográfica e a superfície piezométrica (relação entre altimetria do poço e o nível estático da água) utilizando GPS (Garmin Etrex Vista H 2,8”), e a partir do programa *Surfer 8*, foram gerados os mapas de tendência da direção de fluxo das águas subterrâneas. Também foram obtidas as cotas altimétricas de possíveis pontos de contaminação como cemitérios municipais e postos de combustíveis.

Para a interpolação de dados no *Surfer 8* utilizou-se o método da krigagem, que é considerada uma boa metodologia de interpolação matemática de valores e é indicada para valores baixos e próximos (LOBLER et al., 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QUESTIONÁRIO SÓCIO-AMBIENTAL E CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS

Das residências analisadas no distrito de Bandeira Branca, 60% das casas eram de madeira ou mista, já no distrito de Presidente Médici esse percentual foi de 72,7%. Em Bandeira Branca 70% das residências tinham de 3 a 5 moradores, em Presidente Médici o percentual foi de 63,6%. Em Bandeira Branca 50% dos entrevistados relataram morar no terreno a mais de 5 anos, 30% a mais de 10 anos, 10% a mais de 20 anos. Já em Presidente Médici, 18% moram a mais de 5 anos, 45% moram a mais de 10 anos e 36% mais de 20 anos. Nas duas áreas em estudo em Bandeira Branca 1 morador declarou ter ganhado o terreno, os demais declararam ter comprado.

Quanto à fonte de abastecimento de água, em Bandeira Branca os pontos 1, 2, 6 e 9 utilizam água da Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia-CAERD, paralelo ao consumo da água do poço. Os pontos 3, 5, 7 e 10 utilizam exclusivamente a água do poço para o consumo doméstico, e o 4 faz uso apenas da água fornecida pela CAERD. Em Presidente Médici, 90,9% das residências (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 e 11) utiliza para abastecimento doméstico somente água do poço, já o ponto 6 utiliza água da CAERD e poço.

Quando questionados se realizavam algum tratamento da água antes do consumo, no distrito do Bandeira Branca, 90% informaram realizar a cloração direta no poço, sendo que 20% realizava a cloração uma vez por mês, e 70% de maneira irregular. Em Presidente Médici, a maioria dos participantes (81,8%), também informaram realizar a cloração

diretamente no poço sendo que 36,3% aplicam a cada 1 a 2 meses, e 54,4% de maneira irregular. O responsável pelo ponto 5, declarou não realizar nenhum tipo de tratamento, e o do ponto 11 informou que utiliza água sanitária no processo de desinfecção da água.

Em relação à destinação final dos resíduos sólidos, em Bandeira Branca 100% dos participantes declararam dispor os resíduos através da coleta realizada pela prefeitura, sendo esta realizada uma vez por semana, já em Presidente Medici 72,7% relataram realizar a disposição através da coleta pela prefeitura que ocorre de 1 a 2 vezes na semana, e 27,2% declararam realizar a queima dos resíduos.

Quanto ha relatos de problemas de saúde, em Bandeira Branca os responsáveis por duas residências informaram sentir dor no estômago e haver na família casos de diarreia. Em Presidente Médici além de ocorrência de dor no estômago (1 residência) e diarreia (1 residência) , foi relatado um caso de esquistossomose.

Das características apresentadas pelos poços em análise nas duas áreas em estudo, com relação à profundidade, somente o poço 8 do distrito de Bandeira Branca apresentou maior profundidade, sendo um poço tubular de 38 a 50m de profundidade. Os demais poços são rasos, com valores de profundidade menor que 15m (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1- Características dos poços amostrados no distrito de Bandeira Branca.

Poços	Profundidade poço (m)	Lâmina da água (m)	Tipo de Revestimento	Tampa	Distância Poço-fossa	Cota poço	Cota fossa	Tipo fossa
1	11,70	1,70	M/P	T/A	11,70	186	186	F/N
2	13	2	M/P	T/A	25	183	183	F/N
3	6,90	3	A	T/A	10	174	177	F/N
4	10	2,40	S/R	T/A	5	182	185	F/N
5	12	1,40	S/R	T/A	25	184	184	F/N
6	13,10	3,10	S/R	T/A	8,20	184	184	F/N
7	11,50	2,50	S/R	T/A	33	186	185	F/N
8	38-50	-	-	T/A	11	178	173	F/N
9	7,40	1,50	S/R	T/A	10	165	173	F/N
10	8,60	4,60	S/R	T/A	15	171	173	F/N

Fonte: Os organizadores.

M/P= manilhado parcialmente; A/P= alvenaria parcialmente; A= alvenaria; M= manilhado; S/R= sem revestimento; T/A= tampa de alvenaria; T/M= tampa de madeira; F/N= fossa negra, F/S= fossa séptica.

Tabela 2- Características dos poços amostrados no distrito de Presidente Médici.

Poços	Profundidade poço (m)	Lâmina da água (m)	Tipo de Revestimento	Tampa	Distância Poço-fossa	Cota poço	Cota fossa	Tipo fossa
1	9,32	3,07	S/R	T/A	27,2	172	174	F/N
2	9,72	0,93	M	T/A	20,3	182	183	F/N
3	7,33	2,57	M/P	T/A	21,7	178	178	F/N
4	5,93	1,8	S/R	T/M	8,6	173	173	F/N
5	8,98	1,63	M/P	T/A	17,4	188	184	F/N
6	9,52	2,21	A /P	T/A	30	188	186	F/N
7	6,08	0,81	S/ R	T/A	24,31	180	179	F/S
8	9,86	2,68	M/P	T/A	20,4	189	189	F/N
9	5,45	4,09	S/R	T/A	20	178	175	F/N
10	4,01	2,04	A/P	T/A	20	181	182	F/N
11	6,1	4,2	M	T/A	21	176	175	F/N

Fonte: Os organizadores.

M/P= manilhado parcialmente; A/P= alvenaria parcialmente; A= alvenaria; M= manilhado; S/R= sem revestimento; T/A= tampa de alvenaria; T/M= tampa de madeira; F/N= fossa negra, F/S= fossa séptica.

Em Bandeira Branca 40% das fossas estão em cota altimétrica superior a cota do poço (3, 4, 9 e 10), os poços (1, 2, 5 e 7) apresentam a mesma cota altimétrica que a fossa, já os poços 6 e 8 estão em cota superior a fossa. Em Presidente Médici, 27,7% das fossas estão localizadas em cota superior ao poço (1, 2 e 10). Os pontos 3, 4 e 8 apresentam a mesma cota para poço e fossa, nos pontos 5, 6, 7, 9 e 11, os poços estão em cota superior.

Ressalta-se que a cota altimétrica da fossa superior ao poço, é um facilitador do fluxo do efluente doméstico para o interior do poço, agindo como possível foco de contaminação das águas subterrâneas.

Quanto ao revestimento dos poços em Bandeira Branca (Figura 11) apenas o poço 3 é totalmente revestido com tijolos, os poços 1 e 2 são parcialmente revestidos com manilha, os demais (4, 5, 6, 7, 9 e 10) não possuem revestimento. Já em Presidente Médici, os poços 2 e 11 são totalmente revestidos por manilha, os poços 3, 5 e 8 são parcialmente revestidos por manilha, e os poços 6 e 10 parcialmente revestidos por alvenaria, os demais (1, 4, 7 e 9) não possuem revestimentos.

A falta de revestimento dos poços é uma característica construtiva que favorece a contaminação dos mesmos, pois facilita a entrada de efluentes provenientes das fossas, assim como a percolação dos contaminantes superficiais.

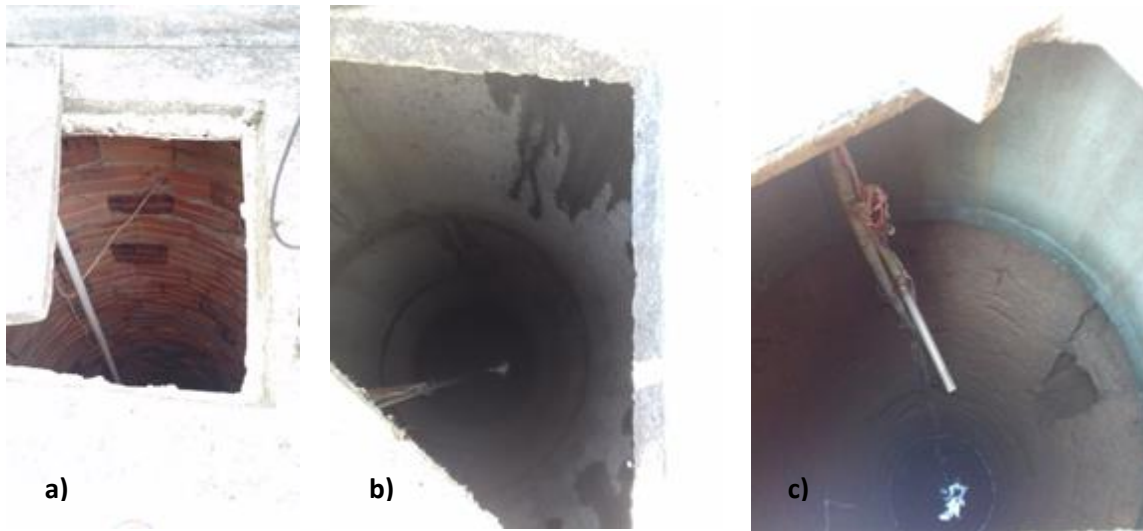


Figura 11- Poços revestidos e sem revestimento; a) Poço 3 em Bandeira Branca ; b) Poço 2 e c) Poço 1 ambos em Presidente Médici. **Fonte:** Os organizadores.

De todos os poços amostrados, nas duas áreas em estudo, somente o poço 4 (Figura 12) em Presidente Médici, possui tampa de madeira, a qual está em más condições, os demais possuem tampas de alvenaria, e em boas condições.



Figura 12- a) Poço 4 com tampa de madeira e b) Poço 6 com tampa de alvenaria ambos em Presidente Médici. **Fonte:** Os organizadores.

Para poços rasos boas condições construtivas garantem a proteção sanitária, e são de extrema importância para a qualidade da água subterrânea, no fundo do poço deve-se utilizar anel pré-moldado de concreto, tijolos, manilhas, ou pedras encaixadas e cascalho na base para permitir a entrada de água. A parede do poço deve ser feita com alvenaria ou concreto e revestida em massa de cimento, devendo ser construída alguns centímetros acima do solo, e

uma laje de concreto deve ser construída ao redor do poço. A impermeabilização e a laje evitam a infiltração de contaminantes da água subterrânea (IRITANI & EZAKI, 2012).

Quanto ao esgotamento sanitário, apenas uma residência em Presidente Médici (ponto 7) utiliza de fossa séptica para destinação do esgoto doméstico, as demais utilizam fossas negras. No distrito de Presidente Médici, algumas ruas já possuem instalada a rede de coleta de esgoto, no entanto, até a conclusão desta pesquisa, a rede encontrava-se inoperante, e dos pontos amostrados nesse estudo apenas o ponto 10 era contemplado pela rede de coleta.

Em relação à distância entre poço e fossa, em Bandeira Branca 60% dos poços (1, 3, 4, 6, 7 e 9), e o poço 4 em Presidente Médici, são menores que a distância recomendada (15m) pela NBR 7.229/93, que trata de Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

No momento da coleta foi possível observar a presença de galinheiros próximos aos poços nos pontos 1, 2 e 3 de Bandeira Branca, e 1, 3, 5 e 8 em Presidente Médici, assim como presença de animais domésticos na área dos poços 10 (Bandeira Branca) e 2 (Presidente Médici). No ponto 5 de Bandeira Branca, há a presença de um mictório a 3m do poço e em cota superior ao mesmo. O poço 10 de Presidente Médici não foi realizado coleta no mês de junho devido à residência estar fechada na ocasião.

Levantar os aspectos sócio-ambientais da população estudada, bem como as características dos poços, é de extrema importância em pesquisas na temática *qualidade da água subterrânea*, visto que, tais aspectos podem explicar a contaminação da água dos poços.

Pesquisas sobre a temática indicam que aspectos construtivos são um dos principais fatores que contribuem na contaminação da água subterrânea, Ferreira (2013) no seu estudo desenvolvido em área rural, na região central de Rondônia, onde analisou 11 poços utilizados para abastecimento de água, associou a contaminação por *E. coli*, a proximidade com locais de criação de animais e as formas de construção dos poços assim como a declividade do terreno em direção aos poços.

Cremonese (2014), em estudo desenvolvido no Bairro Boa Esperança em Ji-Paraná onde analisou 10 poços, encontrou maior densidade de coliformes e *E. coli* em poços próximos as fossas, apresentando cota da fossa em relação ao poço como facilitador da contaminação visto as condições construtivas dos poços inadequadas.

4.2 VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS

Os resultados das análises microbiológicas encontram-se nas tabelas 3 e 4. Com relação aos coliformes totais em 100% das residências analisadas nos dois períodos foi encontrado esse grupo de microrganismos.

Tabela 3- Resultado de coliformes totais e *E. coli*, no distrito de Bandeira Branca.

Poços	Coliformes totais UFC/100mL		<i>E. coli</i> UFC/100mL	
	Chuva (fevereiro)	Seco-chuva (outubro)	Chuva (fevereiro)	Seco-chuva (outubro)
1	6.000	4.000	1.000	1.000
2	>51.000 (diluição 1.000x)	92.000	1.000	>50.000 (diluição 1.000x)
3	10.038	5.900	38	2.000
4	14.400	14.200	400	9.000
5	1.100	10.000	500	1.000
6	24.200	5.000	200	100
7	12.001	900	1	100
8	5.100	11	5.000	Ausente
9	22.000	50.115	6.000	115
10	7.000	202	1.000	2
Port. MS 2.914/11				
Conama 396/08				
	Ausente/100mL		Ausente/100mL	

Fonte: Os organizadores.

Tabela 4- Resultado de coliformes totais e *E. coli*, no distrito de Presidente Médici.

Poços	Coliformes totais UFC/100mL		<i>E. coli</i> UFC/100mL	
	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)
1	2.100	8.032	100	32
2	9.002	37.000	2	14.000
3	2.005	32	5	Ausente
4	120	6.005	10	5
5	2.040	14.000	40	2.000
6	1.025	1.004	25	4
7	4.060	19.000	60	1.000
8	15.000	57.000	5.000	1.000
9	6.110	>112.000 (diluição 1.000x)	110	>56.000 (diluição 1.000x)
10	2.120	N/A	2.000	N/A
11	4.000	59	1.000	10
Port. MS 2.914/11				
Conama 396/08				
	Ausente/100mL		Ausente/100mL	

Fonte: Os organizadores. N/A= não analisado

Em Bandeira Branca a densidade máxima encontrada para coliformes totais foi no poço 2 com (>51.000 UFC/100mL), ocorreu em fevereiro (mês representativo do período chuvoso) e em outubro (mês representativo da transição seca-chuva) com 92.000 UFC/100mL.

Já em Presidente Médici a maior densidade de coliformes totais encontrada em abril (mês representativo do período de transição entre chuva-seca) foi no ponto 8, com 15.000UFC/100mL, e em junho (mês representativo do período de seca), ocorreu no poço 9 onde foi encontrada densidade superior a 112.000UFC/100mL na diluição de 1.000 vezes.

Os Coliformes Totais estão associados ao ambiente, podendo ser encontrados em solos e águas não necessariamente contaminados, pois são organismos de vida livre (SPERLING, 2014).

Com relação a *E. coli*, os resultados demonstram que para o mês representativo do período chuvoso (fevereiro) em Bandeira Branca, todos os poços estiveram em desacordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que preconiza a ausência de *E.coli* na água destinada ao consumo humano. Já para outubro (mês representativo do período seca-chuva), apenas o poço 8 não apresentou esse grupo bacteriano, na área de estudo os maiores valores encontrados foram de 6.000 UFC/100mL (poço 9) no mês de fevereiro, e no mês de outubro foi encontrado densidade maior que 50.000UFC/100mL na diluição de 1.000 vezes.

Em Presidente Médici as maiores densidades encontradas foram de 5.000 UFC/100mL (poço 8) no mês de abril (transição de chuva-seca), e no mês de junho (seca) no poço 9 foi superior a 56.000UFC/100ml.

A *E. coli* indica que a água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais de sangue quente, e por consequência há potencialidade da água para transmitir doenças (SPERLING, 2014).

A Portaria nº 2.914/11 e a Resolução CONAMA nº 396/08, estabelece que a água destinada ao consumo humano deve estar ausente tanto de coliformes totais como de *E. coli* em 100mL de amostra, sendo assim a água subterrânea dos poços analisados nas duas áreas em estudo se apresenta imprópria para o consumo humano sem que haja tratamento adequado. Os elevados valores encontrados nos poços das duas áreas em estudo indicam a contaminação pelo esgotamento sanitário e podem ser explicados, pelas características construtivas dos poços e fossas.

No distrito de Bandeira Branca, por exemplo, o poço 2 apesar de apresentar distância entre poço e fossa superior aos 15 metros como o recomendado, possui revestimento parcial, está localizado próximo a um galinheiro (um dos possíveis focos de contaminação) e encontra-se na mesma cota que a fossa. Já o ponto 6 possui distância inferior ao recomendado e se localiza na mesma cota que a fossa, no ponto 9, a fossa encontra-se em cota superior a do poço, e ambos os pontos 6 e 9 não possuem revestimento. Tais fatores podem estar contribuindo para a elevada densidade de bactérias encontradas nesses poços, sendo a cota da fossa superior a do poço um facilitador do fluxo do efluente em sentido ao poço, assim como a falta de revestimento nas paredes dos mesmos, contribui para que ocorra a contaminação.

Na área de Presidente Médici o poço 2 (Figura 13), encontra-se em cota inferior a da fossa, e apesar de possuir revestimento total, no momento da coleta foi possível observar que ocorre a entrada de água de superfície para o interior do poço devido a presença das marcas na parede interna do poço como pode ser observado na figura 13. Além da tampa do poço estar localizada abaixo do nível do piso, existe acesso de animais domésticos próximo ao poço.



Figura 13- Imagens do poço 2 em Presidente Médici, tampa e revestimento interno.

Fonte: Os organizadores.

Destacam-se como fatores contribuintes para a contaminação do ponto 8, seu revestimento parcial apresentar a mesma cota que a fossa, presença de criação de galinhas no terreno, e apresentar elevada quantidade de material orgânico em decomposição disposto em todo o terreno.

Também é relevante destacar, o poço 7 em Presidente Médici (Figura 14). Este, apesar de possuir uma distância de 24,31m da fossa, superior a recomendada pela NBR 7.229/93, esta localizado dentro da área da casa com todo o redor cimentado, e utilizar fossa

séptica para o destino do esgoto doméstico, apresentou contaminação por coliformes totais e *E. coli* nos dois períodos em análise.



Figura 14- Imagens do poço 7 em Presidente Médici.

Fonte: Os organizadores.

Resultados como estes, sugerem que existe um transito de bactérias na água subterrânea, pois mesmo nas residências onde as fossas estão mais afastadas dos poços e onde há revestimento dos mesmos, houve a presença de bactérias do grupo coliformes.

Segundo Silva (2008), não se pode ter como segura a extração de água subterrânea em áreas densamente povoadas e desprovidas de rede de esgoto, pois a proximidade entre poços e fossas (10 a 35m), torna potencialmente perigosa a ingestão destas águas, principalmente os de profundidade inferiores a 10m, não sendo possível estabelecer uma distância segura entre os mesmos, em razão da pouca profundidade do nível d'água.

Em cidades desprovidas de sistemas de coleta e tratamento de esgoto, os esgotos domésticos depositados *in situ* são os principais contaminantes das águas subterrâneas, pois formam uma malha distribuída sobre o aquífero, onde substâncias e materiais diversos são depositados, podendo atingir o lençol facilmente (SILVA, 2008).

Pode-se perceber que entre os dois distritos amostrados, Bandeira Branca apresenta valores de densidade de coliformes totais e *E. coli* superiores aos encontrados no distrito de Presidente Médici.

Uma característica que não é contemplada no presente estudo é o tipo de solo da região, que pode facilitar ou dificultar a mobilidade dos contaminantes. Os solos encontrados no território central do estado de Rondônia são em grande parte compostos por latossolos, que são solos bem drenados (PESACRE, 2007). No entanto um estudo dos solos encontrados na área em estudo seria necessário para inferir sua contribuição para dispersão dos contaminantes.

Os elevados valores de coliformes encontrados no presente estudo não diferem dos resultados encontrados por outros autores em estudos desenvolvidos em diversas cidades do estado de Rondônia. Ramos et al. (2016), no distrito de Nova Londrina (Ji-Paraná) encontraram valores entre 10 a >130.000UFC/100mL para coliformes totais e *E. coli*. Já Oliveira et al. (2015), ao estudarem poços rasos em Vilhena, encontraram 72,7% (8 poços) dos poços em desacordo com a legislação no período de chuva, e 9% (1 poço) no período seco para *E. coli*., com relação a coliformes totais 100% (11 poços) apresentaram contaminação no período chuvoso, e no período seco para 36,3% (4 poços). Faustino et al. (2013), no município de Ariquemes encontraram Coliformes totais e *E. coli* em 100% dos pontos analisados.

4.3 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados encontrados para as análises de temperatura encontram-se na Figura 15. A Portaria nº 2.914/11 do MS e a CONAMA nº 396/08, não estabelecem valores de referência para temperatura, sendo esta influenciada pelas características da região em estudo. No entanto, é considerado um parâmetro importante, pois exerce influência direta na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas e na solubilidade dos gases como o oxigênio dissolvido (BRASIL, 2014).

Nas duas áreas em estudo, os valores de temperatura não sofreram grandes variações, obteve-se uma média no distrito de Bandeira Branca de 27,84°C (fevereiro), e de 28,6°C para o mês outubro. Para Presidente Médici, as médias encontradas nos períodos em estudo foram de 28,48°C (abril) e de 28,62°C (junho).

O valor de temperatura encontrado no poço 11 de Presidente Médici em junho, foi discrepante dos demais poços, isso pode ser explicado devido ao fato da coleta ter sido

realizada diretamente na torneira, visto que, o poço da residência estava lacrado no momento da coleta.

Águas destinadas ao consumo humano, temperatura elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso, assim águas subterrâneas captadas a grandes profundidades necessitam de resfriamento para adequá-las ao abastecimento (BRASIL, 2014).

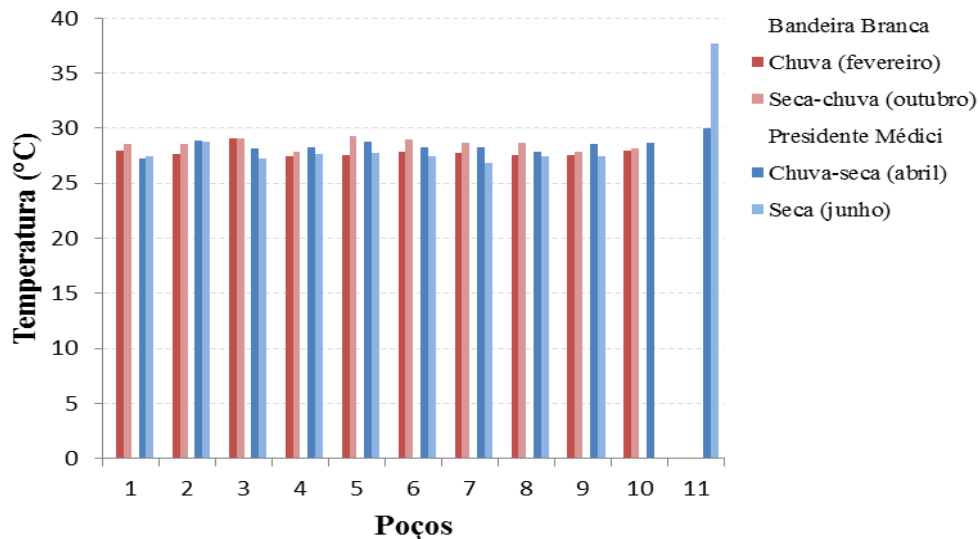


Figura 15- Valores de temperatura obtidos nos períodos em estudos, no distrito de Bandeira Branca e Presidente Mé dici. **Fonte:** Os organizadores.

Estudos realizados na cidade de Ji-Paraná encontraram temperatura próximas aos valores aqui apresentados. Cremonese (2014), obteve valores médios de 28,30°C (chuva) e 27,81°C (seca), já Helbel (2011), encontrou valores médios de 25,80°C (chuva) e 28,60 °C (seca).

Os valores de condutividade elétrica encontrados no presente estudo (figura 16), estiveram entre 21 (poço 6) a 120 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (poço 5) e média de 62,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (fevereiro), e 146,7 (poço 7) a 548 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (poço 9), com média de 286,94 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (outubro) em Bandeira Branca, sendo que os maiores valores ocorreram no período de transição seca-chuva (outubro).

Já na área de Presidente Mé dici, o valor mínimo encontrado foi de 1215 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (poço 2) a 387,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (poço 6) com média de 215,69 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (abril), e de 74,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (poço 9) a 636 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (poço 6), com média de 230,85 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (junho). Foi possível constatar que 6 dos 11 poços avaliados apresentaram maiores valores no período seco.

Martins (2015), ao avaliar 20 poços na localidade de Ji-Paraná, encontrou valor médio de condutividade no mês de maio de $77,25\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e máximo de $153,1\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. No mês de agosto o maior valor encontrado foi de $187,5\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ com média de $60,67\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

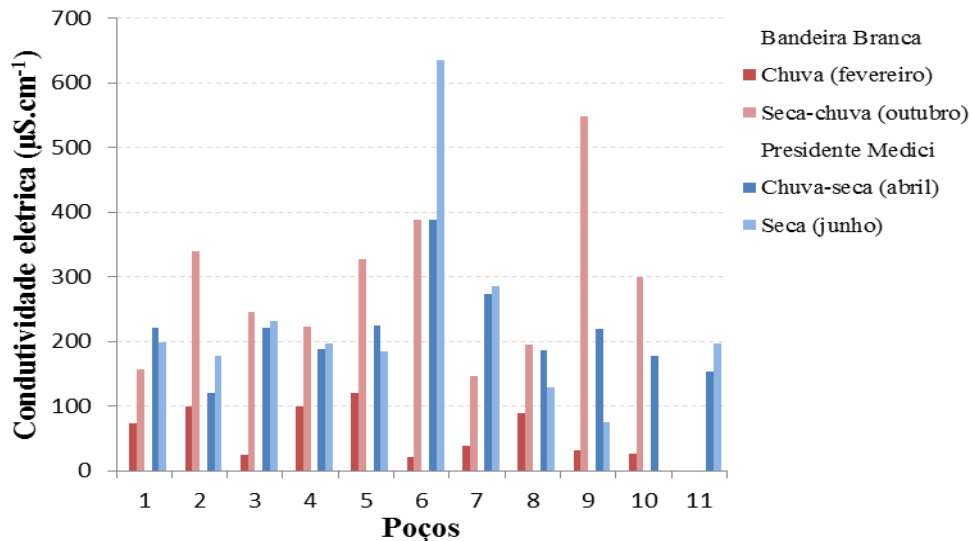


Figura 16- Valores de Condutividade elétrica obtidos no distrito de Bandeira Branca nos meses de fevereiro e outubro/2016, e Presidente Médici nos meses abril e junho/2017.

Fonte: Os organizadores.

Cremonese (2014), avaliando a qualidade da água de poços em áreas de lixões em Ji-Paraná, encontrou no período chuvoso, valores entre 21 a $145\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (média $77,7\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), e de 19 a $89\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (média de $55\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) para o período seco. Diferente do que ocorreu no presente estudo, os autores citados encontraram valores maiores no período chuvoso. Sendo os resultados relacionados à elevação do nível do lençol freático e a entrada de águas de infiltração nos poços, conectando as águas subterrâneas às fontes de contaminação.

Os resultados encontrados no presente estudo apresentam maiores concentrações nos meses representativos do período seco, tal fato pode ser explicado devido à entrada de esgoto proveniente das fossas serem constantes e na seca não há a diluição, concentrando os íons ali presentes.

A Portaria 2.914/11 do MS e a CONAMA 396/08 não estabelecem valores máximos de condutividade elétrica. As águas doces variam de 10 a $100\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e valores iguais ou maiores que $1.000\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam que as águas estão salobras e/ou podem estar poluídas (BRASIL, 2014).

Para fins de potabilidade, a Portaria do MS 2.914/11 estabelece no seu art. 30 que, para garantir a qualidade microbiológica da água deve ser atendido o padrão de turbidez, e preconiza como VMP para águas subterrâneas com desinfecção, o limite de 5uT para qualquer amostra pontual, a Resolução CONAMA 396/08 não estabelece valor de turbidez.

Na área de Bandeira Branca, o poço 10 apresentou turbidez de 6,15uT (fevereiro), como apresentado na figura 17. Os poços 1 e 9, no mês de outubro também estiveram em desacordo com o estabelecido pela referida legislação, com valores de 6,76uT e 7,63uT, respectivamente. A turbidez do ponto 10 ocorrida no período chuvoso pode ser explicada devido a chuva que ocorreu durante a coleta, somada a falta de revestimento do poço, que favorece a entrada de águas superficiais para o interior do mesmo.

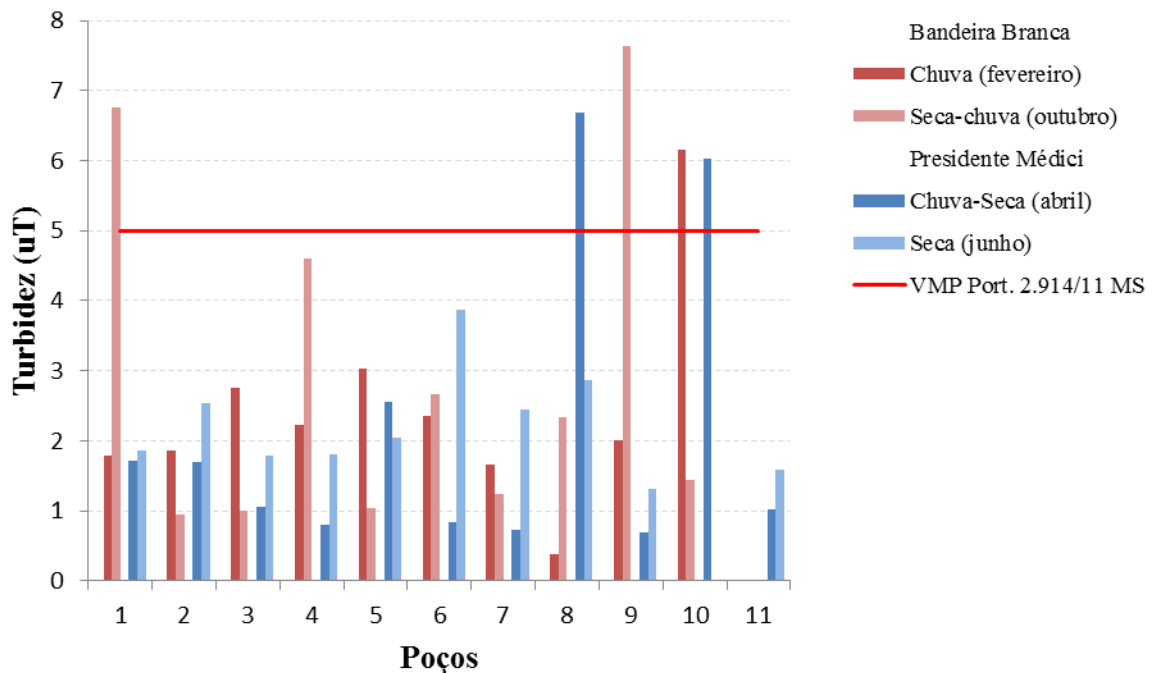


Figura 17- Valores de turbidez uT obtidos no distrito de Bandeira Branca nos meses de fevereiro e outubro/2016, e Presidente Médici nos meses abril e junho/2017.

Fonte: Os organizadores.

Em Presidente Médici pode-se observar que apenas no período de transição chuva-seca (abril), houve poços em desacordo com a referida legislação (Figura 17). Destes, os poços 8 e 10, apresentam revestimento parcial.

Ramos et al. (2016), ao estudarem a água subterrânea do distrito de Nova Londrina, Ji-Paraná, encontraram valores de turbidez máximos de 11,17uT para o período de seca

(agosto), e de 6,23uT para o período chuvoso (fevereiro). Oliveira (2014), dos 12 poços avaliados em Vilhena, apenas 1 apresentou valor acima (7uT) do preconizado, correspondendo ao um poço do tipo amazonas. Segundo os autores, os poços com menor profundidade apresentaram valor elevado de turbidez, o que não chega a representar risco à saúde, mas dificulta o tratamento de desinfecção, visto que as partículas servem de escudo para os microrganismos. Faustino et al. (2013), em Ariquemes encontraram valores dentro da legislação em 100% dos pontos analisados.

Os valores de pH encontram-se na figura 18. Em Bandeira Branca no mês de fevereiro e no mês de outubro, 30% (2, 4 e 8) e 40% dos poços (2, 4, 8 e 9) estiveram dentro do intervalo estabelecido pela legislação, que é de 6 a 9,5, a Resolução CONAMA 396/08 não estabelece valor de pH. Em Presidente Médici, 27% dos poços (1, 2 e 9) em abril, estiveram dentro do preconizado, e para o mês junho, 100% dos pontos estiveram em desacordo.

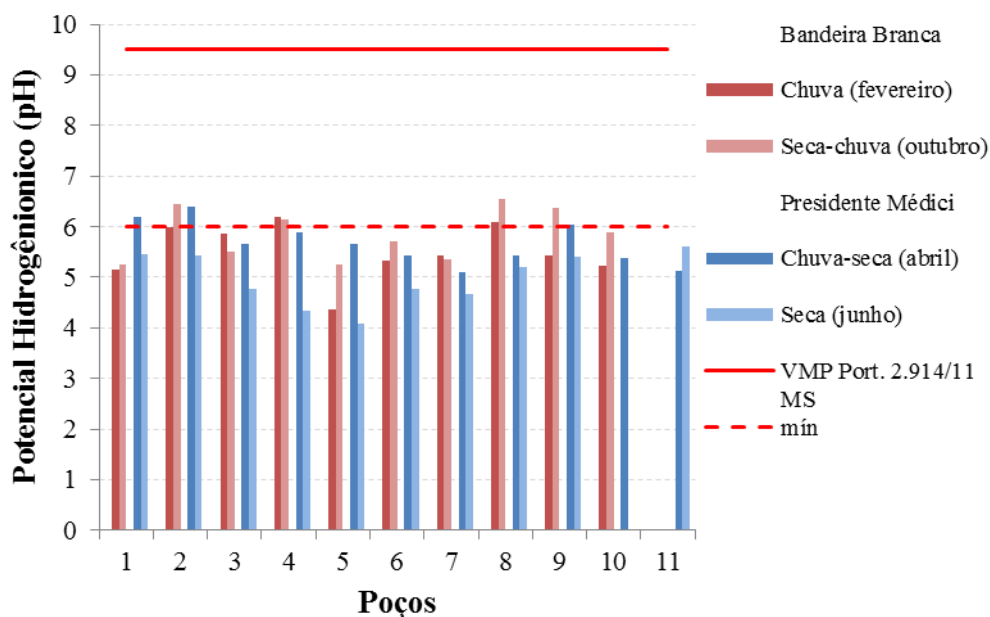


Figura 18- Valores de pH obtidos no distrito de Bandeira Branca nos meses de fevereiro e outubro/2016, e Presidente Médici nos meses abril e junho/2017.

Fonte: Os organizadores.

Ramos et al. (2016), encontraram valores médios pH de 5,44 (seca/agosto) e 5,82 (chuvoso/fevereiro) no distrito de Nova Londrina em Ji-Paraná. Oliveira (2014) em Vilhena, registrou valores de pH entre 4,14 a 4,94 (seca/agosto) e 4,72 a 6,30 (chuva/dezembro). Faustino et al. (2013) em Ariquemes, em todos os poços encontraram valores abaixo do estabelecido. Desta forma, os valores encontrados na presente pesquisa, estão próximos aos

valores encontrados em outras pesquisas realizadas em Rondônia. As águas da região do estado de Rondônia apresentam características ácidas a levemente ácidas.

Estudos demonstram que em regiões de clima tropical onde a degradação biológica é mais acentuada que em climas temperados, a evolução da matéria orgânica na fase anaeróbia favorece a produção de ácidos orgânicos, por consequência, há a geração de pH's mais ácidos (FARIAS et al., 2003).

Os resultados dos sólidos totais dissolvidos e de oxigênio dissolvido para Bandeira Branca e Presidente Médici encontram-se na tabela 5.

Com relação aos valores de sólidos totais dissolvidos encontrados nas duas áreas estudadas, todos estão no intervalo preconizado pela Portaria 2.914/11/MS e com a CONAMA 396/08, que estabelece valor máximo de até 1.000mg.L⁻¹.

Tabela 5- Concentrações de sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido obtidos no distrito de Bandeira Branca nos meses de fevereiro e outubro/2016, e Presidente Médici nos meses abril e junho/2017.

Poços	Bandeira Branca				Presidente Médici			
	TDS (mg.L ⁻¹)		OD (mg.L ⁻¹)		TDS (mg.L ⁻¹)		OD (mg.L ⁻¹)	
	Chuva (fevereiro)	Seca-chuva (outubro)	Chuva (fevereiro)	Seca-chuva (outubro)	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)
1	37	180	1,47	N/A	50	190	1,33	2
2	50	120	3,1	N/A	240	150	5,7	2,6
3	12	110	3,6	N/A	130	220	5,3	4,2
4	49	80	3,3	N/A	210	140	3,7	2,8
5	60	60	1,5	N/A	230	130	3,3	4,2
6	10	60	3,6	N/A	430	450	4,7	2
7	19	230	3,5	N/A	330	210	1,7	3,4
8	44	150	2,8	N/A	280	130	4,6	5
9	16	60	2,9	N/A	270	60	5,6	2
10	13	50	2,9	N/A	200	N/A	1,6	N/A
11					230	50	6	5,8
Média	31	110	2,9		236,3	173	3,9	3,4
Port. MS 2.914/11 CONAMA 396/08	1.000 (mg.L ⁻¹)				1.000 (mg.L ⁻¹)			

Fonte: Os organizadores.

Em Bandeira Branca em fevereiro houve uma variação de 10 a 60mg.L⁻¹ e média de 31mg.L⁻¹. No mês de outubro, os valores variaram de 50 a 230mg.L⁻¹, com média de 110mg.L⁻¹. Os maiores valores foram encontrados nos poços 5 (fevereiro) e 7 (outubro).

Para o distrito de Presidente Médici, houve uma variação em abril de 50 a 430mg.L⁻¹ e média de 236,36mg.L⁻¹. Para o mês de junho houve uma variação de 50 a 450mg.L⁻¹, com média de 173mg.L⁻¹. Os maiores valores foram obtidos em abril e junho ocorreram no poço 6.

Foi possível observar que, no período chuva-seca ocorreram valores de TDS superiores ao período de seca em Presidente Médici. Esses altos valores podem ser explicados pelo fato de nesse período o índice de chuvas ser maior, provocando o carreamento de águas superficiais, além de moradores da área, terem relatado o desmoronamento de alguns poços. A falta de revestimento nos poços favorece a entrada de sólidos dissolvidos, visto que nas duas áreas em estudo, os poços com maiores valores de TDS não possuem revestimento, ou apresentam revestimento parcial.

Ramos et al. (2016), em Nova Londrina (Ji-Paraná), encontraram valores de sólidos totais dissolvidos abaixo do estabelecido pela Portaria, médias de 99,2 (seca) e 56mg.L⁻¹ (chuvoso). Cremonese (2014) em Ji-Paraná, encontrou valores superiores no período chuvoso (média de 41,2mg.L⁻¹), em relação ao período de seca (média de 27,3mg.L⁻¹). No entanto, todos os pontos estiveram dentro do limite estabelecido.

Os valores de oxigênio dissolvido encontrados estão na Tabela 5. Em Bandeira Branca foi realizada análise de OD apenas no mês de fevereiro, devido a problemas com a sonda. Os valores variaram de 1,47mg.L⁻¹ (poço 1) a 3,6mg.L⁻¹ (poço 6), com média de 2,9mg.L⁻¹.

Em Presidente Médici os valores foram de 1,3mg.L⁻¹ (poço1) a 6mg.L⁻¹ (poço 11) no período de chuvoso com média de 3,9mg.L⁻¹, e para o período de seca, variaram entre 2mg.L⁻¹ nos poços (1, 6 e 9) a 5,8mg.L⁻¹ (poço11), com média de 3,4mg.L⁻¹.

Cremonese (2014) em Ji-Paraná, encontrou valores médios de 2,16mg.L⁻¹ no período chuvoso, e na seca de 1,49mg.L⁻¹. Helbel (2011), também em Ji-Paraná encontrou concentrações médias de 3,39mg.L⁻¹ e de 3,28mg.L⁻¹ para o período chuvoso e seco, respectivamente.

Não há valor de referência para OD na Portaria 2.914/11 MS e na CONAMA 396/08 para águas destinada ao consumo humano, portanto usou-se para comparação o valor estabelecido pela CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a

classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Levando-se em consideração o tipo de tratamento aplicado antes do consumo da água.

A referida legislação estabelece que águas que são classificadas como classe 1, são águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após realização de tratamento simplificado. Sendo que essa classe não pode apresentar concentrações de oxigênio dissolvido inferior a 6mg.L^{-1} . No presente estudo, somente o poço 11 em Presidente Médici apresentou valor igual a 6mg.L^{-1} , em decorrência de a coleta ter sido realizada diretamente na torneira provocando a agitação da água e, conseqüentemente, sua oxigenação.

De acordo com Gonçalves et al. (2009), as concentrações de oxigênio dissolvido são menores em águas subterrâneas que as encontradas em águas superficiais devido à falta de contato com a atmosfera o que dificulta trocas gasosas.

Os resultados das análises de fósforo total, fósforo dissolvido, amônia e nitrito no distrito de Bandeira Branca e Presidente Médici encontram-se na tabela 6 e 7.

Tabela 6- Concentrações de fósforo total, fósforo dissolvidos, amônia e nitrito obtidos no distrito de Bandeira Branca nos meses de fevereiro e outubro/2016.

Poços	Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		Fósforo dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	
	Chuva (fevereiro)	Seca-chuva (outubro)	Chuva (fevereiro)	Seca-chuva (outubro)	Chuva (fevereiro)	Seca-chuva (outubro)	Chuva (fevereiro)	Seca-chuva (outubro)
1	N/A	43,8	7,6	17,6	7,2	326,5	7,3	12,8
2	N/A	31	8,1	8,1	30,7	63,4	<5	14,4
3	N/A	21,6	8,8	6	<5	23,0	10	<5
4	N/A	31	6,7	10,3	26,5	8,3	<5	10,5
5	N/A	18,8	9,3	<5	501,6	340,9	6,2	11,8
6	N/A	12,2	12,6	11,7	<5	7,9	7,6	10,2
7	N/A	22,1	7,6	12,6	<5	<5	8	<5
8	N/A	146	224,3	161,7	<5	18,8	8	N/A
9	N/A	71	6,7	19,5	26,5	662,3	5	29,9
10	N/A	9,5	14,3	8,4	<5	25,5	5,5	6,5
Média		40,7	30,6	26,1	61,7	148,2	6,7	11,8
Port. MS 2.914/11						1,5 mg.L^{-1}		1 mg.L^{-1}
CONAMA 396/09								1 mg.L^{-1}

Fonte: Os organizadores.

No Distrito de Bandeira Branca foram realizadas análises de fósforo total apenas para o mês de outubro, os valores estiveram entre $9,5\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço10) e $146\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 8), com média de $40,7\mu\text{g.L}^{-1}$. Em Presidente Médici no de mês abril houve uma variação de

11 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 4) a 31,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 2), e média de 22 $\mu\text{g.L}^{-1}$. No mês junho ocorreram valores entre <5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (poços 4 e 5) e 30 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 2), com média de 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Tabela 7- Concentrações de fósforo total, fósforo dissolvidos, amônia e nitrito, obtidos no distrito de Presidente Médici nos meses de abril e junho/2017.

Poços	Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		Fósforo dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	
	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)	Chuva-seca (abril)	Seca (junho)
1	22,8	5,5	9	<5	753,4	172,3	16,4	14,4
2	31,7	30	16,2	17,5	<5	<5	7,6	13,6
3	22,2	8	9	<5	10,6	<5	6,8	<5
4	11,1	<5	8,4	<5	37,2	<5	7	<5
5	21,1	<5	7,3	<5	676,9	<5	15,7	7,1
6	18,9	11,7	8,4	<5	646,7	<5	7,3	14
7	27,2	5,9	9,5	<5	33,7	<5	7	<5
8	18,4	15	15	7,09	7,7	<5	8,9	<5
9	23,4	6,7	10,6	<5	174,4	279,2	8,6	79,8
10	24,5	N/A	12,3	N/A	85,3	N/A	14,6	N/A
11	20,6	8	9	<5	41,1	<5	7,3	19
Média	22	10	10,4	4,4	224,7	49	9,7	16,8
Port. MS 2.914/11						1,5 mg.L^{-1}		1 mg.L^{-1}
CONAMA 396/08								1 mg.L^{-1}

Fonte: Os organizadores.

O fósforo é o nutriente mais importante no desenvolvimento de plantas aquáticas, contudo em excesso prejudica o uso da água, devido à eutrofização (BRASIL, 2014). Pode ocorrer devido dissolução do solo e rochas, decomposição da matéria orgânica, despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes e pesticidas (SPERLING, 2014). Em águas naturais não poluídas as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg.L^{-1} a 0,05 mg.L^{-1} (Brasil, 2014).

A Portaria 2.914/11 do MS assim como a CONAMA 396/08, não estabelecem valores de referência para fósforo total e fósforo dissolvido. No entanto a Resolução CONAMA 357/05 estabelece valor máximo de 0,020 mg.L^{-1} o equivalente a 20 $\mu\text{g.L}^{-1}$, de fósforo total para ambientes lênticos. Em Bandeira Branca, 70% dos poços estiveram acima desse valor no mês de outubro. Já em Presidente Médici, o percentual foi de 72,7% no de abril e no mês junho apenas o poço 2 esteve em desconformidade.

O fósforo dissolvido em Bandeira Branca apresentou valores entre $6,7\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 4 e 9) e máximo de $224,3\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 8) com média de $30,6\mu\text{g.L}^{-1}$ no mês de fevereiro. No mês de outubro foram encontrados valores $<5\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 5) a $161,7\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 8) com média de $26,1\mu\text{g.L}^{-1}$.

Já em Presidente Médici no mês de abril as concentrações de fósforo dissolvido variaram de $7,3\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 5) a $16,2\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 2), com média de $10,4\mu\text{g.L}^{-1}$. No mês junho foram encontrados valores $<5\mu\text{g.L}^{-1}$ (poços 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11) a $17,5\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 2), com média para o período de $4,45\mu\text{g.L}^{-1}$.

Ferreira (2013), nas 15 propriedades (11 poços, 4 nascentes) analisadas na região central do estado de Rondônia, encontrou valores menores que $<5\mu\text{g.L}^{-1}$ tanto para fósforo total, como para fósforo dissolvido. Os resultados encontrados no presente estudo para alguns poços estiveram acima dos valores encontrados pela referida autora. O fósforo total e dissolvido, apesar de constituírem importantes variáveis na avaliação da qualidade da água, com destaque para o fósforo total, a Portaria 2.914/11/MS bem como a CONAMA 396/08, não preconizam valores para estes nutrientes.

A amônia em Bandeira Branca apresentou concentrações menores que $5\mu\text{g.L}^{-1}$ em 50% dos poços avaliados (poços 3, 6, 7, 8 e 10). A concentração máxima encontrada foi de $501,6\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 5), e média de $61,7\mu\text{g.L}^{-1}$ no mês de fevereiro. No mês outubro apenas o poço 7 apresentou concentração menor que $5\mu\text{g.L}^{-1}$, o valor máximo ocorreu no poço 9 ($662,3\mu\text{g.L}^{-1}$), e média de $148,2\mu\text{g.L}^{-1}$.

Em Presidente Médici os valores encontrados para o mês de abril variaram entre $<5\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 2) e $753,4\mu\text{g.L}^{-1}$ no poço 1, e média de $224,7\mu\text{g.L}^{-1}$. Já para o mês de junho, 80% dos poços (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11) apresentaram valores menores que $5\mu\text{g.L}^{-1}$, e o valor máximo encontrado foi de $279,2\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 9), e média de $49\mu\text{g.L}^{-1}$.

Os elevados valores encontrados para amônia nos poços 1 ($753,4\mu\text{g.L}^{-1}$), e 5 ($676,9\mu\text{g.L}^{-1}$) no mês de abril, refletem as condições inapropriadas dos mesmos visto que além da falta de revestimento que age como facilitador da entrada de contaminantes no interior do poço, esses poços possuem como fonte potencial de contaminação galinheiros no entorno da área, e o ponto 5 é próximo ao cemitério ativo da cidade.

A Portaria 2.914/11 do MS estabelece como valor máximo permitido para amônia em águas destinadas ao consumo humano de $1,5\text{mg.L}^{-1}$, o equivalente a $1.500\mu\text{g.L}^{-1}$. Na presente pesquisa, a maioria dos pontos analisados estiveram bem abaixo do valor

estabelecido na referida legislação, a Resolução CONAMA 396/08 não estabelece valor de referência para amônia.

O nitrito é o estágio intermediário entre o nitrato e a amônia, no entanto concentrações baixas de nitrito e amônia denotam uma ambiente oxidante o que propicia a existência de nitrato de forma estável e em maiores concentrações (VANIER et al., 2010) Sendo assim, geralmente as concentrações desta substância são baixas, mesmo em ambientes que recebem carga orgânica constante. No presente trabalho, também foram encontrados baixos valores de nitrito.

Em Bandeira Branca foram encontrados valores menores que $5\mu\text{g.L}^{-1}$ em 20% dos poços (2, 4), e valor máximo de $10\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 3) no mês de fevereiro e média de $6,7\mu\text{g.L}^{-1}$. No mês de outubro os valores foram $<5\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 3 e 7) a $29,9\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 9) e média de $11,8\mu\text{g.L}^{-1}$.

Na área de Presidente Médici no mês de abril, o nitrito variou entre $6,8\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço3) a $16,4\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço1), com média de $9,7\mu\text{g.L}^{-1}$. Para o mês junho, 40% dos poços (3, 4, 7 e 8) apresentaram valores inferiores a $5\mu\text{g.L}^{-1}$, máximo de $79,8\mu\text{g.L}^{-1}$ (poço 9) e média de $16,8\mu\text{g.L}^{-1}$.

Em todos os pontos avaliados nas duas áreas estudadas os valores de nitrito estiveram abaixo do preconizado pela Portaria 2.914/11 e com a Resolução CONAMA 396/08 que estabelece um valor máximo permitido de 1mg.L^{-1} , o equivalente a $1.000\mu\text{g.L}^{-1}$.

Ferreira (2013), na área rural da região central do estado de Rondônia, encontrou concentrações de amônia e nitrito menores que $5\mu\text{g.L}^{-1}$ em todos os pontos analisados (11 poços e 4 nascentes) . A autora atribuiu tais resultados devido a adsorção dessas substâncias à partículas do solo, bem como a oxidação da amônia a nitrito e deste a nitrato, visto que este último apresentou concentrações mais elevadas. Cremonese (2014) em Ji-Parná, encontrou concentrações de nitrito nas águas subterrânea abaixo de $10\mu\text{g.L}^{-1}$.

A Portaria 2.914/11/MS assim como CONAMA 396/08 determina um valor máximo de nitrato (como N) de 10mg.L^{-1} . Desta forma, todos os resultados de nitrato obtidos foram divididos pelo fator 4,428, obtido através da proporção entre as massas molares de nitrato e nitrogênio ($62\text{g}/14\text{g} = 4,428$) respectivamente.

Os resultados de nitrato para a área de Bandeira Branca nos dois períodos em estudo encontram-se na figura 19. Os valores máximos encontrados foram de $13,9\text{mg.L}^{-1}$ no mês de fevereiro, e de $13,8\text{mg.L}^{-1}$ para o mês de outubro, ambos no poço 5. Na área de estudo 10%

das amostras, equivalente a 1 poço, estiveram acima do VMP estabelecido pela Portaria e pela CONAMA.

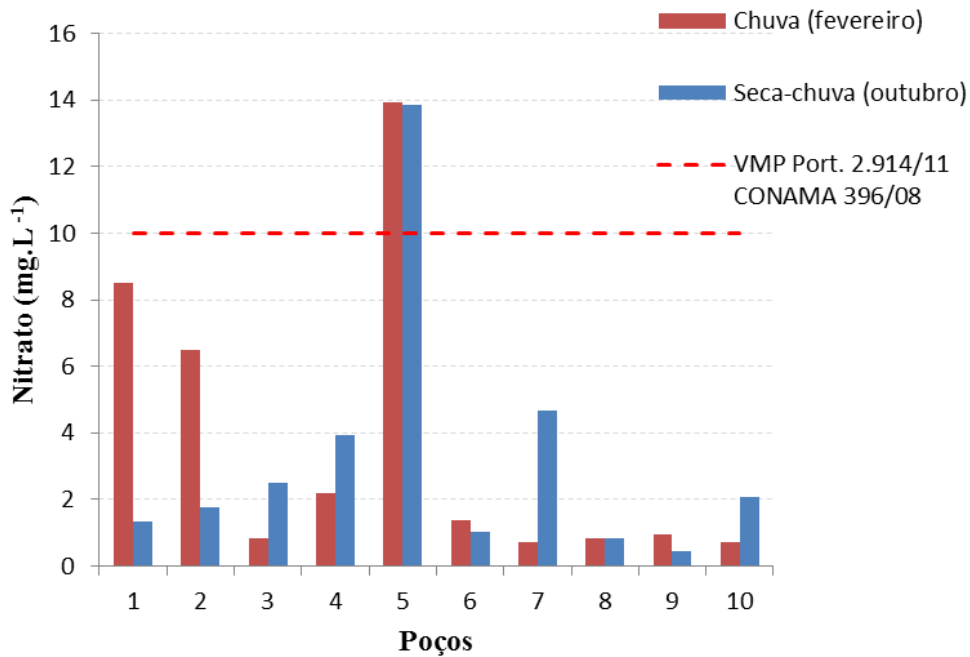


Figura 19- Concentrações de Nitrato (mg.L⁻¹) obtidas no distrito de Bandeira Branca nos meses de fevereiro e outubro de 2016. **Fonte:** Os organizadores.

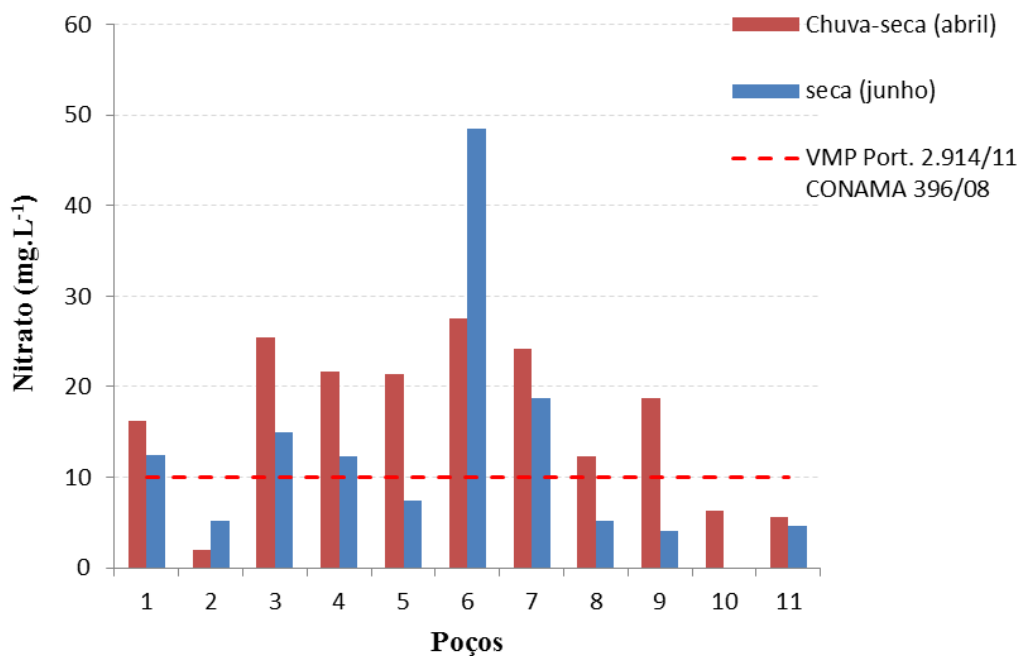


Figura 20- Concentrações de Nitrato (mg.L⁻¹) obtidas no distrito de Presidente Médici nos meses de abril e junho de 2017. **Fonte:** Os organizadores.

Em Presidente Médici (figura 20), esse parâmetro apresentou variação de 2 a 27,5mg.L⁻¹ (abril) no período Chuva-seca, com média de 16,5mg.L⁻¹. Destaca-se que 72,7% das amostras (8 poços) estiveram acima de 10mg.L⁻¹, já para o mês de junho as concentrações variaram de 4 a 48,4mg.L⁻¹, e média de 13,3mg.L⁻¹, estando 50% dos poços em desconformidade.

Silva et al. (2009), em Ji-Paraná, encontraram que 78% dos poços amazonas apresentavam valores acima do estabelecido para nitrato, com a maior concentração de 239mg.L⁻¹. Ferreira (2015) estudando 20 propriedades rurais no município do Vale do Paraíso/RO encontrou maior concentração no período chuvoso de 58,9mg.L⁻¹ e 55% dos poços em desacordo, para o período seco a maior concentração foi de 321,5mg.L⁻¹ com 60% dos poços acima do valor estabelecido, os resultados foram associados ao fato de 10% das propriedades utilizarem de ensios agrícolas somados a falta de esgotamento sanitário adequados.

Cremonese (2014) dos 10 poços analisados em áreas próximas a lixões em Ji-Paraná, 8 apresentaram concentrações acima de 10mg.L⁻¹ com média 11,1 e 11,7mg.L⁻¹ para o período chuvoso e de seca, respectivamente. A autora atribuiu tais resultados a presença de fossas utilizadas para a disposição de esgotos domésticos.

Nunes et al. (2012), encontraram valores máximos de nitrato de 26,2mg.L⁻¹, em águas de poço rasos em Ji-Paraná, sendo considerado como fonte de contaminação das águas o cultivo de hortaliças, já que poços próximos ao cultivo apresentaram as maiores concentrações.

O nitrato é o poluente de maior ocorrência nas águas subterrâneas, devido a fontes como uso de fertilizantes, criação de animais, sistema de saneamento *in situ* seja por tanques sépticos ou fossas rudimentares (VANIÉR & HIRATA, 2002). Sendo utilizado mundialmente, como indicador de contaminação devido sua alta mobilidade, podendo atingir extensas áreas (VANIÉR et al., 2010).

O nitrato ocorre em baixos teores em águas superficiais, podendo atingir altas concentrações em águas subterrâneas, pode provocar a indução a metemoglobinemia (dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês), e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (ALABURDA & NISHIHARA, 1998). Sendo que estas surgem como produto do nitrito ingerido ou formado pela redução bacteriana do

nitrato, com aminas e amidas presente nos alimentos, ocorrendo em pH entre 2,5 e 3,5 semelhante ao do estômago (BIGUELINI & GUMY, 2012).

As nitrosaminas foram reconhecidas em experimentos de laboratório com animais como agente cancerígeno potencial, estando relacionado ao câncer de estômago, esôfago e fígado, porém não se pode concluir conexão direta com o câncer humano (CORTECCI, 2017). Visto que as pesquisas realizadas ainda são insatisfatórias, contudo trabalhos publicados mostram que mulheres que beberam água com elevado nível de nitrato ($>2,46\text{mg.L}^{-1}$) apresentaram três vezes mais probabilidade do aparecimento de câncer de mama do que as que foram menos expostas ($<0,36\text{mg.L}^{-1}$) (SILVA & BROTTTO, 2014).

De acordo com Vanier et al. (2010), a expansão urbana sem que haja sistema adequado de esgotamento sanitário gera uma carga contaminante de nitrato, que atinge os aquíferos e comprometem a qualidade da água subterrânea. Em seu estudo a queda acentuada nas concentrações de nitrato em águas mais profundas, reforçam a hipótese de origem antrópica, uma vez que a fonte de contaminação pode estar relacionada à infiltração de efluentes domésticos, visto que poços de menor profundidade apresentaram maiores concentrações. Destacando que, a zona não saturada possui um efeito depurador mais efetivo do que a zona saturada, no entanto, tal consideração não é levada em conta nas áreas de elevado nível freático e que utiliza-se de saneamento *in situ*, comprometendo assim o aquífero (CAMPUS, 2003).

A determinação da forma predominante do nitrogênio pode indicar o estágio de poluição, sendo que a poluição recente está associada ao nitrogênio na forma de amônia, enquanto que a poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato (SPERLING, 2014). Segundo Vanier & Hirata (2002), há a predominância dos compostos menos oxidados próximos à fonte de contaminação, uma vez que são estáveis em condições redutoras, à medida que se afasta da fonte ocorre o aumento gradativo na concentração de nitrato, uma vez que sofreu processo de nitrificação originando compostos mais oxidados que aparecem com a degradação do carbono, e pelo contato com águas mais ricas em oxigênio.

Apesar de ser permitido um máximo de 10 PPM de nitrato como nitrogênio em água potável, valores entre 3 e 10 PPM servem de alerta de início de contaminação (BIGUELINI & GUMY, 2012).

4.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO-ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS

A matriz para a realização da análise das componentes principais - ACP foi constituída por valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológico nos períodos sazonais em estudo, bem como das características dos poços como profundidade de fundo e de superfície, distância entre poço e fossa, cota do poço e cota da fossa.

A ACP foi aplicada com a finalidade de observar a formação de possíveis padrões temporais das variáveis estudadas, sendo os resultados dos dois primeiros eixos, apresentados na figura 21, para o distrito de Bandeira Branca. O total da variância explicada foi de 48,8%, sendo que o eixo 1 explicou 25,37% da variância dos dados, e o eixo 2 explicou 23,43%.

Houve a separação dos pontos em dois grupos em função dos períodos sazonais estudados.

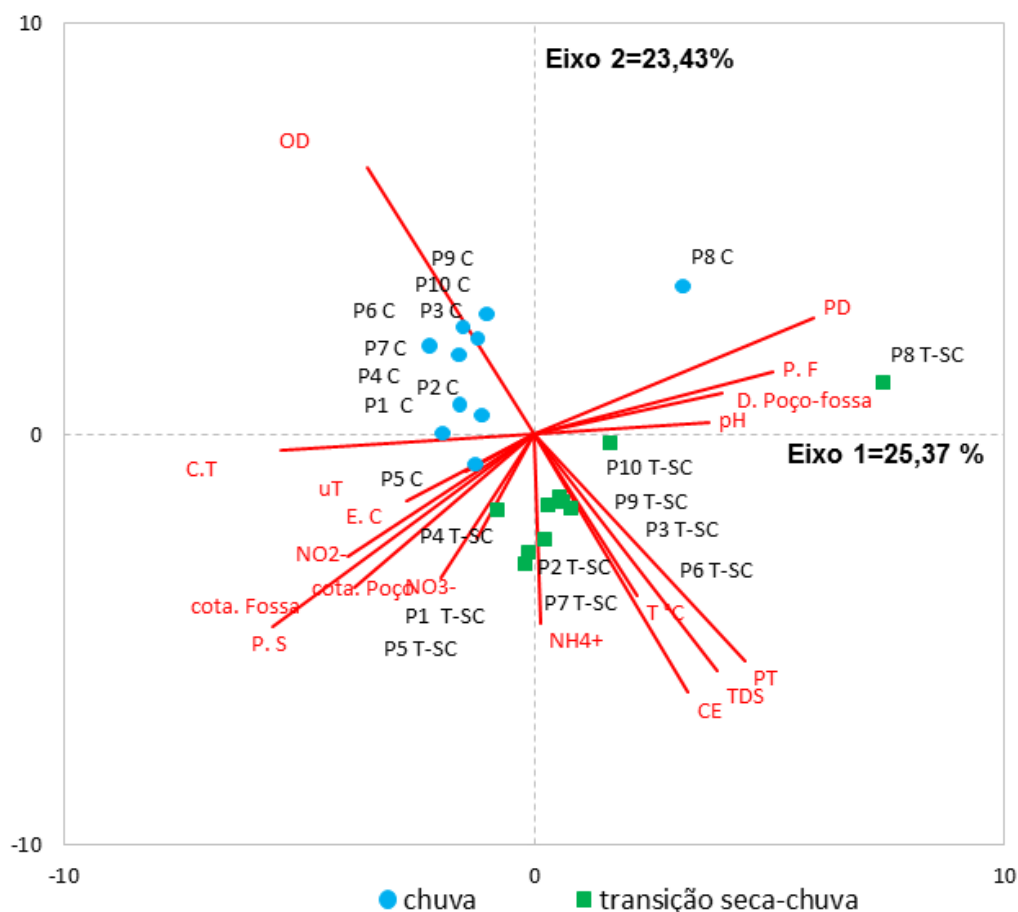


Figura 21: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do Distrito de Bandeira Branca nos períodos de chuva (fevereiro) e transição seca-chuva (outubro), das variáveis - C.T: Coliformes Totais, E.C: *Escherichia coli*, T°C: Temperatura, pH: potencial Hidrogênioônico, C.E: Condutividade Elétrica, uT: Turbidez, TDS: Sólidos Totais Dissolvidos, OD: Oxigênio Dissolvido, PT: Fósforo Total, NH₄: Amônia, NO₂: Nitrito, NO₃: Nitrato, cota Fossa, cota do poço, P.F: profundidade de fundo, P.S: profundidade de superfície, Distância poço-fossa.

As variáveis que tiveram maior contribuição para formação do eixo1 (Tabela 8) foram Fósforo dissolvido (0,788), Coliformes totais (-0,717) e Profundidade de Superfície (-0,737). No lado esquerdo do eixo 1, foram agrupados os poços do período chuvoso, havendo a separação apenas do poço 8, retratando que independentemente do período sazonal o mesmo apresenta características da água semelhantes. As variáveis que contribuíram essa separação foram: são fósforo dissolvido, profundidade do poço, distância entre poço e fossa e pH. Destaca-se que existem correlações altas entre essas variáveis, pois as mesmas formaram um ângulo agudo entre si.

As variáveis que contribuíram para a formação do segundo eixo foram: oxigênio dissolvido (0,825), condutividade elétrica (-0,800), sólidos totais dissolvidos (-0,733) e Fósforo Total (-0,703). Entretanto, ressalta-se que o oxigênio foi medido somente no período chuvoso, contribuindo também para o fato desta variável ter grande contribuição com o período de chuva.

A projeção dos dados dos dois primeiros eixos da ACP da área de Presidente Médici são apresentados na figura 22.

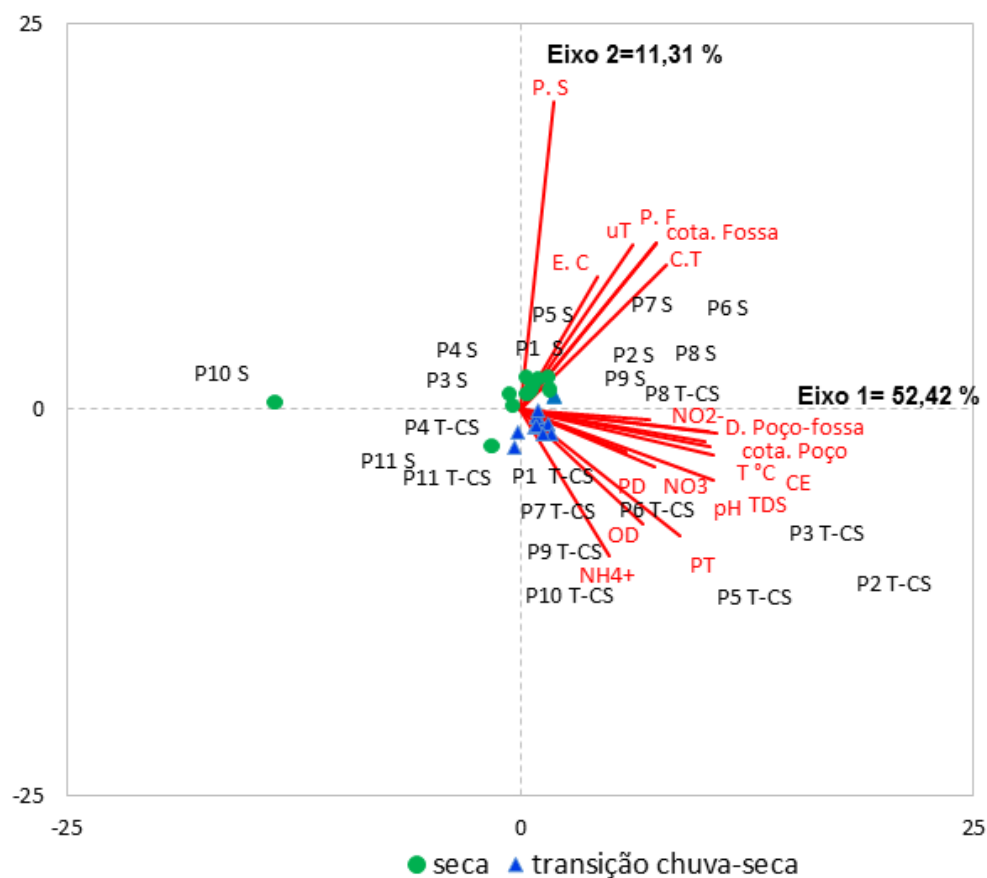


Figura 22: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) de Presidente Médici nos períodos de transição chuva-seca (abril) e seca (junho), das variáveis - C.T: Coliformes Totais, E.C: *Escherichia coli*, T°C: Temperatura, pH: potencial Hidrogênioônico, C.E: Condutividade Elétrica, uT: Turbidez, TDS: Sólidos Totais Dissolvidos, OD: Oxigênio Dissolvido, PT: Fósforo Total, NH₄: Amônia, NO₂: Nitrito, NO₃: Nitrato, cota Fossa, cota do poço, P.F: profundidade de fundo, P.S: profundidade de superfície, Distância poço-fossa. **Fonte:** Os organizadores.

Assim como em Bandeira Branca, em Presidente Médici ocorreu a separação dos pontos em dois grupos distintos conforme a sazonalidade, um grupo formado pelos pontos no período de transição chuvoso-seca (abril) e da seca (junho). Apesar dos dois grupos formados ficarem próximos na projeção, os mesmos ficaram em lados opostos do eixo 1.

Para o mês de junho, representativo do período de seca, foi possível observar o posicionamento do ponto 10 localizado distante dos demais (*outlier*). Esse resultado pode ser atribuído ao fato não ter sido realizada coleta no referido ponto no mês de abril, visto que a residência encontrava-se fechada.

Tabela 8: Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP), para os dados de Bandeira Branca e de Presidente Médici.

Variáveis	Coeficiente de correlação			
	Bandeira Branca		Presidente Médici	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Coliformes totais	-0,717	-0,051	0,714	0,387
<i>E. coli</i>	-0,363	-0,208	0,380	0,357
Temperatura	0,290	-0,499	0,945	-0,121
pH	0,492	0,034	0,952	-0,190
Condutividade elétrica	0,432	-0,800	0,931	-0,098
Turbidez	-0,193	-0,114	0,549	0,442
Sólidos Totais Dissolvidos	0,516	-0,733	0,910	-0,086
Oxigênio Dissolvido	-0,469	0,825	0,600	-0,306
PT	0,592	-0,703	0,787	-0,339
PD	0,788	0,358	0,516	-0,116
NH₄⁺	0,015	-0,585	0,433	-0,395
NO₂⁻	-0,526	-0,381	0,639	-0,029
NO₃⁻	-0,263	-0,447	0,661	-0,157
Cota do poço	-0,163	-0,325	0,967	-0,064
Cota da fossa	-0,510	-0,477	0,667	0,448
Profundidade de fundo	0,674	0,192	0,667	0,448
Profundidade de superfície	-0,737	-0,596	0,161	0,827
Distância entre poço e fossa	0,530	0,126	0,925	-0,060
Variância explicada	25,37%	23,43%	52,42%	11,31%
Total da variância explicada	48,8%		63,73%	

Fonte: Os organizadores.

O eixo 1 explicou 52,42% da variabilidade dos dados, as variáveis que tiveram maior contribuição para a formação deste eixo foram: cota do poço (0,967), pH (0,952), temperatura (0,945), condutividade elétrica (0,931), distância entre poço e fossa (0,925), TDS (0,910), fósforo total (0,787) e coliformes totais (0,714).

O eixo 2 explicou 11,31% da variabilidade dos dados, e as variáveis que contribuíram para sua formação foram: profundidade de superfície (0,827), profundidade de fundo (0,448), cota da fossa (0,448) e turbidez (0,442). Evidenciando a alta correlação entre características como, profundidade de superfície e de fundo e cota da fossa na influência dos valores de turbidez da água analisada. Assim o total da variância explicada nos dois eixos foi de 63,73%.

4.5 FLUXO SUBTERRÂNEO

Para elaboração do mapa com a tendência da direção do fluxo hídrico subterrâneo, obteve-se o sentido do fluxo através da determinação da superfície potenciométrica de cada poço, medindo-se os níveis de água dos mesmos e correlacionando-os com as cotas altimétricas.

Nas duas áreas em estudo, foi observado comportamento similar para direção do fluxo nos dois períodos. No distrito de Bandeira Branca figura 23, foi observado que a direção do fluxo subterrâneo ocorre com predominância do fluxo na direção sudeste para noroeste, também podem ser observados fluxos secundários a partir do poço 6, em direção ao sul onde se localiza o poço 3, e a partir dos poços 2 e 5 em direção ao sentido sudoeste.

Percebeu-se a partir da superfície potenciométrica uma maior cota onde se localiza dois altos potenciométricos, sendo eles nos poços 1 e 6, formando um divisor de águas subterrâneas, que direciona o fluxo para diferentes direções em decorrência da gravidade para áreas com menor altimetria, agindo portanto, como potenciais contribuintes para os demais poços.

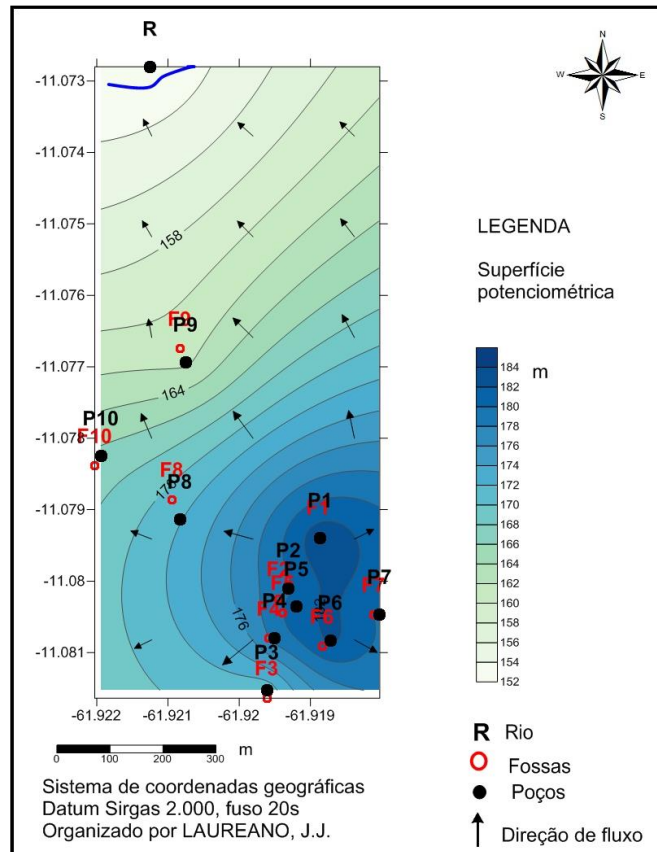


Figura 23 – Fluxo subterrâneo do distrito de Bandeira Branca. **Fonte:** Os organizadores.

Para a área do distrito de Presidente Médici (figura 24), foi observado à predominância do fluxo na direção sudeste e de toda a parte central do cartograma em direção ao nordeste, noroeste, e sentido oeste do cartograma. Como altos potenciométricos, foram identificados os pontos 6, 8 e 5, que agem como divisores de águas, nas depressões potenciométricas encontram-se os pontos 4 e 9.

Assim como no estudo desenvolvido por Ferreira (2015), em Vale do Paraíso, a direção de fluxo da água demonstrou potenciais contribuintes de influências microbiológicas. No presente estudo os pontos com elevada densidade de coliformes, indicando contaminação pontual encontram-se nas áreas com menor altimetria. Segundo Rodrigues (2008), os fatores que determinam a contaminação, são o fluxo elevado do lençol freático e sua direção voltada para áreas mais baixas, ocasionando um impacto maior nos menores declives. Tais fatores parecem ter influenciado também a contaminação da água subterrânea nos distritos de Bandeira Branca e Presidente Médici. Ressaltando, a influência das fossas próximas aos

poços, assim como fluxo dos poços localizados nas áreas de maior altitude, os quais também apresentam contaminação bacteriológica.

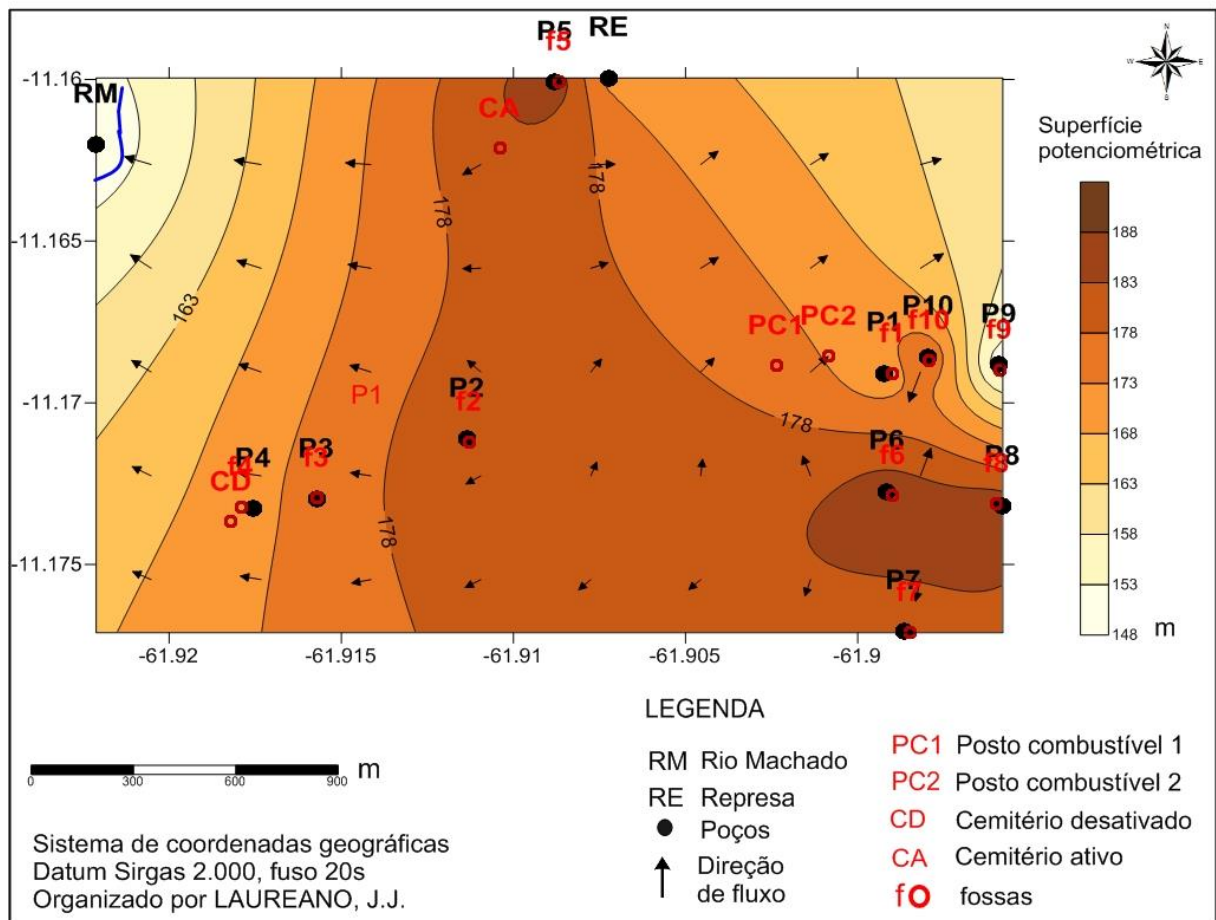


Figura 24 – Fluxo subterrâneo do distrito de Presidente Médici. **Fonte:** Os organizadores.

No estudo apresentado por Oliveira et al. (2015), realizado em Vilhena/RO, os altos potenciométricos apresentam elevadas densidades de coliformes, podendo contribuir para contaminação de locais que recebem seu fluxo.

Nas duas áreas em estudo é possível observar os rios mais próximos das áreas que estão localizados na região de menor altimetria. Esta área possivelmente recebe influência de vários poços assim como das fossas. Na área urbana de Presidente Médici, ainda é possível identificar a localização de possíveis pontos de contaminação por outras substâncias não estudadas neste trabalho, como os BTEX devido à presença de postos de combustíveis e necrochorume, em decorrência do cemitério desativado e o cemitério ativo da cidade.

A resolução CONAMA n° 273/2000, estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis, dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Já para

os cemitérios, o licenciamento ambiental estão estabelecidos nas resoluções nº 335/2003, nº 368/2006 e nº 402/2008 do CONAMA.

A água tanto dos poços como dos cursos d' água da região, pode estar recebendo uma carga de contaminante proveniente da provável pluma de contaminação oriunda de cemitérios e de postos de combustíveis.

Dentre as fontes potenciais de poluição de aquíferos subterrâneos, é relevante a contaminação por esgotos não tratados, postos de combustíveis com reservatórios subterrâneos e cemitérios localizados nas zonas urbanas (devido ao necrochorume com distintas composições), além de pontos de lavagens de veículos, por produzirem espumas e resíduos de hidrocarbonetos totais, de petróleo, óleos e graxas (LOBLER et al., 2013). Ressalta-se que os aquíferos livres apresentam uma maior susceptibilidade e risco de contaminação por serem permeáveis ao fluxo de diversos contaminantes.

Segundo Oliveira et al. (2016), em estudo realizado na região de Porto Velho, à contaminação dos aquíferos está diretamente ligada ao tipo de atividade exercida, o tipo de contaminante e sua carga, destacando como potenciais fontes de contaminação fossas, lixões, cemitérios, postos de combustíveis.

A espacialização do fluxo das águas subterrâneas, juntamente com os pontos potenciais de contaminação ajudam a identificar áreas de maior risco a contaminação, visto que existem postos de combustíveis e cemitérios localizados em áreas com fluxo direcionado para as depressões potenciométricas. De forma que estas áreas receberão influência no caso da formação de plumas contaminantes oriundas desses empreendimentos.

A direção do fluxo subterrâneo indica uma possível interação com o curso d'água (LOBLER e SILVA 2015; LOBLER et al. 2013). Situação típica de regiões úmidas, onde os rios efluentes são alimentados pelas águas subterrâneas (TEIXEIRA, et al., 2009). A possível contribuição do fluxo subterrâneo para a vazão do rio Comemoração foi observado em estudo realizado no município de Vilhena (BARROS et al., 2016; OLIVEIRA, 2015).

A determinação do sentido do fluxo das águas subterrâneas é uma dos parâmetros mais importantes para avaliação de qualidade dos aquíferos, assim como para o monitoramento das águas subterrâneas (JUNIOR & KOZERSKY, 2008). Conhecendo-se a tendência de direção de fluxo pode-se planejar e prever ações voltadas a minimizar os riscos associados aos pontos de contaminação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que a água subterrânea proveniente de poços rasos nos Distritos de Bandeira Branca e Presidente Médici encontra-se imprópria para o consumo humano sem que haja tratamento prévio. Visto que parâmetros como pH, turbidez, coliformes totais, *E. coli* e nitrato estiveram em desacordo com o estabelecidos pela Portaria 2.914/11 MS e a CONAMA 396/08.

Os resultados demonstraram que a contaminação dos poços ocorre devido a presença de fossas negras. As características construtivas inapropriadas tanto dos poços como das fossas também se apresentam como um facilitador da contaminação.

A Análise das Componentes Principais evidenciou que as características da água dos poços defierem entre os períodos de menor e maior precipitação.

O estudo da direção do fluxo subterrâneo demonstrou a predominância em direção aos rios mais próximos das áreas urbanas estudadas, indicando assim uma possível contribuição para a vazão dos mesmos. A direção de fluxo da água subterrânea demonstrou potenciais contribuintes de influências microbiológicas, sendo que os poços, assim como os rios podem estar recebendo uma carga de contaminante proveniente dos poços e fossas localizados nos altos potenciométricos. Assim como podem estar sendo contaminado por outras substâncias químicas em decorrência da presença de cemitérios e de postos de combustíveis.

O estudo pode evidenciar que a população dos distritos de Bandeira Branca e Presidente Médici estão consumindo água fora dos padrões de potabilidade preconizados pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. Destacando-se a presença na água de bactérias do grupo coliformes e do nitrato, considerado uma substância cancerígena. O artigo 4º da Portaria ressalta que é dever das Secretarias Estaduais de Saúde o monitoramento da qualidade da água utilizada pela população, mesmo que esta seja adquirida de soluções alternativas como os poços, tendo em vista que a utilização destes é uma característica regional.

RECOMENDAÇÕES

Visto as implicações da falta de saneamento e do consumo de águas com qualidade duvidosa, uma forma de solucionar esta situação é através da eliminação das fontes poluidoras, desativando as fossas e implantando o sistema de rede de coleta e tratamento de esgoto, assim como a utilização pela população da água da rede de abastecimento.

Recomendam-se ações quanto à sensibilização da população sobre a importância do tratamento da água destinada ao consumo humano, assim como a importância de soluções seguras para a correta coleta e destinação final do esgotamento sanitário.

Recomenda-se aos gestores públicos, e aos órgãos ambientais e de saúde o monitoramento da qualidade da água utilizada pela população, controle e restrição, uma vez que é competência dos órgãos públicos a implantação do sistema de distribuição de água e esgotamento sanitário, visto que, as águas subterrâneas, devido às ações antrópicas estão cada vez mais vulneráveis a contaminações, tornando-a inadequada para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

- ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**. v. 32,nº2. p.160-165. 1998.
- AMILCAR, A. **Geodiversidade do estado de Rondônia. Programa geologia do Brasil levantamento da geodiversidade**. - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Porto Velho:, 2010. 337p.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 19. Washington, 1995.
- Agência Nacional de Águas-ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos n 5°. Brasília-DF, 2007. 126p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT.(1993). **NBR 7229**. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro.
- BARROS, C. G.D.; ROSA, A.L.D.; SILVA, J. L. S.; OLIVEIRA, G.A.; TEIXEIRA, L.G.; SAMPAIO, R.B.S. Superfície potenciométrica e possíveis fontes de contaminação do aquífero Parecis no município de Vilhena-RO,BR. **Revista Monografias Ambientais** v.15,nº1, 2016, p.74-84.
- BIGUELINI, C.P.; GUMY, M.P. Saúde ambiental: Índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. **Revista Unioeste**. v.14, nº20. 2012- p.153-175.
- BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L; MIERZWA, J. C; BARROS, M. T. L; SPENCER, M; PORTO, M; NUCCI, N; JULIANO, N; EIGER, S. **Introdução a Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2º Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, 02 de setembro de 1981.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, 06 de janeiro 2007.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, 09 de janeiro, 1997.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília-DF: **Senado Federal**: 2015. 488p.
- BRASIL. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, nº 053, 8 mar, 2005, p58-63.

BRASIL. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde (MS). **Diário Oficial da União**, 26 dezembro de 2011. 266p.

BRASIL. Resolução n° 273, de 29 de novembro de 2000. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 5, 8 de janeiro de 2001, p.20-23.

BRASIL. Resolução n° 335 de 03 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 101, de 28 de maio de 2003, p.98-99.

BRASIL. Resolução n° 368 de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução n°335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 61, 29 de março 2006, p.149-150.

BRASIL. Resolução n° 402 de 17 de novembro de 2008. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução n°335, de abril de 2003. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 224, 18 de novembro de 2008, 66p.

BRASIL. Resolução n° 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 66, 7 abr, 2008, 66p.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade de água para consumo humano**. Ministério da Saúde (MS). Brasília: MS, 2006. 212p.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento**. 3 ed. Rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009. 408p.

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

CAMPUS, J. C.V. **A problemática dos recursos hídricos subterrâneos na Amazônia na visão do serviço geológico do Brasil-CPRM**. In. I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. 2003. **Anais**. p.133-141.

CORTECCI, G. **Geologia e Saúde**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais- CPRM. Disponível em: <ww.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia.../geosaude.pdf> Acesso em: 20 de outubro de 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS- CPRM. **Relatório diagnóstico Sistema Aquífero Parecis no estado de Rondônia bacia Sedimentar dos Parecis**. Vol. 8. CPRM- Serviço Geológico do Brasil. 2012, 42p.

CREMONESE, E. R. **Avaliação da qualidade da água de poços localizados próximos as áreas de deposição de resíduos sólidos do município de Ji-Paraná (RO)**. Ji-Paraná–RO. UNIR 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental. Fundação Universidade Federal de Rondônia. 2014, 73p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, 826p.

FARIAS, W. M.; MARTINS, E. S.; CARDOSO, F. B. F. & CARVALHO, J. C. A influência do oxi-hidróxido de Fe matricial no comportamento mecânico de solos tropicais em áreas de disposição de resíduos sólidos. **Espaço e Geografia**, v. 6, n. 2, p. 115-131, 2003.

FAUSTINO, E., VANZELLA, M.; MENEGUETTI, D.U.O.;ZAN, R.A. Avaliação da qualidade de água de poços rasos ou comuns da cidade de Ariquemes, Rondônia, Brasil. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente** 4(2): p65-78. 2013.

FERREIRA, R. F. **Vulnerabilidade do manancial subterrâneo da área de entorno da reserva biológica do Jaru: estudo de caso da Comunidade Santa Rosa, Rondônia**. Dissertação (Mestrado) Fundação Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, 2015, 91p.

FERREIRA, R. F. **Avaliação da qualidade da água utilizada por produtores de polpa de fruta na região central de Rondônia**. Ji-Paraná-RO, UNIR, 2013. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2013.

GONÇALVEZ, C.; CRUZ, L. T. M.; SILVÉRIO, P. F. **Soluções rastreáveis e estáveis para determinação de oxigênio dissolvido em águas subterrâneas: melhoria da qualidade técnica dos resultados de campo**. In: Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, I, 2009. São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABAS, 2009.

HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná / RO – Brasil**. Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo**. 3 Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de janeiro 2010. 219p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de janeiro 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.phpmedici?codmun=110025>>. Acesso em: 30 de junho de 2017.

IRITANI, M.A.; EZAKI, S. **Águas Subterrâneas do estado de São Paulo. Cadernos de educação ambiental.** São Paulo: Secretaria de Estado do meio ambiente-SMA, 2012, 104p.

JUNIOR, H.R.M.; KOZERSKY, G.R. **Caracterização hidrogeológica e mapeamento da Vulnerabilidade natural das águas subterrâneas em um aterro sanitário na Amazônia ocidental: estudo de caso de Ariquemes, Rondônia.** In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, São Paulo. **Anais.** São Paulo: ABAS, 2008.

LOBLER, C.A.; SILVA, J.L.S.; MARTELLI, G.V.; ERTEL, T. Pontos Potenciais de Contaminação e vulnerabilidade Natural das águas Subterrâneas do Município de Restinga Seca-RS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, nº03, p.500-509. 2013.

LOBLER, C. A; SILVA, J. L. S. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ambiente e água**, v.10, n.1, 2015.

NASCIMENTO, E.L. **Concentração de mercúrio no plâncton e fatores ecológicos no reservatório da U. H. E.-SAMUEL-AMAZÔNIA OCIDENTAL (RONDÔNIA/BRASIL).** Dissertação (Mestrado) Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2006.

NUNES, M.L.A.; GOMES, J.B.; WEBLER, A.D.; ANDRADE, L.R.; MARCHETTO, M. Comprometimento da qualidade da água subterrânea por nitratos. **Revista. Nucleus** v.9 nº1. p.63-72. 2012.

MARTINS, I.A.V.; NASCIMENTO, E. L; ROSA, A. L. D; OLIVEIRA, G. A; BASTOS, W. R.; MALM, O. MENDONÇA, A.P. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de influência do lixão inativo no bairro boa esperança (Ji-Paraná/RO):** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21, 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: ABRH, 2015.

OLIVEIRA, G.A; NASCIMENTO, E.L; ROSA, A. L. D; LAUTHARTTE, L.C; BASTOS, W. R; BARROS, C. G. D; CREMONESE, E.R; BENT, A.Q; MALM, O; GEORGIN, J; CORTI, A.M. Avaliação da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso de Vilhena – RO. **Revista Brasileira das Águas Subterrâneas**, v. 29, n.2, p. 213-223, 2015.

OLIVEIRA, G.A; BARROS, C. G. D.; ROSA, A. L. D; NASCIMENTO, E. L; GEORGIN, J. **Análise da qualidade microbiológica e superfície potenciométrica da água subterrânea no município de Vilhena-RO.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21, 2015, Brasília. **Anais.** Brasília: ABRH, 2015.

OLIVEIRA, G. A.;VIEGA,J.F.V.; ROSA, A.L.D.;PESSOA, J.O.; SILVA, J.L.S. Avaliação da vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas do município de Porto Velho/RO. **Revista de Engenharia e Tecnologia.** v. 8,nº2, p.187-198. 2016.

GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DO ACRE-PESACRE. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentado.** Secretaria de Desenvolvimento Territorial- Ministério do Desenvolvimento Agrário. Território central-Estado de Rondônia, 2007.

- RAMOS, C. F.; LAUREANO, J. J. ; NASCIMENTO, E.L.; BASTOS, W. R; MENDONÇA, A. P. **Sedimentos em suspensão como parâmetro de qualidade da água: estudo de caso da água subterrânea do distrito de nova londrina (Ji-Paraná/RO)**. In. XII encontro nacional de engenharia de sedimentos. **Anais...** 2016.
- RAZZOLINI, M. T.P.; GUNTHER, W.M.R. Impacto na saúde das deficiências de acesso a água. **Revista Saúde e Sociedade** v.17, nº1, p.21-32. 2008.
- RIBEIRO, K. T. S. **Água e saúde humana em Belém**. Belém: Cejup, 2004. 280p.
- RODRIGUES, E. R. D.; SANTOS, J. P.; MARTINS, A. S.; BASTOS, W. R.; CARVALHO, D. P.; HOLANDA, I. B. B.; ALMEIDA, R & NASCIMENTO, E. L. **Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho – Rondônia – Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XV, 2008, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABAS, 2008.
- SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL-SEDAM. **Boletim climatológico de Rondônia- Ano 2010**. COGEO- SEDAM/ Coordenadoria de Geociências- Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental- Porto Velho. v.12, 2010. 89p.
- SERENA, G. F. **Relação entre poluição atmosférica, desmatamento, saneamento básico e a saúde da população de Presidente Médici-Rondônia**. Ji-Paraná-RO, UNIR 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná, 2016, 53p.
- SILVA, A. G. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná- RO**. Rio Claro: UEP, 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.
- SILVA, A. C. S; DOURADO, J.C; KRUSCHE, A.V; GOMES, B.M. Impacto físico-químico da deposição de esgotos em fossas sobre as águas de aquífero freático em Ji-Paraná – RO. **Revista de Estudos Ambientais (online)**, v. 11, n.2, p. 101-112, 2009.
- SILVA, L. C. M.; BROTTTO, M. E. **Nitrato em água: Ocorrência e consequências**. Faculdade Oswaldo Cruz. São Paulo-SP. 2014.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG/Belo Horizonte-MG, 2014. 470p.
- ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. **Lições de Limnologia**. São Paulo-SP. editora Rima. 2005, 532p.
- TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M. C. M; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2º Ed. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 2009.
- TRATA BRASIL. Saneamento é Saúde. **Esgotamento sanitário inadequado e impactos na saúde de população**. Atualização do diagnóstico da situação nas 100 maiores cidades brasileira. Disponível em <<http://www.tratabrasil.org.br/esgotamento-sanitario-inadequado-e-impactos-na-saude-da-populacao>>

Acesso em:16 de novembro de 2017.

TUCCI, C. E. M; CABRAL, J. J. S. P. **Qualidade da Água Subterrânea**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2003.

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T.M. **Recursos Hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008.

VANIER, C.; IRITANI, M.A.; VIOTTI, M.; ODA, G.H.; FERREIRA, L.M.R. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo. v.31, n°1/2,p.1-21. 2010.

VANIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do Tietê-São Paulo, Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**. n°16. p.97-104, 2002.

VARELLA, C.A.A. **Análise de Componentes Principais**. Análise Multivariada Aplicada as ciências Agrárias. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ. 2008, 12p.

ZOBY, J.L.G. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. In. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal-Rio Grande do Norte. **Anais** 2008.

ZONEAMENTO SÓCIOECONÔMICO ECOLÓGICO DO ESTADO DE RONDONIA-ZSEE-RO. 21anos, Planejamento para o desenvolvimento sustentável e proteção ambiental. Porto Velho-RO, 2010.