



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



DAÍSE DA SILVA LOPES

ESTUDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE JARU, RONDÔNIA

Ji-Paraná

2021

DAÍSE DA SILVA LOPES

ESTUDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE JARU, RONDÔNIA

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 e Sanitária.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Ji-Paraná

2021

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

L864e Lopes, Daíse da Silva.

Estudo da água subterrânea no município de Jaru, Rondônia / Daíse da Silva Lopes. -- Ji-Paraná, RO, 2021.

66 f. : il.

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

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

1.Qualidade. 2.Contaminação. 3.Consumo. I. Nascimento, Elisabete Lourdes do. II. Título.

CDU 631.432(811.1)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL - JI-PARANÁ

ATA DE DEFESA DE CONCLUSÃO DE CURSO

As 8 horas do dia 25 do mês de setembro de 2021, realizou-se via web conferência ([Meet: Defesa Monografia Daíse \(google.com\)](#)), a Sessão de Apresentação e Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “*Estudo da água subterrânea no município de Jaru, Rondônia*”, apresentado pela acadêmica Daíse da Silva Lopes. O trabalho foi julgado satisfatório pelo docente MSc. Marcos Leandro Alves Nunes (UNIJIPA/Ji-Paraná), pela engenheira ambiental MSc. Josilena de Jesus Laureano (SEMEIA/Ji-Paraná) e pela docente Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento (DAEA/UNIR), com nota 95 como requisito parcial para obtenção do título de BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA e com ressalvas para correções a serem feitas pela aluna antes de submeter a versão definitiva para o fechamento da nota na disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso.

Ji-Paraná, 25 de setembro de 2021.

Aprovado pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

ORIENTADOR: Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Aprovado (x) **Reprovado ()**

AVALIADOR 1: MSc. Marcos Leandro Alves Nunes

Aprovado (x) **Reprovado ()**

AVALIADOR 2: MSc. Josilena de Jesus Laureano

Aprovado (x) **Reprovado ()**

Reaberta a sessão pública a orientadora proclamou os resultados e encerrou a sessão às 10 horas, da qual foi lavrada a presente ata que segue assinada pela banca.



Documento assinado eletronicamente por **ELISABETE LOURDES DO NASCIMENTO, Docente**, em 25/09/2021, às 11:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Leandro Alves Nunes, Usuário Externo**, em 25/09/2021, às 11:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Josilena de Jesus Laureano, Usuário Externo**, em 25/09/2021, às 11:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0766539** e o código CRC **FA69743F**.

*Dedico essa monografia à Maria Cleonice da Silva Lopes e João Lopes,
por toda proteção e bênção.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por toda força necessária até aqui e por Teus planos para minha vida serem sempre maiores do que os meus sonhos. A Ele sejam dadas toda honra e glória.

À minha família, meu alicerce, meu pai João Lopes por toda proteção e amor, meus irmãos Diego da Silva Lopes e Victor da Silva Lopes por todo companheirismo e amizade, ao meu esposo Igor Fabiano dos Santos Alferes Siqueira por todo cuidado e zelo, e em especial minha doce e amada mãe Maria Cleonice da Silva Lopes pelos conselhos, ensinamentos, apoio e afagos por ser minha mãe e melhor amiga, com vocês ao meu lado tudo fica bem mais leve, meu muito obrigada.

À minha querida orientadora professora Elisabete Lourdes do Nascimento, agradeço pelo enorme carinho, confiança e pela oportunidade de fazer parte de sua equipe, levarei todo os ensinamentos, não apenas técnicos e profissional, mas também humano que aprendi durante esses anos ao seu lado, obrigada por toda paciência e pelos aprendizados que levarei para a vida.

Agradeço a toda equipe LABLIM/GPEASS por todo apoio, conhecimento e todos os momentos divertidos que passamos, em especial a professora Ana Lúcia Dernadin da Rosa, Elisabete Lourdes, Josilena Laureano, Lindolaine Sousa, Luiz Oliveira e Wesley Detman por deixarem suas famílias no domingo para estarem comigo em Jarú para a realização da coleta, bem como, a Luiza Pavanello, Thiago Alves, Caryne Ramos que estiveram disponíveis a me ajudar com as análises e a sanar minhas dúvidas, o meu muito obrigada.

À minha parceira de laboratório Lindolaine Sousa, por cada riso e também por cada choro, principalmente quando as análises não davam certo, vou guardar com carinhos esses momentos juntas, você é uma mulher incrível, muito obrigada.

À professora Calina Barros e professora Ana Lúcia Dernadin pelas contribuições na elaboração dos mapas e por sempre estarem dispostas a me ajudar.

Ao professor Marcos Leandro Alves Nunes e Josilena de Jesus Laureano por aceitarem a compor a minha banca de avaliação.

À turma 2016 pelo excelente tempo que passamos juntos, por todo trabalho em equipe e todos os momentos memoráveis que levarei comigo, vocês são demais.

Ao grupo das “*Mulheres Conversadeiras*”, Andressa Vaz, Caroline Horrana, Dara Oliveira, Giovanna Martins, Karoline Peixoto, Lindolaine Sousa, Maylla Tawanda, Nayara Albrigo, Nelma Tavares, Niely Mares e Rafaela Trindade por todos os risos, as lágrimas, os desabafos, por toda escuta e por toda fala. Levo um pedaço de cada uma de vocês comigo, tive muita sorte em conhece-las, obrigada pelo companheirismo dentro e fora da UNIR.

Ao professor Alberto Webler e professora Beatriz Gomes por sempre colaborarem nas análises disponibilizando materiais e equipamentos de seus laboratórios.

Agradeço à FAPERO/CAPES, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa, concedendo-me a bolsa de pesquisa.

Agradeço também a Fundação Universidade Federal de Rondônia, *campus* Ji-Paraná pela oportunidade e principalmente ao corpo docente do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária por todo conhecimento adquirido.

RESUMO

A água subterrânea é a fonte alternativa mais procurada para atender às necessidades de abastecimento humano, uma vez que, geralmente possuem boa qualidade e devido ao solo atuar como um filtro natural para sua purificação. No entanto, a falta de discernimento em seu uso, relacionado a fatores de saneamento da água, leva à poluição das águas subterrâneas. Assim, este trabalho teve como objetivo principal avaliar a qualidade da água subterrânea no município de Jarú, Rondônia, por meio de coletas em água de poço, em períodos distintos: setembro/2018 (AB) e dezembro/2018 (AA). Foram analisados 16 poços selecionados aleatoriamente. Foram medidos in loco os parâmetros físico-químicos: temperatura, pH, condutividade elétrica, bem como, em laboratório os parâmetros, oxigênio dissolvido pelo método titulométrico de Winkler (1969) descrito em APHA (1998) e turbidez. Os nutrientes, nitrito, nitrato, amônia e ortofosfato e fósforo total conforme descrito em APHA (1998) e os coliformes por meio do método de membranas filtrantes em meio cromogênico (APHA,1998), os valores obtidos foram comparados com a Portaria GM/MS nº 888/2021, que diz respeito ao controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e a Resolução CONAMA nº 396/2008, que se refere ao enquadramento das águas subterrâneas. Assim, houve desconformidade das variáveis com o preconizado pela legislação para o potencial hidrogeniônico em 43,7% das amostras no período de AB e 56,2% no período AA, com pH abaixo do mínimo preconizado (pH entre 6-9,5). Para a turbidez, 25% no período AB e 13% dos poços no período AA estiveram acima do máximo estabelecido (5 NTU). O nitrato no período AA apresentou 31,2% das amostras em desconformidade com o máximo estabelecido pela legislação (10 mg/L). As variáveis microbiológicas apresentaram contaminação, tanto para coliformes totais (94% AB e 100% AA) como para E. coli (88% AB e AA), de forma a não atender os valores de potabilidade descritos na Portaria GM/MS nº 888/2021.

Palavras-chave: qualidade, contaminação, consumo.

ABSTRACT

Underground water is the most sought after alternative source to meet the human supply needs, since it is generally of good quality and due to the soil acting as a natural filter for its purification. However, the lack of discernment in its use, related to water sanitation factors, leads to groundwater pollution. Thus, this study aimed to evaluate the quality of groundwater in the municipality of Jaru, Rondônia, through collections in well water, in different periods: September/2018 (AB) and December/2018 (AA). Sixteen randomly selected wells were analyzed. The physical-chemical parameters were measured in loco: temperature, pH, electrical conductivity, as well as, in the laboratory, the parameters, dissolved oxygen by the titrometric method of Winkler (1969) described in APHA (1998) and turbidity. Nutrients, nitrite, nitrate, ammonia and orthophosphate and total phosphorus as described in APHA (1998) and coliforms using the chromogenic medium filter membrane method (APHA,1998), the values obtained were compared with the Ordinance GM/MS nº 888/2021, which concerns the control and surveillance of the quality of water for human consumption and its potability standard, and CONAMA Resolution nº 396/2008, which refers to the classification of groundwater. Thus, the variables did not comply with what is recommended by the legislation for the hydrogenic potential in 43.7% of the samples in the AB period and 56.2% in the AA period, with pH below the recommended minimum (pH between 6-9.5) . For turbidity, 25% in the AB period and 13% of the wells in the AA period were above the established maximum (5 NTU). Nitrate in the AA period showed 31.2% of the samples in non-compliance with the maximum established by legislation (10 mg/L). The microbiological variables showed contamination, both for total coliforms (94% AB and 100% AA) and for E. coli (88% AB and AA), so as not to meet the potability values described in Ordinance GM/MS No. 888/ 2021.

Keywords: quality, contamination, consume.

SUMÁRIO

1 OBJETIVOS	13
1.1 OBJETIVO GERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	14
2.2 FORMAS DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	15
2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	16
2.3.1 Físico-químicos	16
2.3.2 Nutrientes	18
2.3.3 Parâmetros Microbiológicos.....	20
2.4 DIREÇÃO DE FLUXO SUBTERRÂNEO E VULNERABILIDADE NATURAL ...	20
3 METODOLOGIA	23
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.2 AMOSTRAGEM	24
3.3 QUESTIONÁRIO SOCIOAMBIENTAL	24
3.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	24
3.4.1 Análise de Ortofosfato (PO_4^{3-}) e Fósforo Total.....	25
3.4.2 Análise de Amônia ($NH_3+NH_4^+$)	25
3.4.3 Análise de Nitrito ($N^{\cdot}NO^{2-}$).....	26
3.4.4 Análise de Nitrato ($N^{\cdot}NO^{3-}$).....	26
3.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	26
3.6 CARACTERIZAÇÃO DO FLUXO SUBTERRÂNEO E VULNERABILIDADE....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL	28
4.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVA DOS POÇOS	29
4.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	33
4.3.1 Parâmetros Físicos e Químicos	33
4.3.2 Nutrientes.....	38

4.3.3	Parâmetros Microbiológicos	42
4.4	DIREÇÃO DE FLUXO SUBTERRÂNEO	45
4.5	VULNERABILIDADE NATURAL	48
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
	RECOMENDAÇÕES.....	52
	REFERÊNCIAS	53
	ANEXO.....	63

INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais precioso e importante para a humanidade. Não só atende às necessidades relacionadas aos processos biológicos, mas também constitui um elemento extremamente importante da prática do desenvolvimento humano (WU *et al.*, 2018). Assim, em vários países do mundo, sempre foi um desafio fornecer água em qualidade e quantidade suficiente para atender às demandas diárias das diversas atividades (RUSCA *et al.*, 2017; LONDOÑO; SEGRERA; JARAMILLO, 2017).

Aproximadamente 12% de toda a água doce disponível do mundo se encontra no Brasil, porém sua distribuição não é feita de modo equilibrado (ANA, 2017). A maior disponibilidade de água doce está na região Norte com 68,5%, seguida pela região Centro-Oeste com 15,7%, a região Sul com 6,5%, o Sudeste com 6,0% e por fim, a região Nordeste com 3,3% (PALUDO e BORBA, 2013). As águas subterrâneas são recursos hídricos, localizadas sob a superfície da terra, na qual, o preenchimento completo dos poros das rochas e dos sedimentos, constituem os aquíferos e são de extrema importância para a segurança hídrica (FUNDAJ, 2020).

Dentre as muitas vantagens apresentadas pelas águas subterrâneas, destacam-se: sua boa qualidade, o tratamento para o consumo com sistemas simplificados e custos de exploração, nas quais aumentam a extração desse recurso no país e no mundo (UECHI; GABAS; LASTORIA, 2017). Conforme a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2018), no Brasil, as águas subterrâneas são principalmente utilizadas no atendimento doméstico (30%), agropecuária (24%), abastecimento público urbano (18%), abastecimento múltiplo (14%), abastecimento industrial (10%) no lazer, entre outros (4%).

Estima-se que, em 2010, mais de 1.000.000 metros cúbicos de água subterrânea foram extraídos globalmente a cada ano, tornando-se a substância mais altamente extraída no subsolo. Em se tratando do Brasil, em 2015, a quantidade de água subterrânea utilizada

apenas legalmente foi de 6.620 metros cúbicos por ano. No entanto, os poços regulares estão em

minoria, portanto, esse número é muito menor do que a exploração real. Estima-se que o Brasil extraia 17.580 metros cúbicos anualmente, em média, o que o torna um importante usuário de água em todo o mundo (HIRATA *et al.*, 2019).

Cerca de três em cada dez pessoas não têm acesso a água potável em casa, ou seja, mais de dois bilhões de pessoas não possuem água gerenciada de forma segura, e destas, 159 milhões consomem água não tratada que provém de fontes superficiais, como córregos ou lagos (WHO *et al.*, 2017). Estudos destacam contaminação microbiológica relacionada à proximidade de fossas sépticas a poços artesianos em países com precária infraestrutura de saneamento básico (DAHUNSI *et al.*, 2014; MENDES *et al.*, 2017). Os surtos de infecção proveniente dos recursos hídricos subterrâneos são crescentes, devido a presença de contaminantes, bactérias, vírus e protozoários (LUZ *et al.*, 2017).

Além da atenção especial dos gestores ambientais, os recursos hídricos requerem monitoramento e pesquisas contínuas (SANTOS *et al.*, 2018). A avaliação dos parâmetros e padrões de qualidade da água, corrobora para a garantia do consumo e uso da água sem riscos à saúde humana. Um importante indicador da qualidade da água é a análise microbiológica, a constatação de coliformes totais evidencia riscos de contaminação de doenças causadas por outros micro-organismos, além da precariedade do sistema de saneamento, ao passo que, a *E. coli* aponta contaminação fecal proveniente de dejetos humanos e de animais (BEZERRA, 2017; SILVA *et al.*, 2014).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), lei 9.433, preconiza a correta gestão dos recursos hídricos e seus usos múltiplos, e para que isso seja alcançado, se faz necessário conhecer sobre a qualidade da água (BRASIL, 1997). Deste modo, no Brasil rege a Resolução nº 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA que se refere a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, bem como, a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Com relação ao estudo da tendência de direção de fluxo subterrâneo, segundo Löbner *et al.* (2013) este é um instrumento de suma importância para obtenção de direção da pluma em caso de contaminação, para o planejamento e a prevenção de possíveis pontos de contaminação, ou ainda, evitar sua instalação, como os postos de combustíveis, lixões, cemitérios, entre outros.

Dos 172 milhões de brasileiros, apenas 30,4 milhões (17,7%) utilizam águas subterrâneas para consumo, e os 141,6 milhões restantes (82,3%) utilizam águas superficiais.

A única opção para 48% das cidades com população inferior a 10.000 habitantes e 30% para as cidades com população de 100.000 a 50.000 habitantes, são as águas subterrâneas (HIRATA *et al.*, 2019).

O município de Jaru, situado no vale do rio Jaru em Rondônia, não difere da maioria dos municípios da região norte do país que apresenta baixos índices em saneamento. Apenas 32,5% da população de Jaru conta com serviços de rede de abastecimento de água tratada (SNIS, 2013) e cerca de 3,3% dos domicílios são atendidos com esgotamento sanitário adequado, com rede geral e fossa séptica (IBGE, 2010). Diante do exposto, este estudo teve como objetivo principal avaliar a qualidade da água subterrânea do município de Jaru.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água subterrânea do município de Jaru, Rondônia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade da água subterrânea, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, em períodos hidrológicos distintos;
- Caracterizar as práticas e medidas hidrossanitárias utilizadas no abastecimento de água e a forma de disposição do esgotamento sanitário nas propriedades estudadas;
- Elaborar mapa potenciométrico;
- Verificar o grau de vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero;
- Identificar possíveis pontos de contaminação;
- Comparar os resultados obtidos com a Portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 396 de 2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água é um bem natural de suma importância em todo o mundo, principalmente na manutenção dos ciclos ecológicos. O homem e todos organismos vivos, utilizam esse recurso não só para suas atividades vitais, mas também para produção de alimentos, energia e desenvolvimento socioeconômico (MOURA E FERMINO, 2014).

Para ser consumida, a água não pode oferecer riscos à saúde humana, logo, é necessário ser considerada água potável para ingerir, preparar e produzir alimentos, bem como, na utilização da higiene pessoal. Ao contrário, é necessário que seja submetido a processos físicos, químicos ou ambos para se alcançar o padrão de potabilidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Como se sabe, com o passar dos anos a qualidade da água vem sendo comprometida devido ao crescimento populacional desordenado, bem como, da urbanização e sua consequente ocupação inapropriada, com domicílios sem nenhum atendimento de sistemas sanitário. Assim, os corpos hídricos sofrem drasticamente devido a essas atividades (SANTOS; MORAES; NASCIMENTO, 2015).

O homem é o principal responsável pelas alterações provocadas nos corpos hídricos, e a poluição é um dos fatores que mais colocam em risco a disponibilidade da água potável. Nesse sentido, quando essa poluição contaminam os solos, a água subterrânea é diretamente atingida (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Conforme Foster *et al.* (2006) exemplificaram, as fontes de poluição da água subterrânea são classificadas conforme sua distribuição espacial, podendo ser fontes de contaminação difusas e fontes de contaminação pontuais. As fontes de contaminação difusas não produzem uma pluma de poluição bem definida, mas geralmente afetam uma área do aquífero e, conseqüentemente, um volume maior.

As fontes de contaminação pontuais geralmente produzem plumas com uma definição clara e maior concentração para fácil identificação e possível controle. No entanto, quando as atividades poluidoras são pontuais e múltiplas, mesmo que pequenas, acabam por representar uma fonte de poluição difusa (SODRÉ, 2012).

Conforme Oliveira e Souza (2017) apontam, a relação entre a água e várias doenças e a identificação de microrganismos nocivos à saúde humana continuam a se expandir. A

remoção desses microrganismos patogênicos, previnem a obtenção de doenças de veiculação hídrica, como a febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar, cólera, diarreia, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Destacam-se como principais parasitas de intestino, presente em hospedeiros como os adultos e sobretudo em criança, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Entamoeba histolytica*, *Anciloestomídeos* e *Giardia lamblia*. Esses parasitas podem ser obtidos por meio de consumo dos ovos e cistos encontrados em alimentos mal acondicionados, mal lavados ou lavados em água contaminada, carnes cruas ou malcozidas ou por meio da ingestão de água não tratada (PITTINER, 2007).

Além da poluição microbiológica, as águas subterrâneas também estão sujeitas à poluição química, a ocorrência de contaminação, pode ser na área urbana, por meio de indústrias químicas e na área rural, por meio do uso de agrotóxicos, contaminando corpos hídricos receptores. Outra forma de poluição, é a sedimentar caracterizada por partículas suspensas que se acumulam na água, por produtos orgânicos ou inorgânicos e das substâncias insolúveis, criando alta densidade de poluentes na água. A poluição radioativa também é outra forma de poluição, da qual é formada por rejeitos radioativos despejados no solo, ar ou água após um teste nuclear, bem como, resíduos radioativos de hospitais ou usinas de energia (ECYCLE, 2021).

2.2 FORMAS DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

As formas de captação de água subterrânea podem ser por meio de poços ou aproveitamento direto das nascentes. Conforme Hirata *et al.* (2019) relatam que as nascentes são manifestações (pontos) na superfície do solo de lençóis freáticos, que dão origem a cursos de água. Já os poços são divididos em duas categorias importantes, sendo:

- Poços tubulares ou artesianos ou semiartesianos: poços tubulares são perfurados por máquinas na forma vertical e cilíndrica com revestimento em PVC ou em aço em formato tubular. O diâmetro perfurado em média varia entre quatro e seis polegadas ou até mesmo 18 polegadas e tem profundidade de até 2.000 metros. O poço artesianos se caracteriza pela forma natural como a água é jorrada acima da superfície sem ajuda de qualquer equipamento como bomba. Assim, a nomenclatura artesianos é usada erroneamente por empresas perfuradoras. Os poços semiartesianos apresentam profundidade variando entre 50 a 60 metros.

- Poços escavados: a depender da região, recebe vários nomes distintos (raso, cisterna, cacimba, amazonas, poção, caipira etc.), são poços construídos e perfurados manualmente, com revestimento em cerâmica, tijolo ou concreto. Possuem profundidade aproximada de até 25 metros com diâmetro variando de um a dois metros.

O problema da captação é que, na maioria dos casos os poços são construídos de forma incorreta, fora das normas hidrossanitárias, ou quando coletado diretamente de nascentes, sua gestão é inadequada e não se verifica nenhuma obra de proteção após uso, para que não haja a contaminação, por exemplo, de fezes de animais de sangue quente. Em se tratando de contaminação, até os aquíferos mais profundos e confinados podem sofrer poluições irreversíveis (FREIRE *et al.*, 1998).

2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água pode ser definida com base em seus compostos e pelos efeitos que seus constituintes podem causar (FREITAS *et al.*, 2013). O agrupamento destes constituintes possibilita que se possa estabelecer os padrões de qualidade, conforme seus usos, tal como, irrigação, consumo humano, indústria, dessedentação animal, piscicultura, recreação, entre outros.

Dessa forma, para estar disponível os recursos subterrâneos para determinado fim, dependerá especialmente da qualidade físico-química e bacteriológica da água. Logo, os parâmetros mais usuais para avaliar a qualidade da água são: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato, fósforo dissolvido e total, coliformes totais e *Escherichia coli*.

2.3.1 Físico-químicos

2.3.1.1 Temperatura

A temperatura da água pode variar conforme sua fonte, natural ou artificial. As mudanças de temperatura fazem parte das condições climáticas normais, os corpos d'água naturais denotam mudanças sazonais e diurnas, assim como, estratificação (NOGUEIRA; COSTA; PEREIRA, 2015).

A alteração natural resulta sobretudo da radiação solar, sendo uma das propriedades da água subterrânea que menos se altera, no entanto, de forma antrópica, a alteração acontece por despejos industriais e águas usadas na refrigeração de máquinas e caldeiras (LIBÂNIO, 2005; VON SPERLING, 2014).

O parâmetro temperatura não é uma variável com valores máximos permitidos (VPM) preconizados pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e pela Resolução CONAMA nº 396/08, uma vez que, suas características estão relacionadas de acordo com cada região.

2.3.1.2 Potencial Hidrogeniônico

O parâmetro potencial hidrogeniônico (pH) indica que a medida do íon hidrogênio em uma certa solução é igual ao logaritmo negativo de sua atividade química (CECH, 2013). Segundo Libânio (2010), o valor do pH é um dos indicadores mais utilizados no processo de monitoramento da qualidade da água, porém, não apresenta efeito de relevância para a saúde humana, visto que, o homem consome diversos alimentos com sua ampla variação de valores de pH.

A Portaria GM/MS nº 888/2021 preconiza um intervalo de 6,0 a 9,5, pois ocorre incrustação em tubulações quando o pH é muito alcalino, bem como, ocorre corrosão quando pH é muito ácido. Já para a saúde humana, apenas quando o pH é extremamente ácido ou básico, pode ocorrer irritações nos olhos ou pele (VON SPERLING, 2014).

2.3.1.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) aponta com precisão as alterações na composição da água, conforme a condutividade da água aumenta, à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados (NOGUEIRA; COSTA; PEREIRA, 2015). Devido a aferição da condutividade elétrica, pode-se estimar a salinidade da água, estabelecida como a quantidade total de sais dissolvidos na água (ALVES, 2016). Ela expressa a capacidade de condução de corrente elétrica pela água, indicando a concentração iônica de sua amostra (CETESB, 2015).

Para esse parâmetro também não se tem estabelecidos pelas legislações vigentes um valor orientador, mas conforme estudos de Brasil (2014) e Libânio (2005), as águas naturais apresentam condutividade inferior a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ao passo que, os corpos receptores de elevada carga orgânica podem atingir cerca de $1.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

2.3.1.4 Turbidez

A turbidez é expressa em unidades de turbidez (NTU) e tem como característica a apresentação de partículas suspensas no corpo hídrico, interferindo na intensidade de um feixe de luz a atravessá-la. As partículas variam de tamanho a partir de suspensões grosseiras aos coloides, conforme grau de turbulência. Essas partículas provocam a dissipação e a absorção da luz, dando a água uma aparência turva, aparentemente indesejável (MONTEIRO, 2015). A Portaria GM/MS nº 888/2021 preconiza valor máximo permitido de 5 NTU para amostras tratadas de água subterrânea.

2.3.1.5 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) se refere ao oxigênio presente na água, assegurando a vida aquática. Águas poluídas apresentam menor concentração de oxigênio dissolvido, uma vez que, há o consumo de oxigênio no processo de decomposição da matéria orgânica, e em relação a essa situação, acaba comprometendo aos indivíduos que vivem em ambientes aquáticos (ANA, 2018).

Sua influência se dá por vários fatores, como altitude ou temperatura, que sendo altas, ocorre a diminuição na solubilidade do oxigênio na água, considerando a medida de oxigênio dissolvido (MONTEIRO, 2018). Para esse parâmetro também não existe na Portaria GM/MS nº 888/2021 e na Resolução CONAMA nº 396/08 valores orientadores.

2.3.2 Nutrientes

2.3.2.1 Amônia

A amônia ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) se encontra de forma natural nos corpos hídricos, como resultado da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos da superfície, da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso pelos microrganismos ou ainda por trocas gasosas com a superfície. A amônia é comumente encontrada em esgoto sanitário, decorrência direta de descargas de efluentes domésticos e industriais, do processo de hidrólise da ureia e da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos nitrogenados (REIS e MENDONÇA, 2009). Logo, a presença de amônia na água pode indicar contaminação por

material orgânico. Para esse parâmetro, a Portaria GM/MS nº 888/2021 preconiza o valor máximo permitido de 1,0 mg/L para o consumo humano.

2.3.2.2 Nitrito

O nitrito (NO_2^-) tem como característica ser um parâmetro simples de muita relevância em relação à verificação da qualidade de águas destinadas ao consumo humano, pois o nitrito se refere a contaminações no corpo hídrico, com origem de material orgânico animal ou vegetal. Ademais, pode ser apontado como resultado de decomposição biológica por ação de microrganismos, ou ainda, proveniente de ativos inibidores corrosivos em instalações de indústrias (CRESPIM, 2017). A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece o nível máximo de 1,0 mg/L de nitrito em águas para consumo, valores superiores atestam ser inadequada para potabilidade.

2.3.2.3 Nitrato

O nitrato (NO_3^-) é um bom indicador de contaminação das águas subterrâneas por ações antrópicas. Tem como característica ser muito solúvel e apresentar dificuldades para precipitação, é capaz de estar envolvido em reações de redução e oxidação. Pode ocorrer em pequenas concentrações de forma natural, correspondendo o estágio final da oxidação da matéria orgânica. Quantidades acima de 5 mg/L podem indicar contaminação diversas como fossas, restos de animais, cemitérios, adubação, esgoto, lixões, entre outros (MANZIONE, 2015).

O nitrato encontrado em corpos hídricos pode estar associado ao risco de duas doenças graves: metahemoglobinemia, popularmente conhecida como síndrome do bebê azul e o câncer gástrico. Esse parâmetro é considerado prejudicial à saúde, porém é um indispensável elemento na agricultura (FREDDO FILHO, 2018). A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece o limite máximo de 10 mg/L de nitrato em águas para consumo humano, posto que, seu excesso atesta condições inadequadas para consumo.

2.3.2.4 Fósforo

O fósforo é um elemento de suma importância para desenvolvimento dos organismos, sobretudo, por ser o nutriente que limita a eficiência produtiva de um corpo hídrico. É

encontrado na forma orgânica e inorgânica, sendo os fosfatos solúveis a forma mais comum, classificados em: ortofosfatos, fosfatos orgânicos e fosfatos condensados (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

O fosfato pode ocorrer de forma natural em águas subterrâneas, uma vez que, tem relação com os processos naturais como, dissolução de rochas, decomposição da matéria orgânica e carreamento dos solos. Assim como, pode também estar relacionado a processos antrópicos, tais como, lançamento de esgotamento sanitário, produtos fertilizantes, detergentes e agrotóxicos (SANTOS, 2011).

Esse nutriente não apresenta problemas para a saúde humana, contudo, pode ocasionar a eutrofização, uma vez que, é essencial para o desenvolvimento de microrganismos capazes de estabilizar a matéria orgânica (VON SPERLING, 2014).

2.3.3 Parâmetros Microbiológicos

Como pontua a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2013), sendo os indicadores de contaminação fecal, os grupos coliformes se destacam como bactérias de referência. Seu principal representante é a bactérias *Escherichia coli* e são indicativas de uma possível existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ANA, 2018).

Os coliformes totais se integram de um grande grupo de bactérias, porém ainda não existe uma relação quantificável com os microrganismos patogênicos, assim não é indicada como parâmetro de contaminação fecal (VON SPERLING, 2014). A Portaria GM/MS nº 888/2021 e a CONAMA nº 396/08 estabelecem que, para se ter água potável, é necessário a ausência de unidades formadoras de colônia (UFC) de coliformes totais e fecais em 100 mL de amostra de água.

2.4 DIREÇÃO DE FLUXO SUBTERRÂNEO E VULNERABILIDADE NATURAL

A tendência de direção de fluxo é capaz de determinar áreas de recargas e descargas de água subterrâneas e ajuda a indicar aquífero divergente e convergente em um rio, entretanto, para avaliar a tendência de direção de fluxo é preciso uma base de dados altimétricos (BOEZIO; COSTA; KOPPE, 2006). Segundo Demétrio, Correia e Saraiva (2006), a superfície potenciométrica é um instrumento importante para conhecer o fluxo das águas

subterrâneas, eles enfatizam que mesmo sendo simples a elaboração do mapa, ainda existe uma certa dificuldade na obtenção das cotas altimétricas.

Lamentavelmente, a superexploração dos recursos hídricos subterrâneos, o uso irregular da terra e o não cumprimento de leis e regulamentos, colocam em ameaça a qualidade natural das águas subterrâneas. É por isso que, pesquisa de avaliação de vulnerabilidade de aquíferos tem se tornado cada vez mais importante, especialmente para o conhecimento de áreas que são mais vulneráveis a poluição (BATISTA *et al.*, 2017). Segundo Foster *et al.* (2002), a vulnerabilidade de um aquífero à poluição é um conjunto de características inerentes que determinam seu impacto final na carga de poluente.

Os procedimentos de avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos estabelecem uma escala por grau de suscetibilidade. Essa escala é definida por meio da localidade, e é expressa na forma de mapas temáticos. Esses mapas de vulnerabilidade são um instrumento essencial para a exploração de aquíferos e geralmente é o primeiro passo na verificação de perigo de contaminação de água subterrânea e conseqüentemente na proteção de sua qualidade (FOSTER *et al.*, 2003).

O método GOD (FOSTER; HIRATA; ROCHA, 1988) para o cálculo da vulnerabilidade do aquífero tem demonstrado uma boa alternativa à inexistência de informações preliminares, devido à simplificação dos parâmetros. Este método desempenha facilidade na determinação de seus parâmetros e pela boa espacialização dos dados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Logo, a vulnerabilidade pode ser observada em forma de mapas, permitindo aos órgãos responsáveis, uma melhor avaliação nas propostas de desenvolvimento, colaborando no controle da poluição e monitorando a qualidade subterrânea (RIBEIRO *et al.*, 2011).

O método GOD está relacionado à utilização dos parâmetros em seu método de cálculo da vulnerabilidade natural dos aquíferos: Grau de confinamento do aquífero (*Groundwater occurrence*); Litologia da zona insaturada (*Overall lithology of the unsaturated zone*) e Profundidade do nível freático (*Depth to the water table*). A estimativa do índice GOD pode ser seguida conforme as etapas ilustradas na Figura 1.

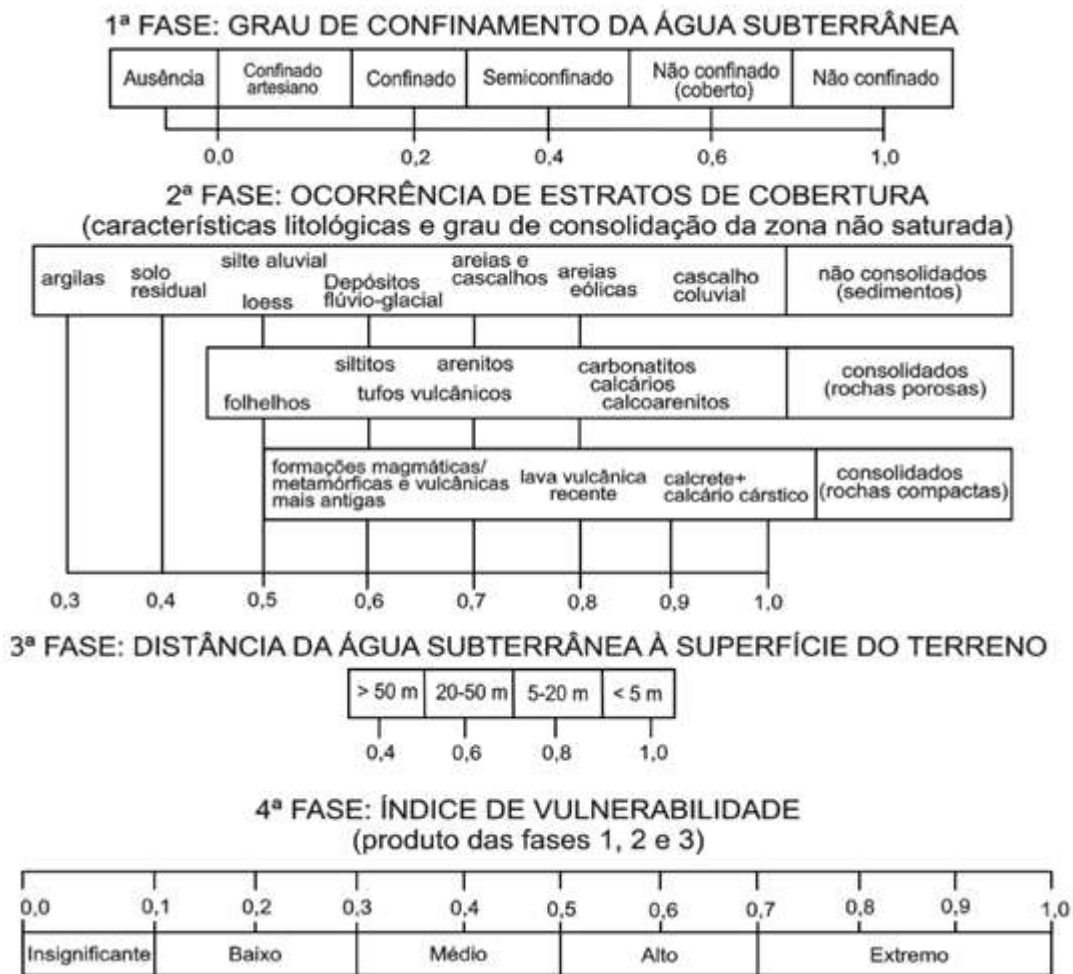


Figura 1 - Avaliação da vulnerabilidade do aquífero segundo o método GOD.

Fonte: Foster *et al.* (2006). Adaptado.

Foster *et al.* (2006) definem as classes de vulnerabilidade do aquífero como:

- Insignificante: há camadas confinadas sem percolação significativa de água subterrânea.
- Baixa: é apenas vulnerável a poluentes conservadores de longo prazo, quando lançados ou lixiviado continuamente e amplamente.
- Média: vulnerável a certos contaminantes, mas apenas quando continuamente lançados ou lixiviados.
- Alta: vulnerável a vários contaminantes em muitas condições de contaminação, exceto aos que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformado.
- Extrema: vulnerável à maior número de contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Jaru está localizado ao leste de Rondônia ($10^{\circ} 26' 20''$ S e $62^{\circ} 27' 59''$ W), e está distante 290 km da capital Porto Velho, possui uma população de 52.005 habitantes em uma área de 2.944 km² (IBGE, 2010). Os solos que constituem a área urbana do município são compostos por solos cambissolos eutróficos (24,86%) característicos em relevos forte ondulados ou montanhosos e solos latossolos vermelho escuro (31,12%), solos profundos fortemente ácidos, com baixa saturação (RONDÔNIA, 1999).

O clima da região conforme a classificação de Köppen é do tipo Am – Tropical úmido ou sub-úmido, logo, possui temperatura média anual de 24 a 26°C e pluviosidade média anual de 2000 mm a 2100 mm (ALVARES *et al.*, 2013). A vegetação do município é classificada em floresta tropical densa e floresta tropical aberta (BRASIL, 1978). A Figura 2 apresenta a localização do município e os pontos de amostragem.

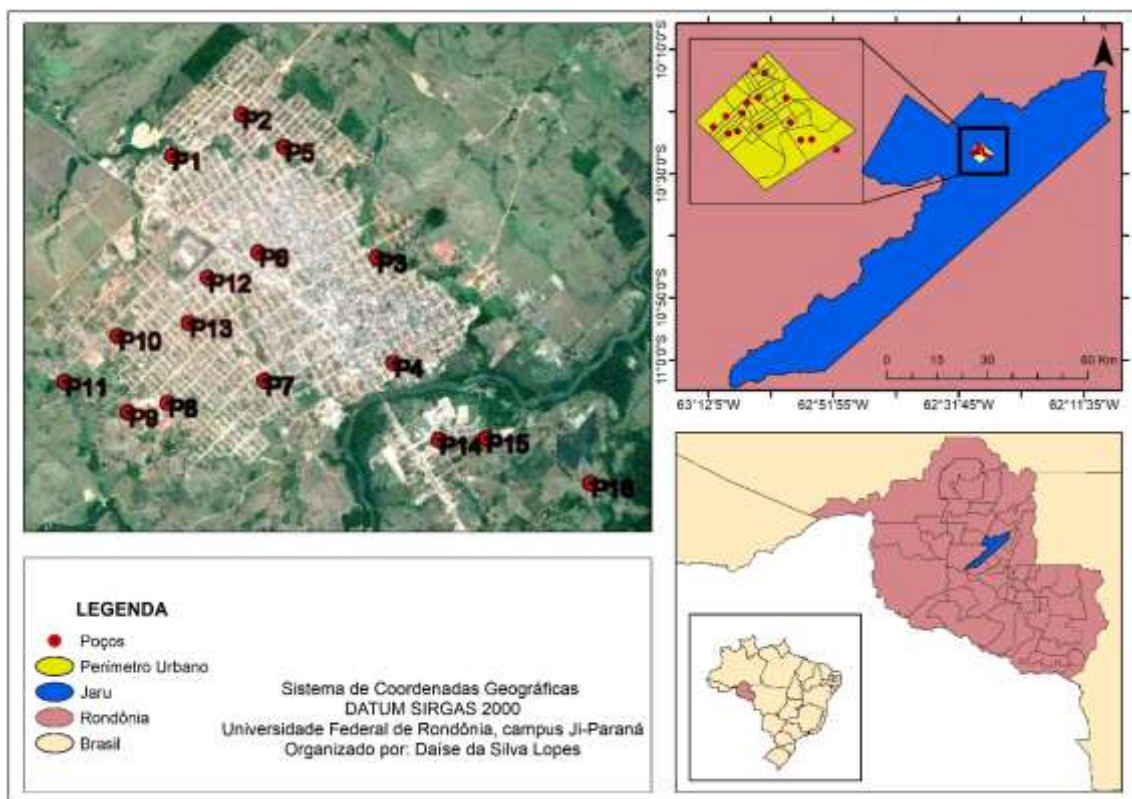


Figura 2 - Mapa de localização do município de Jaru/Rondônia e pontos amostrais do estudo da água subterrânea.

3.2 AMOSTRAGEM

Foram selecionados aleatoriamente no município de Jaru, quinze poços e uma mina (FIGURA 2), sendo selecionadas para o estudo as residências que utilizavam água subterrânea como alternativa de abastecimento, uma vez que, o município possui rede pública de abastecimento de água tratada pela Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia (CAERD).

Foram realizadas duas coletas de amostras de água, sendo uma coleta no mês de setembro/2018 como mês representativo do período de águas baixas (AB), e uma no mês de dezembro/2018 representando o período de águas altas (AA), com intuito de retratar possíveis variações sazonais das variáveis nos pontos de coletas. No que se refere as condições climáticas a região apresenta um período chuvoso, característico de janeiro a março, chuvoso-seco de abril a junho, seco no mês de julho a setembro e seco-chuvoso de outubro a dezembro (WEBLER *et al.*, 2013).

3.3 QUESTIONÁRIO SOCIOAMBIENTAL

Os responsáveis pelas residências que aceitaram participar da pesquisa, receberam um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO C) para aplicação do questionário socioambiental (ANEXO B), que além de contar com as informações socioambientais e econômicas das famílias, contou com as práticas e medidas hidrossanitárias (ANEXO A) utilizadas no abastecimento de água e a forma de disposição do esgotamento sanitário.

3.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Por meio de coletor específico em profundidade, as amostras de águas foram coletadas diretamente da fonte de captação (poços) e armazenadas em garrafas de água mineral de 500 mL, as quais estavam lacradas e seu conteúdo descartado apenas no momento da coleta, a fim de manter a integridade da amostra. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas refrigeradas, até posterior análise, dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, no Laboratório de Limnologia e Microbiologia (LABLIM), da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *campus* Ji-Paraná.

Foram medidos *in loco* os parâmetros físico-químicos, temperatura (°C) e potencial hidrogeniônico (pH) com o auxílio da sonda portátil AKSO modelo AK88 e condutividade elétrica (CE) pela sonda YSI, modelo EC 300.

Em laboratório foram analisados os parâmetros, turbidez por meio do turbidímetro portátil HACH, modelo 2100 P e o oxigênio dissolvido pelo método titulométrico de Winkler (1969) descrito em *American Public Health Association - APHA* (1998).

Os dados obtidos foram comparados com os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que diz respeito ao controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 396/2008 que se refere ao enquadramento das águas subterrâneas.

Para a análise dos nutrientes dissolvidos, nitrito, nitrato, amônia e ortofosfato, um volume de 100 mL da amostra de água foi filtrado em membranas de microfibras de vidro (0,45 µm de porosidade, 4,7cm de diâmetro). A análise de fósforo total foi realizada com a amostra bruta. Todos os métodos analíticos utilizados estão descritos em *American Public Health Association - APHA*, (1995), os quais são detalhados a seguir:

3.4.1 Análise de Ortofosfato (PO_4^{3-}) e Fósforo Total

A concentração do fósforo dissolvido foi determinada quando adicionado às amostras filtradas a solução mista de molibdato de amônio, ácido sulfúrico, ácido ascórbico e solução de tartarato de potássio e antimônio. As absorvâncias foram medidas na faixa de 882 nm em espectrofotômetro (marca *Kasuki*, modelo IL-226-NM). Ressalta-se que tanto para análise de ortofosfato como para os demais nutrientes, utilizou-se branco controle e duplicatas visando maior qualidade analítica dos dados.

Para a concentração de fósforo total foram adicionadas às amostras de água bruta solução de persulfato de potássio. Em seguida as amostras foram autoclavadas a 100 °C durante 20 minutos. Após resfriamento, o procedimento do fósforo dissolvido foi aplicado.

3.4.2 Análise de Amônia ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)

Para se obter a concentração da amônia foram adicionadas em amostras de água previamente filtradas a solução de fenol e nitroprussiato (solução A) e a solução de hidróxido de sódio e hipoclorito (solução B). Após 4 horas, as absorvâncias foram determinadas ao comprimento de onda de 630 nm em espectrofotômetro.

3.4.3 Análise de Nitrito (NNO_2^-)

A concentração de nitrito foi determinada após ser adicionado nas amostras filtradas, solução de sulfanilamida em ácido clorídrico, o qual reage com a solução alcóolica de n-naftil. Após reação, as absorbâncias foram obtidas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 543 nm.

3.4.4 Análise de Nitrato (NNO_3^-)

Para determinar os valores de nitrato, as amostras filtradas receberam solução de ácido sulfúrico e solução de sulfato de brucina, ácido sulfonílico e ácido clorídrico. A determinação das absorbâncias foi realizada em comprimento de onda de 410 nm em espectrofotômetro.



Figura 3 – Determinação do nutriente nitrito, em tubos de ensaio. Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM, UNIR, Ji-Paraná, Rondônia. Setembro de 2018.

Fonte: A autora.

3.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Para a análise microbiológica, foram determinadas o número de unidades formadoras de colônias (UFC) dos grupos coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*). A análise foi feita pelo método de membrana filtrante em meio cromogênico, conforme técnica descrita em

APHA (1995). Esta técnica consiste na filtragem de 100 mL da amostra em membrana quadriculada de éster de celulose (0,45 µm de porosidade), e com o auxílio de uma bomba a vácuo e um conjunto kitassato. Em seguida a membrana foi colocada em placa *petri* com meio de cultura *Chromocult Coliform Agar* e levada a estufa bacteriológica por 24 horas em temperatura de 35±2°C.

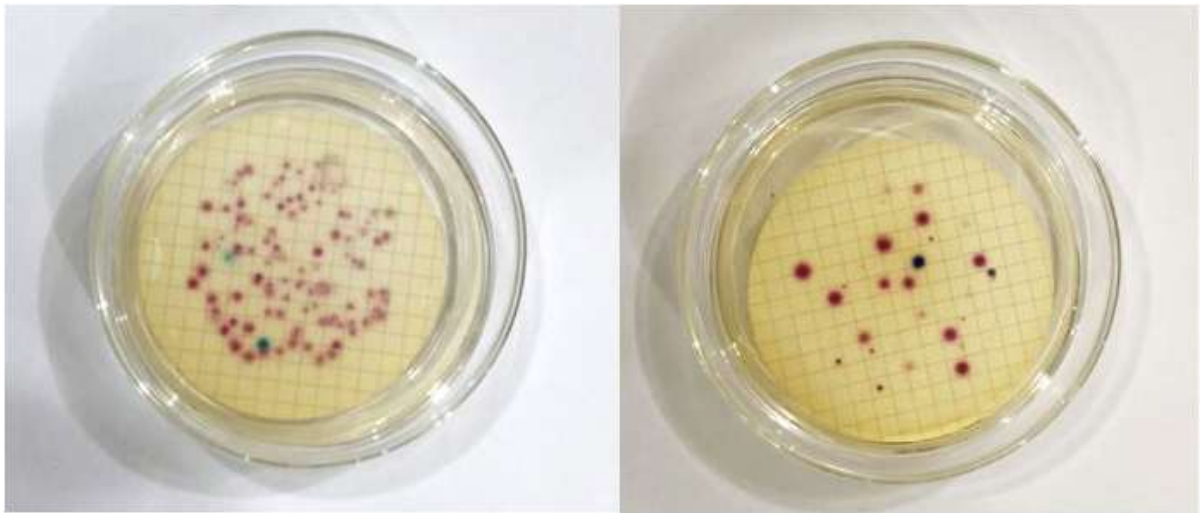


Figura 4 – Unidade Formadora de Colônia (UFC) de coliformes totais (rosa/lilás) e fecais (azul/roxo) em placa *petri*. Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM, UNIR, Ji-Paraná, Rondônia. Setembro de 2018.

Fonte: A autora.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DO FLUXO SUBTERRÂNEO E VULNERABILIDADE

Para a determinação da direção do fluxo subterrâneo, foi utilizado a cota altimétrica, as quais foram demarcadas pelas coordenadas geográficas dos poços e fossas e as distâncias entre si, utilizando o aparelho GPS *Garmin Etrex Vista H 2,8*". O nível da água dos poços foi determinado pela diferença entre a profundidade da fonte e a profundidade de superfície dos 16 poços estudados.

O índice de vulnerabilidade no aquífero foi desenvolvido pelo método GOD. Foram utilizadas informações dos poços cadastrados na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM/SIAGAS, dos 28 poços cadastrados no sistema, apenas 9 poços continham todas as informações básicas necessárias, como nível estático, estratos litológicos, grau de confinamento do poço, além das coordenadas geográficas. Para cotas altimétricas foram utilizadas as imagens do *Google Earth*, também extraídas para a construção da direção de fluxo e superfície potenciométrica.

In loco, no município foram selecionados aleatoriamente quinze poços e uma mina, abrangendo pontos na área urbana e rural, com intuito de relacioná-los com possíveis fontes de contaminação como: postos de gasolina, cemitérios ativo e desativado e lixão. Os dados foram organizados em planilha do *Microsoft Excel* e posteriormente interpolados no programa *Surfer 13*, utilizando o método de *krigagem* para montagem dos mapas temáticos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL

Das 16 residências estudadas nessa pesquisa, em relação ao tipo de instalação predial, 19% dos entrevistados residem em casa de alvenaria e 81% em casa de madeira. Desse montante, nove pessoas (56%) compraram sua moradia, ao passo que, quatro pessoas (25%) moram em casas alugadas e apenas uma pessoa (19%) informou ter ganhado a moradia.

Em suma, 65 pessoas formam o total de moradores das 16 casas avaliadas, sendo as famílias em sua maioria compostas por dois adultos (69%); três adultos (19%) e mais de cinco adultos (12%). Em relação às crianças e jovens, 62% das famílias possuem pelo menos uma criança na residência, à medida que, 38% das residências possuem pelo menos um jovem. Estudos já realizados comprovaram a associação entre saneamento inadequado e casos de diarreia no Brasil, principalmente nos grupos etários mais vulneráveis como criança e idosos (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

A falta de saneamento adequado é considerada uma das principais causas de poluição e contaminação dos recursos hídricos para o abastecimento humano, portanto, levando à casos de doenças de veiculação hídrica (ERCUMEN; GRUBER; COLFORD, 2014; TANG; FAN; WANG, 1996).

Em relação à principal fonte de água utilizada pelos entrevistados 11 moradores (69%) utilizam a água oriunda do poço; dois moradores (13%) utilizam a água do poço mas compram água mineral para consumo; um morador (6%) utiliza água do poço e água tratada fornecida pela CAERD; um morador (6%) utiliza apenas CAERD, bem como, um morador (6%) dispõem de uma mina como fonte de água.

Dos entrevistados, uma pessoa (6%) disse residir no local há três meses; três pessoas (19%) de cinco a dez anos; três pessoas (19%) de 10 a 20 anos; quatro moradores (25%) há menos de cinco anos e cinco moradores (31%) há mais de 20 anos.

Quando questionados sobre a forma de tratamento da água para o consumo, oito participantes (50%) afirmaram não tratar antes do consumo; quatro participantes (25%) adicionam cloro diretamente ao poço, entretanto, esta prática não é eficaz uma vez que, por não se saber a quantidade certa de água devido ao fluxo subterrâneo, acarreta em uma aplicação errada da dose de cloro necessária. A quantidade de hipoclorito de sódio (2,5%) recomendada para o tratamento da água antes do consumo humano segundo o Ministério da Saúde (2015), é de duas gotas por litro, deixando a solução repousar por 30 minutos antes do uso.

Apenas duas (13%) famílias utilizam a filtragem como tratamento prévio, apenas um (6%) participante ferve a água para o consumo e apenas um (6%) participante informou adicionar cloro diretamente à água para tratamento. Observou-se que em relação a frequência de dosagem, dos 25% dos entrevistados que fazem o tratamento com cloro direto ao poço, apenas dois moradores adicionam cloro a cada dois meses, um morador a cada três meses, e um morador a cada três anos.

A respeito dos aspectos sanitários todos os entrevistados usufruem da coleta pública como destinação final dos resíduos de suas residências, exceto um entrevistado que incinera seus resíduos, uma vez que, alega não ter coleta pública em sua residência devido sua moradia ser em chácara, fora da zona urbana, e uma família que leva o seu resíduo ao lixão, uma vez que mora próximo do mesmo. Com relação a frequência de coleta para aqueles que utilizam da coleta pública, em sua grande maioria, a frequência se dá, duas vezes por semana, exceto em duas residências que suas frequências é uma vez por semana e uma residência que é três vezes por semana.

Quanto ao esgoto doméstico todas as moradias utilizam fossa negra, considerando que a cidade não dispõe de coleta e tratamento de esgoto, exceto uma moradia, que afirma despejar seus dejetos no corpo hídrico, localizado nos fundos de sua residência.

4.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVA DOS POÇOS

Todos os poços estudados são do tipo poços rasos, com exceção de uma moradia (P10), que não foi possível a verificação das informações em relação as características construtivas do poço.

As observações e caracterização construtiva dos poços amostrados do município de Jaru referente a coleta representativa do período de águas baixas (AB) em setembro/2018 e no

mês representativo do período de águas altas (AA) em dezembro/2018, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características construtiva dos poços amostrados no município de Jaru/Rondônia, e observações gerais – 2018

Poços	Tipo de revestimento	Tipo de tampa	Cota fossa	Cota poço	Distância fossa-poço (m)	Observações
P1	Manilha	Alvenaria	159	157	17,5	Quintal com entulho e resto de material de construção.
P2	Ausente	Alvenaria	165	168	37,3	Presença de insetos, anfíbio e gordura dentro do poço; Fossa com tampa de madeira; Tampa desproporcional ao tamanho do poço/sem vedação; Infiltração.
P3	Ausente	Alvenaria	149	149	13,7	Poço sem revestimento.
P4	Ausente	Alvenaria	158	157	9,4	Poço sem revestimento, dentro da cozinha;
P5	Ausente	Alvenaria	166	168	23,5	Poço dentro do quarto; Presença de animais no quintal; Ausência de fossa; Despejo de efluente doméstico em corpos hídricos.
P6	Ausente	Alvenaria	189	188	10,3	Poço revestido, dentro da cozinha.
P7	Ausente	Alvenaria	164	165	6,8	Fossa apenas para rejeitos da cozinha; Presença de animais (cachorro/gato) e resíduos no quintal.
P8	Ausente	Alvenaria	168	176	16,7	Casa do cachorro próximo ao poço; Entulho no terreno.
P9	Manilha	Alvenaria	198	198	19,5	Poço dentro de casa; Entulho e resíduos no quintal.
P10	*		199	200	18,0	Compra água para consumo. Casa em frente ao cemitério desativado.
P11	Mina		190	179	73,7	Presença de animais (galinha/pato/cachorro) e resíduos no quintal.
P12	Ausente	Alvenaria	183	185	24,8	Poço em boas condições.
P13	Ausente	Alvenaria	179	180	18,7	Poço dentro de casa, revestido com cerâmica ao redor; Compra água para consumo.

(Continua)

Poços	Tipo de revestimento	Tipo de tampa	Cota fossa	Cota poço	Distância fossa-poço (m)	Observações
P14	Ausente	Alvenaria	156	157	24,4	Nível do poço próximo ao nível do solo.
P15	Manilha	Madeira	148	144	19,3	Muito entulho no terreno.
P16	Ausente	Madeira	143	146	14,7	Chiqueiro próximo; muitos animais no quintal; Presença de resíduos; Depósito de objetos na tampa do poço.

Todos os poços estudados (TABELA 1) possuíam tampas de alvenaria, exceto o P15 e P16 que eram de madeira. Neste quesito, 68% apresentaram estar em boas condições (proporcional; sem infiltração e rachaduras; com vedação) e 32% em má condição (rachaduras, infiltrações, desproporcional; sem vedação) poços P2, P8, P14, P15, P16. Em relação ao revestimento dos poços, 71% dos poços não apresentavam revestimento e dos 29% que possuíam revestimento, dois eram manilhados completamente (P2 e P9) da superfície até a cota do fundo do poço enquanto 2 poços eram parcialmente manilhados (P1 e P15). Os poços não possuíam uma área impermeabilizadora em seu entorno.

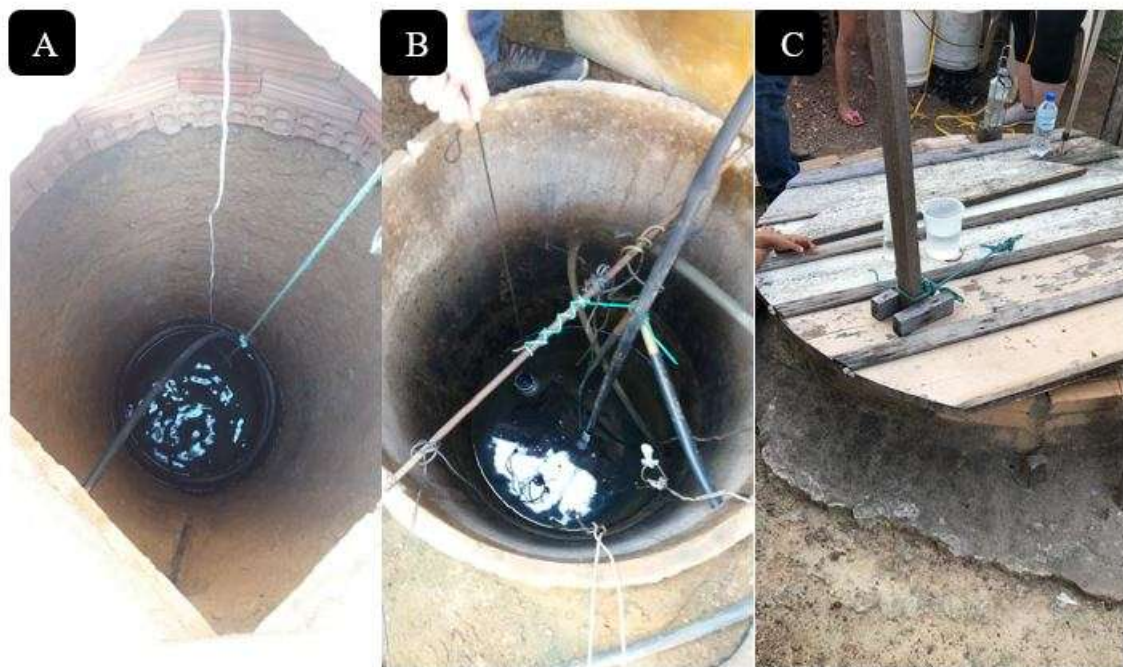


Figura 5 – Poços analisados no município de Jaru/Rondônia. **A)** Ponto P1: exemplo de poço parcialmente manilhado. **B)** Ponto P2: exemplo de poço completamente manilhado. **C)** Ponto P15:

exemplo de poço com tampa em condições ruins (desproporcional/infiltração) e de madeira. Setembro de 2018.

Fonte: a autora.

A captação da água do poço é por meio de bombeamento em todas as residências e o esgotamento sanitário doméstico se dá por fossas negras e rio. Quanto a cota poço-fossa a maioria das residências (56%) estavam com a cota do poço superior ao da fossa, 31% das casas com a cota do poço inferior a cota da fossa e 13% estavam com a cota do poço igualada com a cota da fossa. Assim, em 31% dos poços analisados o fator cota da fossa e poço podem ter contribuído para a contaminação observada.

A média entre as distâncias dos poços e fossas foi de 21,8 m. A NBR 7229/93 determina que o valor de distância mínimo entre uma fossa e um poço é de 15 m, assim sendo, 69% dos moradores (P1, P2, P5, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14 e P15) estão de acordo com a norma de segurança, ao passo que, 31% não estavam de acordo com o estabelecido. Lopes Junior (2019), estudando também o município de Jarú, em seus 24 poços analisados, observou que 20,83% dos poços também não se encontravam com a distância de 15 m das fossas.

Em suma, 88% dos poços analisados nesta pesquisa apresentaram profundidade de superfície menor que 10 metros no período AB (TABELA 2), Segundo Silva (2008), poços com profundidades inferiores a 10 m são propensos à contaminação. Os pontos P9 e P12, por sua vez, apresentaram valores superiores, sendo 10,40 m e 10,88 m, respectivamente.

Tabela 2 - Profundidade de fundo e de superfície, e o nível da água obtido nos poços amostrais do município de Jarú/Rondônia, no período de águas baixas (AB) - setembro/2018 e águas altas (AA) - dezembro/2018

POÇOS	Profundidade de fundo (m)	ÁGUAS BAIXAS (AB)		ÁGUAS ALTAS (AA)	
		Profundidade de superfície (m)	Nível da água (m)	Profundidade de superfície (m)	Nível da água (m)
P1	4,04	2,78	1,26	3,31	0,73
P2	3,63	1,26	2,37	0,4	3,23
P3	5,44	4,24	1,20	2,75	2,69
P4	6,7	4,73	1,97	6,33	0,37
P5	2,83	1,54	1,29	0,66	2,17
P6	11,15	6,8	4,35	9,75	1,40
P7	4,25	3,06	1,19	2,3	1,95
P8	4,23	2,34	1,89	1,29	2,94
P9	11,72	10,4	1,32	7,42	4,30
P10	*	*	*	*	*

P11	1,8	0,77	1,03	0,7	1,10
P12	17,2	10,8	6,40	8,5	8,70
P13	4,55	3,44	1,11	1,19	3,36
P14	5	4,05	0,95	1,53	3,47
P15	4,95	3,42	1,53	0,93	4,02
P16	6,7	5,62	1,08	2,42	4,28

Nota: *= sem valor médio.

No período AA, todos os poços, também apresentaram profundidade de superfície menor que 10 m, e os mesmos pontos (P9 e P12) também apresentaram valores inferiores, com profundidade de superfície sendo 7,42 m e 8,50 m respectivamente. Isso aponta, conforme os resultados apresentados em tabela, que nesse período, o nível d'água dos poços analisados se encontravam próximo à superfície para ambos os períodos, sendo o P12 o poço com maior lâmina d'água, apresentando valor de 6,40 m em período AB e 8,70 m em período AA.

4.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

4.3.1 Parâmetros Físicos e Químicos

Conforme apresentado na Figura 6 a temperatura da água subterrânea variou entre 27 °C (AA) à 30,7 °C (AB e AA), com o maior valor médio igual a 28,46 °C para o período AB. As alterações encontradas podem ser explicadas pelas diferentes profundidades dos poços, pois em aquíferos subterrâneos, os poços mais profundos tendem a ter temperaturas mais baixas do que os poços mais rasos (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

A variável temperatura não possui um valor estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e a CONAMA 396/2008, uma vez que, se refere as características de cada região do país.

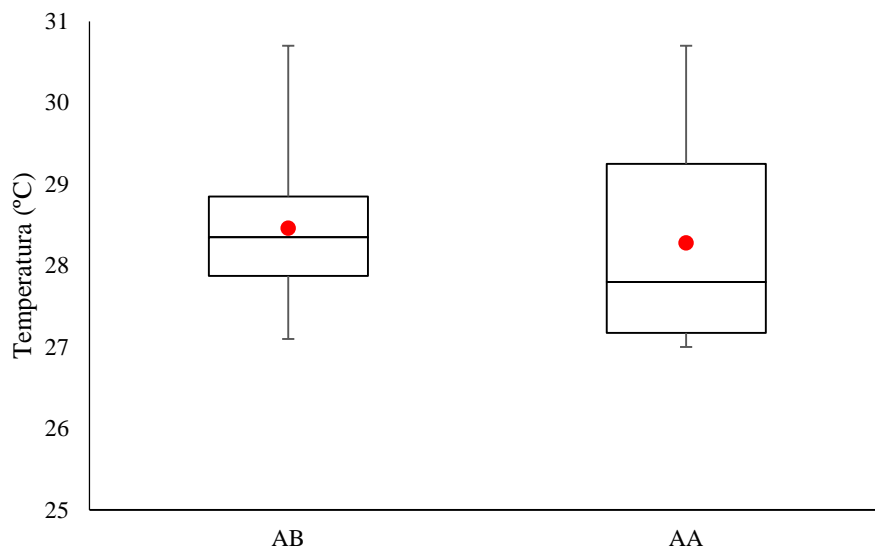


Figura 6 – Boxplot da temperatura das águas subterrâneas analisadas no período de águas baixas (AB) em setembro/2018 e águas altas (AA) em dezembro/2018 para o município de Jarú/RO.

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). É calculado em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (BRASIL, 2014). Sendo, inferior a 7 condições ácidas e superior a 7 condições alcalinas. A Portaria GM/MS nº 888/2021 delimita valores de pH entre 6,0 a 9,5.

O resultado do pH (FIGURA 7) demonstrou que apenas 31,2% dos poços estão de acordo com o que preconiza a legislação para ambos os períodos. Para o período de AB, o maior valor foi de 6,8 e o menor de 5,6. Assim, 43,7% dos poços nesse período (P1, P3, P6, P7, P8, P13 e P15) estiveram abaixo do estabelecido pela portaria.

No período de AA, o valor máximo foi de 6,2 e 5,1 o mínimo, 56,2 % dos poços para o período de AA (P2, P5, P6, P7, P8, P11, P12, P13 e P15) também não estiveram de acordo com as normas, sendo considerado águas com acidez média, onde as concentrações de pH diminuíram nesse período em relação ao período AB. Segundo Bahia *et al.* (2011), a quantidade de chuva e a decomposição da matéria orgânica têm levado ao aumento da produção de substâncias ácidas nas águas subterrâneas e à diminuição do pH, fenômeno considerado natural no ambiente amazônico.

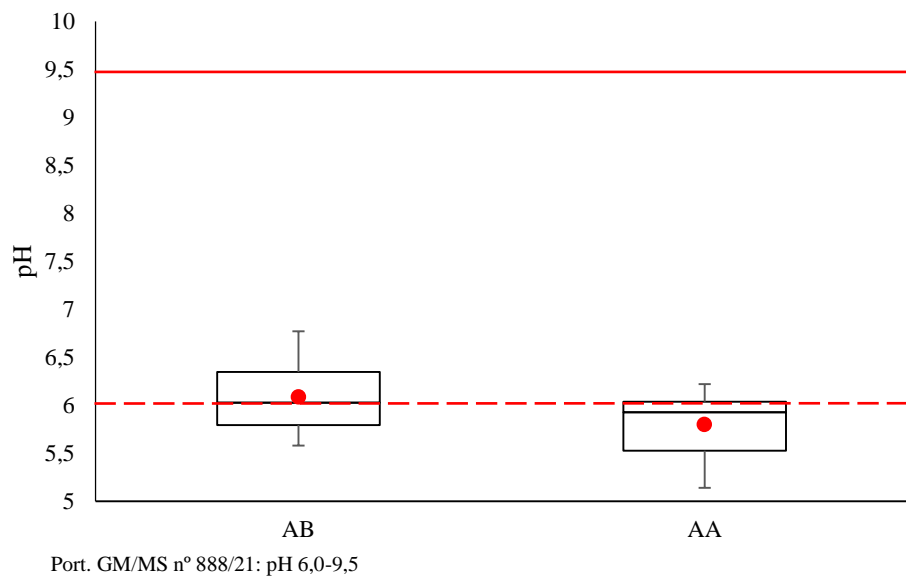


Figura 7 – Boxplot potencial hidrogeniônico (pH) das águas subterrâneas analisadas no período de águas baixas (AB) em setembro/2018, águas altas (AA) em dezembro/2018 para o município de Jarú/RO e valores orientadores estabelecidos pela Portaria GM/MS n° 888/2021.

Lopes Junior (2019), nesse mesmo município (Jarú), em seus 24 poços, analisados em uma única campanha em julho/2019, encontrou valor máximo de 6,39 e mínimo de 4,96 de pH. Pavanello (2018), estudando as águas subterrâneas em Ouro Preto do Oeste encontrou pH variando entre 4,1 e 6,6 para o mês de AB, bem como, para o período de AA a variação foi de 4,0 a 5,38, sendo considerado águas ácidas e levemente ácidas. Ramos (2017) em sua pesquisa no distrito de Nova Colina (Ji-Paraná) encontrou valor mínimo de 5,7 e máximo de 7,8 para o período de AB e variação de 4,62 a 6,62 para o período de AA, valores semelhantes com os encontrados nesta pesquisa.

Para a condutividade elétrica (FIGURA 8) a variação foi de $2,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período de AA (P8) à $911,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período de AB (P1), com a maior média, $252,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ também para o período de AB. Observou maiores valores de condutividade elétrica para o período de AB, onde, 87,5% dos poços apresentaram valores maiores que $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Para esse parâmetro a Portaria GM/MS n° 888/2021 e a CONAMA 396/2008 não estabelecem valores orientadores, porém em águas naturais os teores de condutividade elétrica variam na faixa de 10 a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até $1.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (BRASIL, 2014).

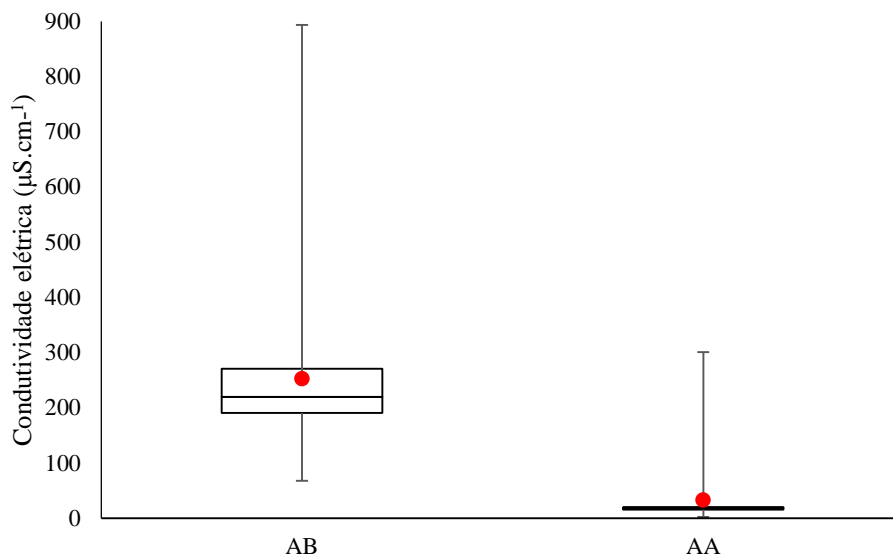


Figura 8 – Boxplot condutividade elétrica das águas subterrâneas analisadas no período de águas baixas (AB) em setembro/2018 e águas altas (AA) em dezembro/2018 para o município de Jaru/RO.

Logo, o poço P1 (AB) apresentou valor de $911,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, provavelmente este ponto deve sofrer uma poluição pontual, isso devido por exemplo pela cota da fossa ser superior a do poço. A média para o período AA foi de $32,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, sendo o P7 o poço com maior valor ($288 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) para esse período. Lopes Junior (2019), também no município de Jaru, analisou em julho/2019 a condutividade elétrica e obteve resultados próximos a essa pesquisa, com variação de $23,9 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $360 \mu\text{S cm}^{-1}$ e média de $187,23 \mu\text{S cm}^{-1}$. Já Ferreira (2013), em sua pesquisa na região central de Rondônia encontrou valores médios de condutividade elétrica no período de AB de $72,87 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e AA de $69,93 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Para o parâmetro turbidez, observou (FIGURA 9) que no período de AB a variação foi de 0,60 a 63,80 NTU, de modo que 25% dos poços (P6, P8, P11, P14) encontraram-se acima do estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 que preconiza 5 NTU.

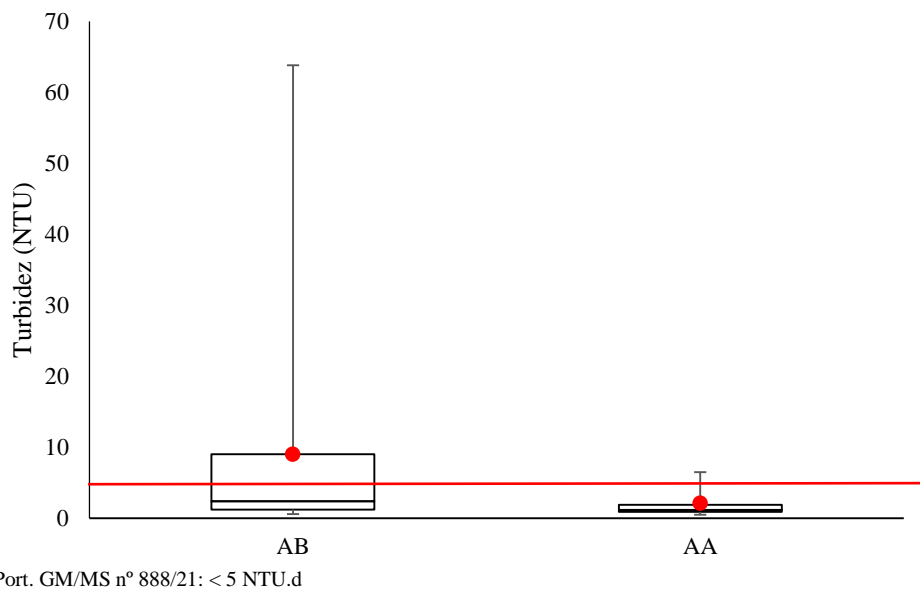


Figura 9 – Boxplot turbidez das águas subterrâneas analisadas no período de águas baixas (AB) em setembro/2018, águas altas (AA) em dezembro/2018 para o município de Jarú/RO e valor orientador estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Já no período AA apenas 13% dos pontos (P6 e P16) apresentaram valores maiores que 5 NTU. O poço P6 foi o único poço a apresentar valores maiores que o permitido nos dois períodos com máximo (63,80 NTU) encontrado em AB, isso pode ser explicado devido à grande concentração de sais dissolvidos e ionizados, possivelmente alterado pela falta de revestimentos dos poços, a profundidade (11,15 m) e com o nível de água de 4,30 m, esse ponto apresentou cota da fossa (189 m) superior a do poço (188 m). Próximo ao P16 tinha a presença de chiqueiro, muitos animais no quintal, presença de resíduos e depósito de objetos na tampa do poço que era de madeira e desproporcional ao poço. O poço P3 apresentou valores satisfatório para ambos períodos, com 0,60 NTU para AB e 0,76 NTU para AA.

Martins (2011) também encontrou baixos valores de turbidez no período de AA em poços estudados no bairro Nova Esperança (Ji-Paraná), com média de 1,76 NTU, mínimo de 0,31 NTU e máximo de 4,02 NTU, entre os 20 poços estudados, a autora encontrou apenas três com valor superior ao recomendado pela legislação vigente.

As concentrações de oxigênio dissolvido (FIGURA 10) variaram entre 1,21 mg/L (P1) à 7,66 mg/L (P3) para período de AA, com a maior média de 3,40 mg/L também para o mesmo período. Também para essa variável a Portaria GM/MS nº 888/2021 e a CONAMA 396/2008 não delimitam valores orientadores para água subterrânea ou água para consumo. No entanto, sabe-se que o oxigênio dissolvido é de suma importância para a manutenção da

vida no ambiente aquático, e segundo Von Sperling (2005) o oxigênio presente nos corpos d'água pode ser de origem natural.

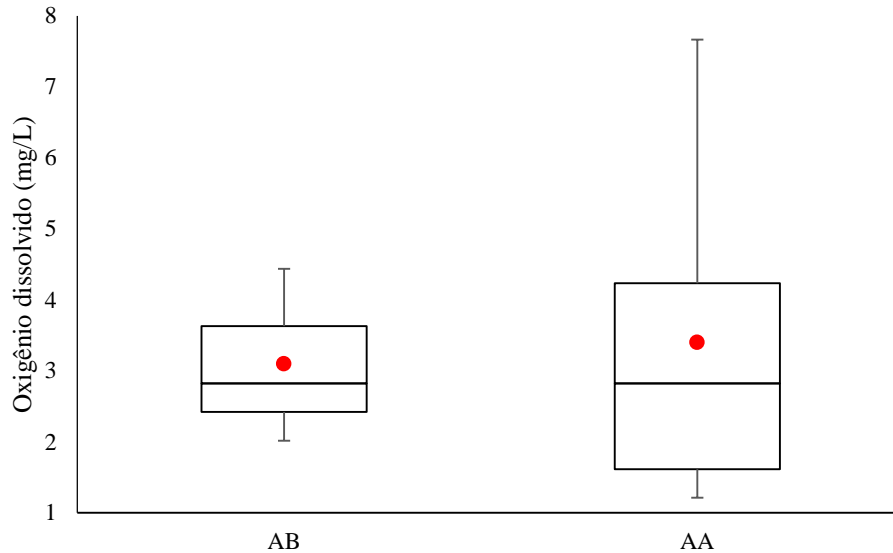


Figura 10 – Boxplot oxigênio dissolvido (OD) das águas subterrâneas analisadas no período de águas baixas (AB) em setembro/2018 e águas altas (AA) em dezembro/2018 para o município de Jaru/RO.

Lopes Junior (2019), em Jaru, encontrou concentração máxima de 9,50 mg/L, concentração mínima de 5,36 mg/L e média de 7,66 mg/L, resultados semelhantes a essa pesquisa. Em seu estudo realizada no município de Ji-Paraná, Helbel (2011) encontrou valores médios semelhantes, sendo 3,39 mg/L para o período de AA e 3,28 mg/L para o período de AB. Ferreira (2013) encontrou valores médios na região central de Rondônia no período de AA de 1,26 mg/L e AB de 1,29 mg/L. Percebeu-se que a maioria dos valores dessas regiões apresentam comportamentos semelhantes com teores de OD abaixo de 6 mg/L. Em virtude da água subterrânea não estar em contato direto com a atmosfera, o que diminui o processo de oxigenação da mesma. Nesta pesquisa apenas 12,5% dos pontos (P3 e P9) apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido maior que 6 mg/L, sendo 7,66 mg/L e 6,45 mg/L.

4.3.2 Nutrientes

A Tabela 3 apresenta a estatística descritiva dos resultados obtidos para os parâmetros fósforo total e dissolvido, amônia e nitrito.

Tabela 3 – Resultados dos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros fósforo total, fósforo dissolvido, amônia e nitrito no mês representativo do período de águas baixas (AB) - setembro/2018 e no mês representativo do período de águas altas (AA) - dezembro/2018, valores orientadores e limite de detecção da técnica (LDT)

PARÂMETRO	VALOR	AB	AA
Fósforo Total (µg/L)	mínimo	1,32	-
	médio	2,83	-
	máximo	7,37	1,23
	limite de detecção da técnica <1µg/L	0%	93,75%
	VMP GM/MS 888/2021		não estabelecido
VMP CONAMA 396/2008		não estabelecido	
Fósforo Dissolvido (µg/L)	mínimo	1,00	-
	médio	1,13	-
	máximo	1,40	-
	limite de detecção da técnica <1µg/L	81,25%	100%
	VMP GM/MS 888/2021		não estabelecido
VMP CONAMA 396/2008		não estabelecido	
Amônia (µg/L)	mínimo	7,1	5,1
	médio	59,9	27,4
	máximo	140,3	142,4
	limite de detecção da técnica <5µg/L	68,7%	6,25%
	VMP GM/MS 888/2021		1,5 mg/L
VMP CONAMA 396/2008		não estabelecido	
Nitrito (µg/L)	mínimo	7	5,7
	médio	27,3	14,3
	máximo	126	37,2
	limite de detecção da técnica <5µg/L	43,7%	75%
	VMP GM/MS 888/2021		1 mg/L
VMP CONAMA 396/2008		1 mg/L	

Nota: VMP= Valor Máximo Permitido; AB= Águas Baixas; AA= Águas Altas; - = não detectado.

Para os nutrientes fósforo total e dissolvido, nos poços analisados, os mesmos apresentaram baixas concentrações. Para o fósforo total, a maior concentração foi obtida no período de AA com 7,37 µg/L (P11) o valor médio para esse período foi de 2,83 µg/L. Para este período 93,75% dos poços analisados apresentaram valores abaixo do limite de detecção da técnica (LDT) do método utilizado (1µg/L), a maior concentração foi de 1,23 µg/L (P4).

Para o fósforo dissolvido a maior concentração para o período de AB foi de 1,40 µg/L (P9) e com 81,25% abaixo do limite de detecção da técnica, o período AA apresentou 100%

dos poços com valores abaixo do limite de detecção da técnica. Embora a legislação não estabeleça especificação para valores de fósforo total e dissolvido, em águas naturais, as concentrações de fósforo se encontram na faixa de 0,01 a 0,05 mg/L (BRASIL, 2006; PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Martins (2011) estudando a água subterrânea no bairro Nova Esperança em Ji-Paraná (RO), da qual, recebe influência de um lixão inativo encontrou valor médio de fósforo total para o período de AB e AA menores que 1,0 µg/L, valores baixos como os valores encontrado nesta pesquisa. Laureano (2017) estudando as águas subterrâneas no município de Presidente Médici encontrou o valor médio fósforo dissolvido de 4,4 µg/L período de AB e 10,4 µg/L período de AA.

Em relação às concentrações de amônia (TABELA 3), foi observado que para o período de AB, 68,7% dos poços apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção da técnica (LDT) do método empregado (5 µg/L). O valor máximo encontrado foi de 140,3 µg/L para o período de AB (P2), bem como 142,4 µg/L para o período de AA (P2). A portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece o limite de 1,5 mg/L de amônia na água para consumo, e o valor máximo encontrado nesta pesquisa foi de 0,142 mg/L, estando muito abaixo do limite estabelecido.

A amônia está presente de forma natural nos corpos d'água, e sua concentração nas águas subterrâneas é geralmente baixa. Pode ser formada por meio da hidrólise de ureia e compostos contendo nitrogênio orgânico (LIBÂNIO, 2010).

Pavanello (2018) em seu estudo sobre a água subterrânea em Ouro Preto do Oeste (RO), também encontrou valores relativamente baixos para a amônia com média de 140,14 µg/L para o período de AB e 162,36 µg/L para o período de AA.

A variável nitrito (TABELA 3) apresentou concentrações relativamente baixos, observou-se que 43,7% dos poços analisados no período de AB ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado (5 µg/L), com a maior concentração de 126 µg/L (P5). Já no período de AA 75% dos dados ficaram abaixo do limite de detecção, com a maior concentração de 37,2 µg/L (P2).

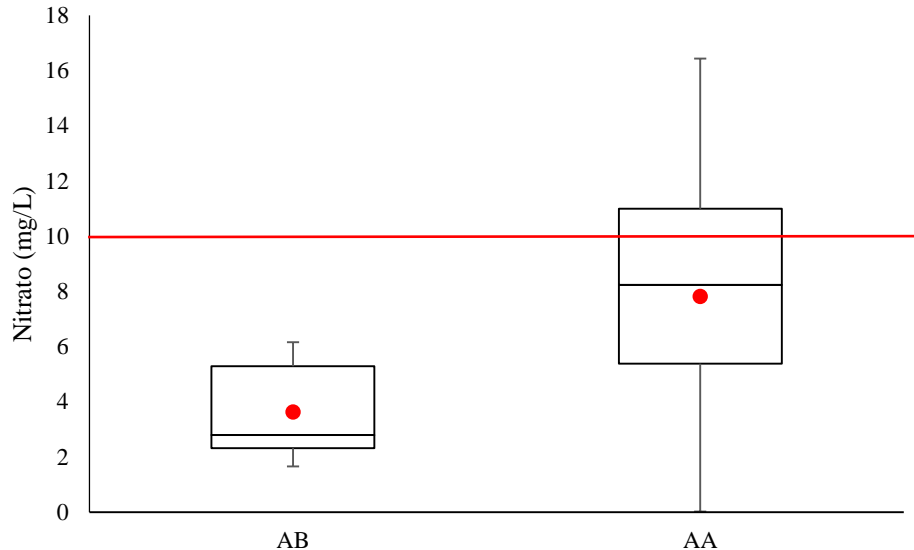
Para essa variável, o valor máximo permitido em ambas as legislações é de 1 mg/L, portanto, em todos os poços o nitrito esteve abaixo do valor estabelecido para o consumo humano. Esses baixos valores podem ser explicados pela rápida oxidação de nitrito em nitrato (EMBRAPA, 2019), quando as águas residuais domésticas e industriais não são despejadas continuamente no corpo d'água, espera-se que seja difícil de

detectar, considerando que o nitrito é a forma mais instável de nitrogênio da natureza, e é também um sinal de poluição recente, pois é o produto do estado intermediário do nitrogênio, que é oxidado a nitrato pela amônia e também reduzido pelo nitrato. (ZOPPAS; BERNARDES; MENEGUZZI, 2016).

Helbel (2011) em sua pesquisa sobre água subterrânea no município de Ji-Paraná (RO), em perímetro urbano, também encontrou concentrações baixas para esse nutriente. Para o período de AB a média foi 0,02 mg/L enquanto o período de AA foi de 0,04 mg/L.

Dependendo da forma do nitrogênio, pode estar relacionado à idade da poluição do meio ambiente. Compostos de nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) referem-se à poluição recente, enquanto nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) são poluição mais distantes (VON ESPERLING, 2018).

Os resultados encontrados para o nutriente nitrato estão na Figura 11, o valor máximo encontrado foi de 16,4 mg/L para o período de AA e média de 7,81 mg/L. Para esse mesmo período, apenas um ponto (P16) apresentou concentração menor que o limite de detecção (1 mg/L).



Port. GM/MS nº 888/21 e CONAMA 396/08: < 10 mg/L

Figura 11 – Boxplot nitrato das águas subterrâneas analisadas no período de águas baixas (AB) em setembro/2018, águas altas (AA) em dezembro/2018 para o município de Jaru/RO e valor orientador estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e CONAMA 396/2008.

A concentração máxima permitida pela portaria GM/MS nº 888/2021 é de 10 mg/L de nitrato para o consumo humano. Conforme demonstra os dados período de AA, 31,2% dos

poços (P7, P10, P12, P13 e P15) estiveram acima do que preconiza a legislação. No período de AB todos os pontos apresentaram concentrações menores que 10 mg/L.

Valores acima do estabelecido, pode em crianças de até seis meses de idade que consomem água contaminada, desenvolver o quadro de metemoglobinemia, ou síndrome do bebê azul (TYSON *et al.*, 1992).

A metemoglobinemia (MetHba) é uma condição clínica causada pelo aumento da concentração sérica de metemoglobina (MetHb). Esta é uma anormalidade da hemoglobina, ou seja, hemoglobina disfuncional que não pode transportar oxigênio (O_2) no sangue de pacientes com esta doença (FERREIRA FILHO *et al.*, 2020).

Em adultos, quando consumido, o nitrato (NO_3^-) é reduzido a nitrito (NO_2^-) no trato intestinal, da qual, reage com as aminas secundárias, formando as nitrosamidas/nitrosaminas, substâncias que causam câncer de estômago e esôfago (MENDES e OLIVEIRA, 2004).

O nitrato é um composto inorgânico muito solúvel em água e abundante em corpo hídrico que recebe cargas de esgotos domésticos, nas atividades agrícolas (devido à aplicação de fertilizantes) e na pecuária (TUNDISI e TUNDISI, 2008). O nitrogênio em fertilizantes, resíduos orgânicos e outros resíduos são química e bioquimicamente oxidados a nitrato (NO_3^-), que quando lixiviados do solo durante o processo de reabastecimento do aquífero, poluirão as águas subterrâneas (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2008).

Varnier *et al.* (2010) em seu estudo constataram a maior concentração de nitrato sendo 16,9 mg/L em poços tubulares na área de ocupação urbana mais antiga do município de Marília (SP). Laureano (2017), no distrito de Bandeira Branca (Presidente Médici/RO) encontrou o valor máximo de 13,8 mg/L para o mês de outubro, com 10% das amostras acima do preconizado pela legislação dos 10 poços analisados.

A comparação dos resultados obtidos por diferentes pesquisas realizadas no estado de Rondônia, permite verificar que o nível de contaminação não é homogêneo, esta diferença está relacionada à fatores como profundidade do lençol freático, nível de influência antrópica e características geomorfológicas.

4.3.3 Parâmetros Microbiológicos

Os coliformes totais e coliformes fecais (*E. coli*) são os principais indicadores da qualidade microbiana da água potável. Na Tabela 4 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas.

Tabela 4 – Variáveis microbiológicas para água subterrânea no município de Jaru/Rondônia nos períodos de águas baixas (AB) - setembro/2018 e águas altas (AA) - dezembro/2018 e valor recomendado pela legislação

PONTOS	Coliformes Totais UFC/100 mL		<i>Escherichia coli</i> UFC/100 mL	
	AB	AA	AB	AA
P1	246	159	5	98
P2	37.000	7.000	20.000	3.600
P3	Ausente	5.300	Ausente	Ausente
P4	500	39	100	7
P5	8.700	10.000	300	1.000
P6	1.700	7.600	300	3.000
P7	38.600	301	100	12
P8	26.000	8.000	2.000	2.400
P9	400	6.000	Ausente	Ausente
P10	34.000	41.000	1.000	1.000
P11	18.500	12.000	2.100	1.000
P12	38	52	2	6
P13	200	2.000	100	100
P14	23.000	2.400	4.000	600
P15	10.000	4.200	200	1.500
P16	1.200	3.000	400	500
Portaria GM/MS nº 888/2021	Ausente/100 mL			
Resolução CONAMA nº 396/2008	Ausente/100 mL			

Nota: UFC= Unidade Formadora de Colônia; AB= Águas Baixas; AA= Águas Altas.

A ausência de grupo bacteriano, pode ser observado no poço P3 no período de AB para os coliformes totais e ambos os períodos para *E. coli*. Houve ausência de microrganismos também no P9, porém apenas para a *E. coli* em ambos os períodos. A ausência de coliformes totais e coliformes fecais nos poços mencionados pode ser explicada por serem poços estruturados, revestido de alvenaria (apenas P9) e com distância de 13 a 19 metros do esgotamento sanitário.

O maior valor encontrado para coliformes totais foi de 41.000 UFC/100 mL (P10) no período de AA. Esse ponto está localizado atrás de um cemitério desativado que apresenta

cota de 200 m, igual a cota do poço da residência amostrada. Nesse período, o menor valor foi de 39 UFC/100 mL (P4).

Para o período de AB, a densidade máxima encontrada foi de 38.600 UFC/100 mL (P7) para coliformes totais, a residência possuía fossa apenas para pia, ausente de fossa para o efluente de banheiro, apresentava também presença de animais e resíduos no quintal, além do poço não ser revestido. A mínima concentração para esse período foi de 38 UFC/100 mL (P12).

A análise do parâmetro coliformes totais é importante porque indica risco de contrair doenças causadas por outros microrganismos, além da precariedade do sistema de saneamento, haja visto ser este um parâmetro de constatação da contaminação das águas subterrâneas por fossas (SILVA *et al.*, 2014).

Já para *E. coli*, o poço P2 correspondente a maior densidade de UFC para ambos períodos, AB com 20.000 UFC/100 mL e AA com 3.600 UFC/100 mL, tal contaminação pode ser explicada por se tratar de um poço com características de alta vulnerabilidade à contaminação, (tampa desproporcional ao poço; rachaduras; infiltração). Na água do poço havia presença de insetos e gordura (FIGURA 5-B).

A densidade mínima de microrganismos também corresponde a um único poço (P12) para ambos os períodos, sendo 2 UFC/100 mL e 6 UFC/100 mL, para o período de AB e AA respectivamente. A *E. coli* é uma bactéria comprovadamente de origem fecal, proveniente dos dejetos humanos e de animais de sangue quente, muito utilizada na avaliação dos níveis de contaminação da água subterrânea e dos riscos associados à saúde pública (PEDLEY e HOWARD, 1997; CARLSON *et al.*, 2011).

Assim, 13% das amostras (P3 e P9) estiveram em conformidade com Portaria GM/MS nº 888/2021 e a Resolução CONAMA 396/2008 em relação a *E. Coli* nos dois períodos estudados. O poço P3 está ausente de coliformes totais apenas no período de AB, porém há interpretação de que a Portaria GM/MS nº 888/2021 tolera a presença de coliformes totais em 100 mL de água desde que proveniente de poços de abastecimento individual e não se constate a presença de *E. coli* (SILVA *et al.*, 2014).

O restante das amostras não segue o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação nos dois períodos, isso indica que as águas subterrâneas da cidade de Jaru (RO) estão seriamente poluídas e podem causar problemas de saúde à população que a consome.

Essa realidade também pode ser observada em vários estudos na região. Cremonese (2014) encontrou no município de Ji-Paraná (RO) valores médios de 15.782 e 2.460 UFC/100 mL para coliformes totais no período de AB e 6.298 e 170 UFC/100 mL para *E. coli* no período de AA. Ferreira (2013) na região central de Rondônia encontrou médias de 286,7 (AA) e 142,9 UFC/100 mL (AB) para *E. coli* e 3.513,3 (AA) e 685,7 (AB) UFC/100 mL para coliformes totais. Pavanello (2018) no município de Ouro Preto do Oeste/RO encontrou nos 19 poços, em ambos os períodos de coleta, unidades formadoras de colônias de coliformes totais em todos os pontos, na qual, para o AB a média encontrada foi de 18.060 UFC/100 mL, com mínimo de 200 UFC/100 mL e máximo de 240.000 UFC/100 mL.

Os resultados das análises microbiológicas apresentaram que a maioria dos poços estudados sofrem contaminação pelo efluente de fossas rudimentares devido as condições construtivas dos poços, como falta de revestimento completo, infiltrações, tampa desproporcionais, distanciamento fossa-poço, falta de impermeabilização ao redor do poço, entre outros.

4.4 DIREÇÃO DE FLUXO SUBTERRÂNEO

De acordo com a litologia do município em estudo, na parte leste do aquífero, 81,3% poços (P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P10, P11, P12, P13, P14 e P15) estão classificados com o grau de confinamento livre, isso significa que a permeabilidade do local é mais fácil, devido a porosidade do solo ser maior. O ponto P10 por exemplo, apresentou a maior concentração de microrganismos (41.000 UFC/100 mL) no período AA para coliformes totais.

Os poços P5, P9 e P16 (18,7%) se encontram em grau de confinamento confinado, isso pois, sua porosidade é menor e a penetração da água no solo é mais difícil, no poço P9 por exemplo, houve ausência de *E. coli* para ambos os períodos.

A direção do fluxo da água subterrânea converge para a área com a menor elevação topográfica, e onde a maioria dos poços de pesquisa estão localizados (FIGURA 12).

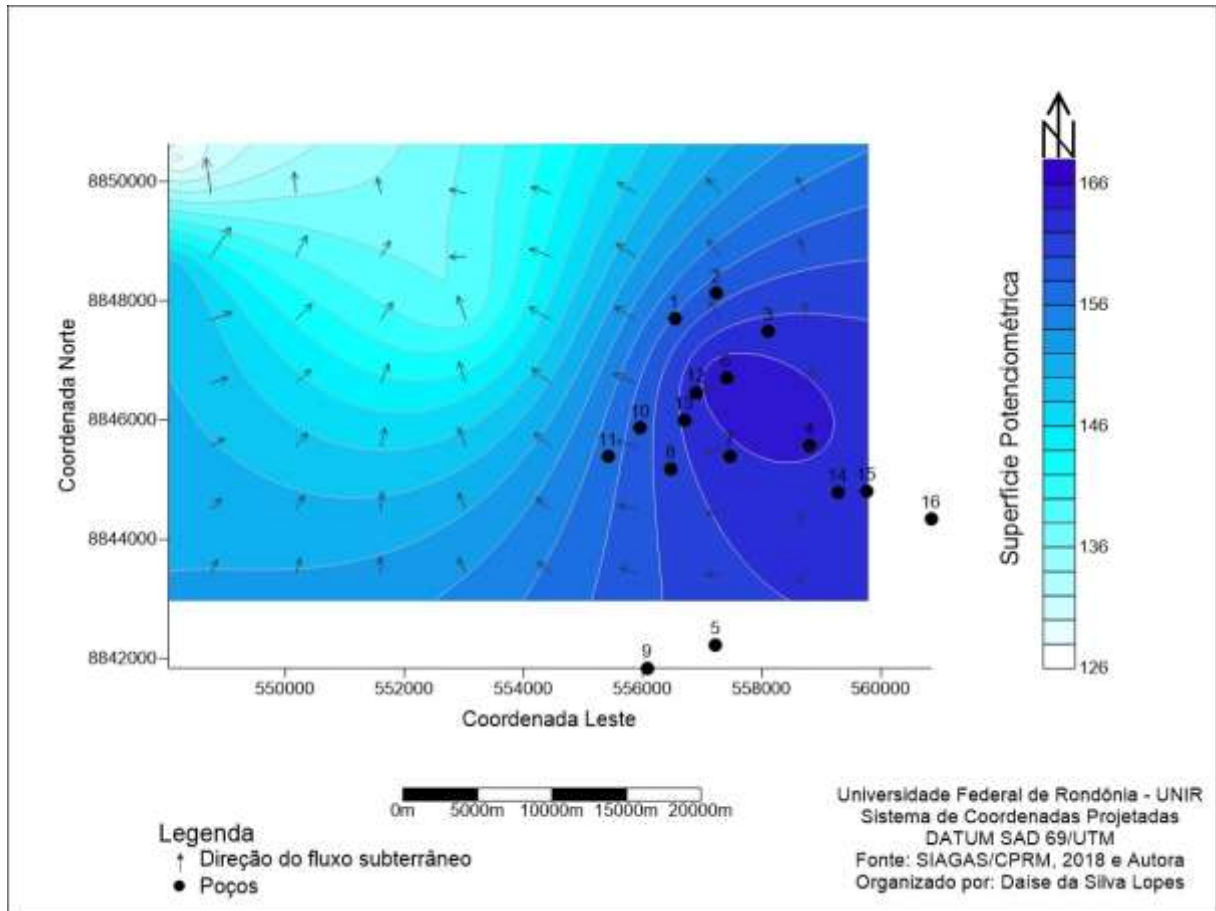


Figura 12 - Direção do fluxo subterrâneo e superfície potenciométrica no município de Jaru/RO.

Outra observação está relacionada ao poço P4, que fica a 9,4 m da fossa negra da residência. A norma de segurança NBR 7229/93 determina que a distância mínima entre a fossa e o poço seja de 15 m, portanto, a localização do poço e conforme sua direção de fluxo, podem causar possível poluição para outros poços (P5, P9, P14, P15 e P16), o problema se agrava principalmente para os poços em que sua utilização não passa por tratamento prévio antes do consumo pelos moradores (P14 e P15).

Esse comportamento também foi observado na localização do poço P6, que fica a 10,3 m de distância da fossa negra da residência e onde a direção do fluxo converge para os poços de abastecimento P1, P2, P10, P12 e P13, dos quais o poço P2 não recebe tratamento prévio para consumo. Os poços P4 e P6 estão em grau de confinamento livre, o que significa que são mais suscetíveis à contaminação.

Na Figura 13, foi observado as possíveis fontes de contaminação no município de Jaru, os poços P10 e P11 (mina) estão localizados na direção do fluxo subterrâneo de

possíveis pontos contaminantes : cemitérios ativos, cemitérios desativados e postos de gasolina, que provavelmente recebem toda carga de poluentes infiltrados e percolados. O poço P11, é uma mina e é utilizado como fonte de abastecimento, não utilizando nenhum tratamento prévio para consumo dos moradores.

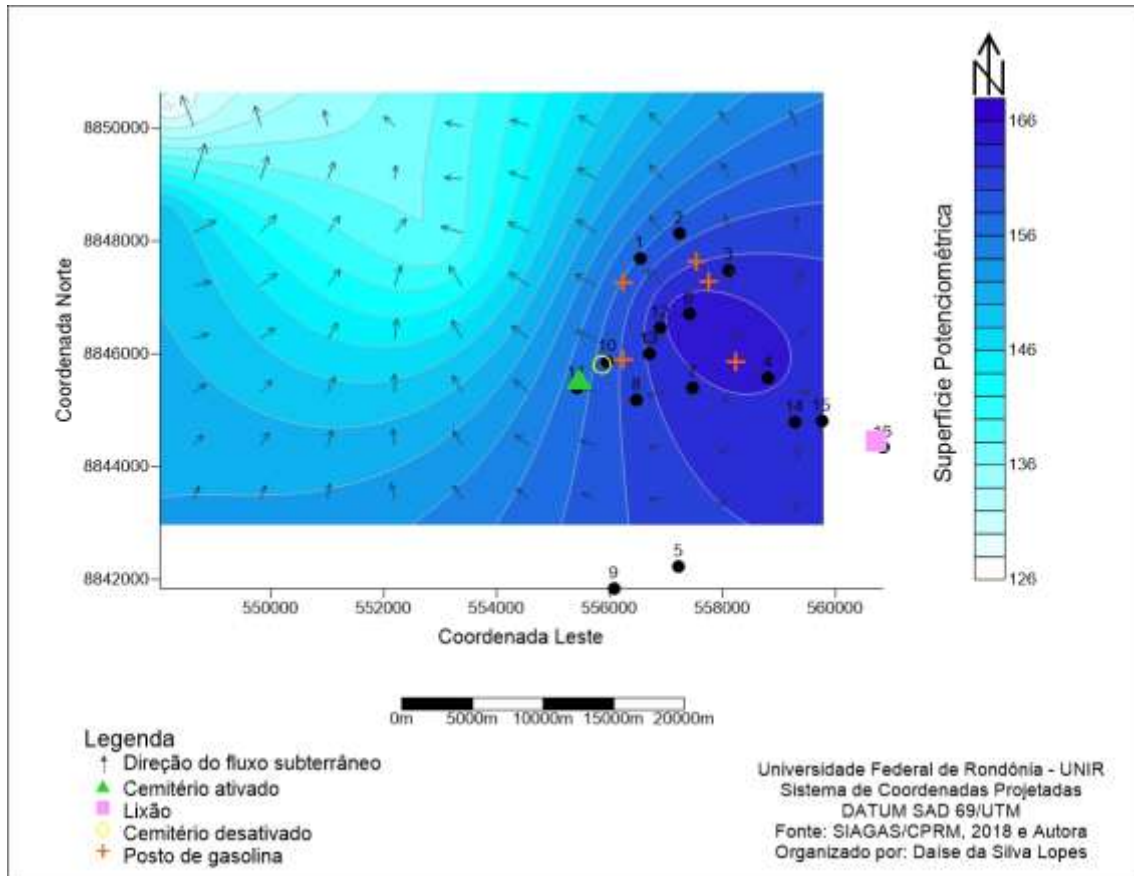


Figura 13 - Direção do fluxo subterrâneo e pontos de contaminação no município de Jaru/RO.

Outra situação preocupante foi constatada no poço P16, que fica próximo ao lixão municipal e provavelmente recebe chorume do local. Apesar do poço se encontrar em grau de confinamento confinado, os residentes da casa o utilizam como fonte de abastecimento e como forma de tratamento adicionam cloro diretamente ao poço. Vale ressaltar que o uso de cloro diretamente no poço é ineficaz, pois o fluxo de água subterrânea é constante e não pode ser quantificado, o que leva à aplicação incorreta da dosagem de cloro. Segundo a FUNASA (2014), após filtrar a água, a quantidade recomendada de hipoclorito de sódio (2,5%) para tratamento da água antes do consumo humano, é de duas gotas por litro, antes de usar, deixar a solução em repouso por 30 minutos.

4.5 VULNERABILIDADE NATURAL

Em relação ao grau de confinamento do aquífero, dos 9 poços, o SIAGAS classificou apenas dois: o poço P1 (livre) e o poço P2 (confinado). Com base nos dados litológicos foram classificados os demais poços, sendo o grau confinado para os poços P2, P3, P4, P5, P7, P8 e P9, onde foi encontrado a maior quantidade de estratos argilosos. E para não confinado (livre) o poço P6 onde apresentou maior fração de gnaisses. Assim dos 9 poços analisados 2 são classificados como livre e 7 confinados, essas informações atribuíram o valor de “G” para o sistema GOD de vulnerabilidade que varia de 0 a 1,0.

Para determinar o parâmetro “O” foi utilizado o perfil geológico dos poços, das quais descrevem a litologia e sua profundidade no solo usados para o cálculo, assim como, o nível estático de cada poço para o parâmetro “D” que teve uma variação de 3 a 15 m. Assim, as classes de vulnerabilidade podem ser classificadas em insignificante (0-0,1), baixa (0,1-0,3), média (0,3-0,5), alta (0,5-0,7) e extrema (0,7-1,0).

Percebeu-se que a classe insignificante obteve maior predomínio no estudo (FIGURA 14), sendo 56% dos poços (P3, P4, P5, P7 e P8), e 22% para vulnerabilidade baixa (P2 e P9), 11% média (P1) e 11% extrema (P6).

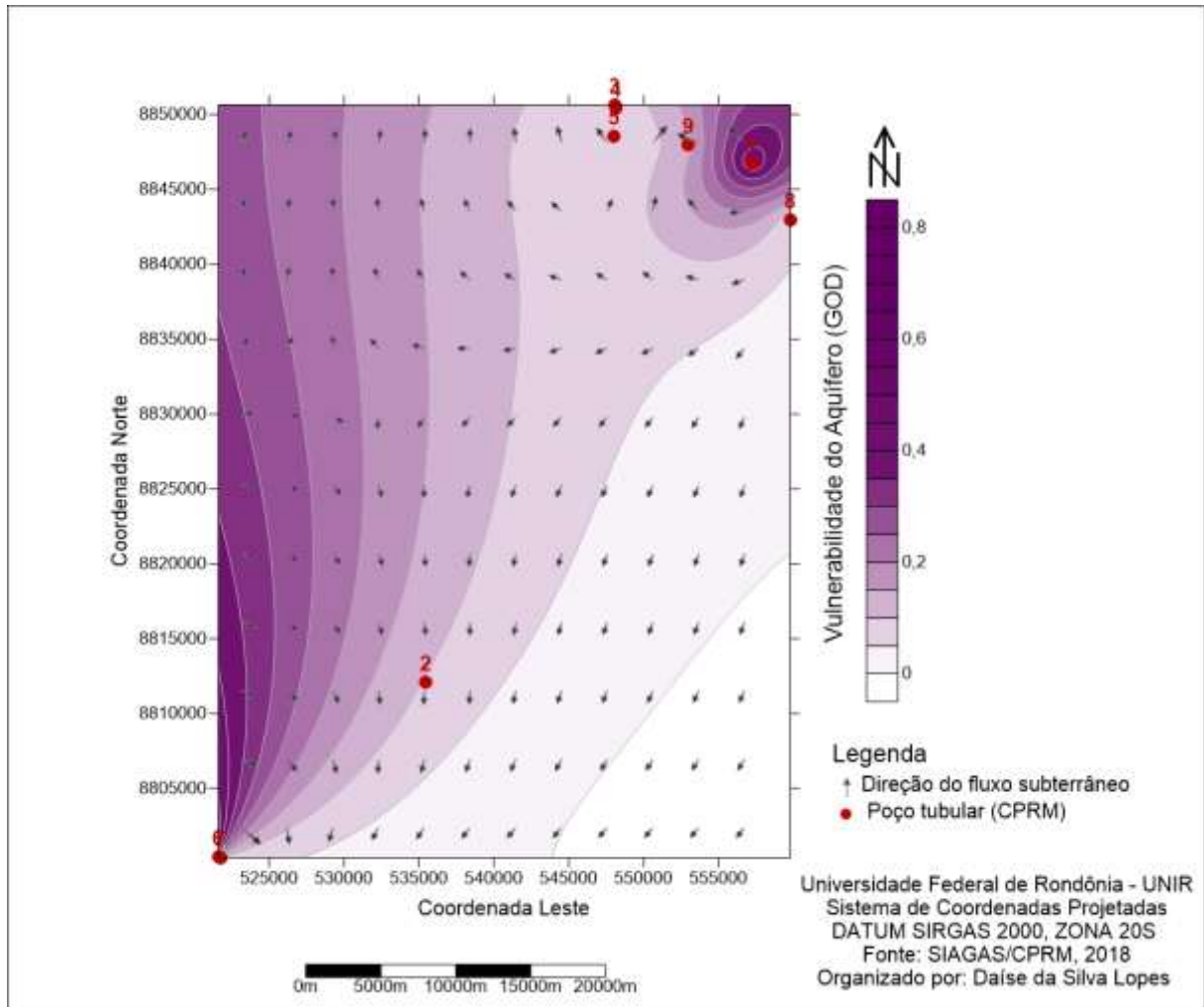


Figura 14 - Direção do fluxo subterrâneo e grau de vulnerabilidade do aquífero no município de Jaru/RO.

É importante ressaltar que os poços encontrados com média (P1) e extrema (P6) vulnerabilidade natural são de grau de confinamento livre com nível estático de 4,6 m e 3 m respectivamente. Estes merecem mais atenção, pois estão mais passíveis de contaminação nas águas subterrâneas dependendo das atividades instaladas em seu solo. Entretanto, vale ressaltar que existe grande diferença entre a vulnerabilidade natural e o risco de poluição, uma vez que, pode existir grandes riscos de poluição em insignificante grau de vulnerabilidade do aquífero.

Como observado o poço P9 (FIGURA 15) recebe fluxo de água subterrânea dos poços P1, P5 e P8 devido sua baixa superfície potenciométrica (138 m), em decorrência desta característica, é possível que o poço P9 (de grau de vulnerabilidade insignificante) possa

receber grandes cargas de poluição decorrente do tipo de atividade e sua carga de poluição que possa ser instalada no solo.

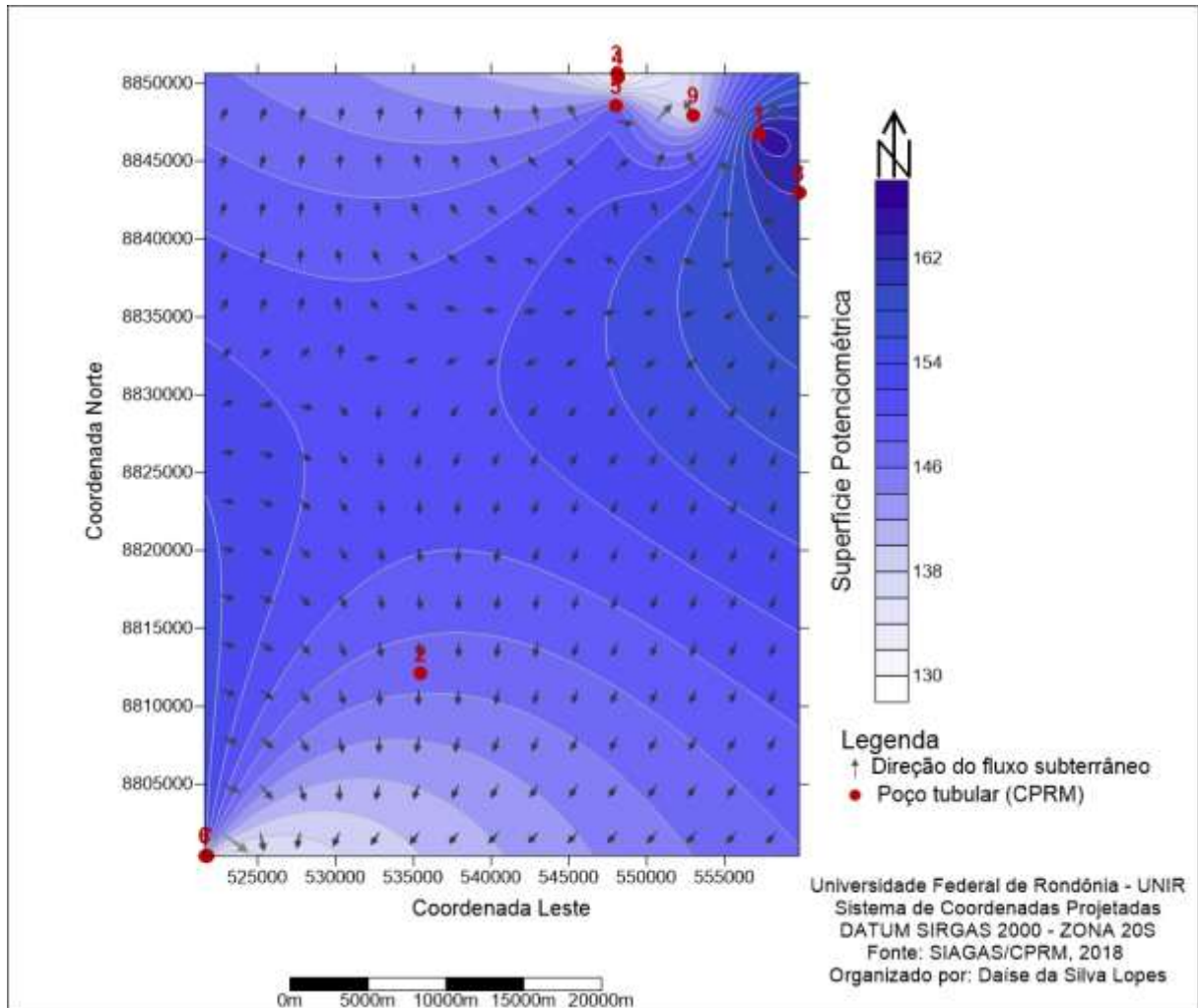


Figura 15 - Direção do fluxo subterrâneo e superfície potenciométrica do aquífero no município de Jarú/RO.

Essa contaminação pela direção do fluxo subterrâneo também pode ser observada para os poços P3 (131 m) e P4 (127 m) que tem baixa superfície potenciométrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do questionário socioambiental nas 16 residências demonstrou as práticas dos usuários em relação ao uso da água subterrânea, captação de água na fonte, tratamento de água potável, modo de disposição e destinação final de resíduos sólidos e esgoto doméstico, bem como, as características construtivas dos poços.

Logo, nessa pesquisa evidenciou que na maioria dos pontos analisados, os poços apresentam características construtivas inapropriadas, onde 71% deles não possuem revestimento e alguns apresentaram infiltração; 32% das tampas apresentaram má condições, sendo desproporcional ao poço/sem vedação etc., ao passo que, a destinação final do esgoto doméstico é feita em sua maioria em fossas negras, na qual 56% dos poços apresentaram cota superior a cota da fossa, 31% apresentaram cota inferior a cota da fossa e 13% com cotas de mesmo nível, bem como, 31% dos pontos não respeitaram a distância poço/fossa mínima de 15 m conforme preconiza a NBR 7229/93, podendo esses, serem facilitadores de contaminação.

Os poços analisados na cidade de Jarú, apresentaram resultados relevantes em relação a qualidade microbiológica, física e química da água. A não conformidade das variáveis, potencial hidrogeniônico, turbidez e nitrato referentes aos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e a Resolução CONAMA 396/2008 se deve principalmente a poluição difusa ponderada para o parâmetro turbidez que apresentou valores maiores que 5 UNT no período de águas baixas e pH que apresentou valores menor que 6 pH e nitrato que apresentou valores maiores que 10 mg/l para o período águas altas. Ademais, destaca-se as variáveis microbiológicas, que apresentam contaminação acentuada na grande maioria dos poços, tanto para coliformes totais (94% AB e 100% AA) como para E. coli (88% AB e AA). De forma a não atender os valores de potabilidade descritos na Portaria GM/MS nº 888/2021.

Em relação a direção de fluxo subterrâneo a água subterrânea converge para a área com a menor elevação topográfica, e onde a maioria dos poços de pesquisa estão localizados.

Dos poços analisados, 81,3% apresentaram grau de confinamento livre, ou seja, mais suscetíveis de contaminação devido sua fácil permeabilidade, de modo que, 18,7% dos poços são de grau de confinamento confinado, menos suscetíveis a contaminação advinda do chorume proveniente de lixão, cemitério e substâncias químicas dos postos de combustíveis.

A vulnerabilidade do aquífero desta região determinou que 56% dos poços cadastrados estão em grau de vulnerabilidade insignificante, tal qual, 22% apresentaram vulnerabilidade baixa e apenas um poço (11%) tem grau de vulnerabilidade média e um poço (11%) vulnerabilidade extrema.

RECOMENDAÇÕES

No intuito de preservar o lençol freático da área do município de Jarú (RO), bem como proteger a saúde da população, recomenda-se a adoção de coleta e tratamento adequados dos efluentes domésticos gerados, bem como a correta desativação das fossas negras. Ressalta-se ainda a importância da ampliação da rede de distribuição de água no município, para que todos os moradores tenham acesso a água tratada.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA - ANA. **Indicadores de qualidade – Índice de qualidade das águas (IQA)**. 2018. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso: 26 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA - ANA. **Quantidade de água**. 2017. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 26 maio 2021.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, L. S. **Desenvolvimento de medidor de condutividade elétrica da água para fins de monitoramento ambiental**. Orientador: Rafael Peretti Pezzi. 2016. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environmental Federation. 1995.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION -APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environmental Federation., 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

BATISTA, C. S. P.; GESUALDO, G. C.; LEITE, P. C. C.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G.; CAVAZZANA, G. H.; CASADEI, J. M.; AZOIA, T. S. Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2017.

BAHIA, V. E.; FENZL, N.; LEAL, L. R. B.; MORALES, G. P.; LUÍZ, J. G. Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de abrangência do reservatório de abastecimento público do Utinga – Belém (PA). **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 43-46, 2011.

BEZERRA, R. D. **Associações entre consumo de água fora dos padrões de potabilidade e doenças de veiculação hídrica no estado do Tocantins**. Orientador: Frederico Costa. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Saúde Coletiva - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

BOEZIO, M. N. M.; COSTA, J. F. C. L.; KOPPE, J. C. Cokrigagem colocada aplicada ao mapeamento do nível de água subterrânea. **Revista Escola Minas**, v. 59, n. 2. 2006.

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**, 9 jan. 1997.

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.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 213 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL. **Levantamento de recursos naturais**, Região Folha SC. 20 Porto Velho. Rio de Janeiro, 1978. v. 16, 668 p.

BRASIL. Resolução nº 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, p. 66, 7 abr. 2008.

BRASIL. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, n. 85, p. 127, 7 maio 2021.

CARLSON, M. A.; LOHSE, K. A.; MCINTOSH, J. C.; MCLAIN, J. E. T. Impacts of urbanization on groundwater quality and recharge in a semi-arid alluvial basin. **Journal of Hydrology**, v. 409, n. 1/2, p. 196-211, 2011.

CECH, T. V. Hidrologia das águas subterrâneas. In: - Recursos Hídricos: história, desenvolvimento, política e gestão; Tradução: Rafael Anselmé Carlos. – Rio de Janeiro: LTC, 2013. p. 84-110.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Relatório 2015, **Apêndice D: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2021.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **SIAGAS: Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** .2018. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 26 maio 2021.

CREMONESE, E. R. **Avaliação da qualidade de poços localizados próximos as áreas de deposição de resíduos sólidos do município de Ji-Paraná (RO)**. Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento. 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2014.

CRESPIM, R. C. S. **Qualidade das águas subterrâneas rasas: estudo de caso no distrito de Icoaraci – PA**. Orientador: Paulo Pontes Araújo. 2017. 104 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, 2017.

DAHUNSI, S.; OWAMAH, H.; AYANDIRAN, T.; ORANUSI, S. Qualidade da água potável e saúde pública de cidades selecionadas no sudoeste da Nigéria. **Exposição e Saúde da Qualidade da Água**, v. 6, p. 143-153, 2014.

DEMETRIO, J. G.; CORREIA, L. C.; SARAIVA, A. L. 2006. Utilização de imagens SRTM na confecção de mapas potenciométricos. XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2006, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABAS, 2006. 8 p.

ECYCLE. Poluição da água: tipos, causas e consequências. c2021. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/poluicao-da-agua/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Nitrato**. Disponível em: <https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/nitrato.html>. Acesso em: 13 nov. 2020.

ERCUMEN, A.; GRUBER, J.S.; COLFORD, J. M. Water distribution system deficiencies and gastrointestinal illness: a systematic review and meta-analysis. **Environ Health Perspect**, v. 122, p. 651-60, 2014.

FERREIRA, R. F. **Avaliação da qualidade da água utilizada por produtores de polpa de fruta na região central de Rondônia**. Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento. 2013. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2013.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL-FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM; LABHIH, 2008. 812 p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM, LABHID - UFPE, 2000. 391 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies**. Washington: World Bank, 2002. 101 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais**. São Paulo: SERVIMAR, 2006. 114 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, MONICA; PARIS, M. **Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales**. Washington: Banco Mundial, 2003. 115 p.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A; ROCHA, G. A. **Riscos de poluição de água subterrânea: uma proposta de avaliação regional**. São Paulo: CEPIS/ OPS, 1988.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO - FUNDAJ. **Águas subterrâneas: o que é e qual a importância?** 2020. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/12648-aguas-subterraneas-o-que-e-e-qual-a-importancia>. Acesso em: 26 maio 2021.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Manual prático de análise de água.** Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. **Manual prático de análise de água.** 4. ed. Brasília, 2013.

FREDDO FILHO, V. J. **Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero Barreiras: estudo de caso em Benevides – PA.** Orientador: Paulo Pontes Araújo. 2018. 113 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos - Universidade Federal do Pará Instituto De Geociências, Belém, 2018.

FREIRE, C. C.; PEREIRA, J. S.; RIBEIRO, M. M. R.; KIRCHHEIM, R. A importância da gestão dos recursos hídricos subterrâneos. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 1998. 7 p.

FREITAS, H. B.; SILVA, C. T. S.; SILVA, F. J. F.; SILVA, K. F. N. L.; FERREIRA, L. C. C.; NOGUEIRA, J. L. S.; SANTOS, F. S. S. Avaliação do Monitoramento das Águas Subterrâneas Usadas para Abastecimento Humano na Comunidade de Morrinhos, Aracati–Ceará. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio Grande do Sul, 2013.

GUIMARÃES, R. M.; ASMUS, C. I. R. F.; OLIVEIRA, S. A.; MAZOTO, M. L. Acesso ao saneamento básico e a internação por doença diarreica aguda: um estudo da vulnerabilidade infantil. **Revista de Saúde Ambiental**, v. 13, p. 22-9, 2013.

HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná/RO – Brasil.** Orientadora: Nara Luísa Reis de Andrade. 2011. 111 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Ambiental - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2011.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A. V.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. [S.l: s.n.], 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010. **Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/jaru/panorama>. Acesso em: 19 out. 2020.

LAUREANO, J. J. **Qualidade da água subterrânea no município de Presidente Médici – RO.** Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento. 2017. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Engenharia Ambiental - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LUZ, R. B. L.; STAGGEMEIER, R.; FRATTA, L. X. S; LONGO, L.; SCHUTZ, R.; SOLIMAN, M.C.; KLUGE, M.; FABRES, R. B.; SCHENKEL, G. C.; BRUNI, F. P.; FLECK, J. D.; PICOLI, S. U.; SPILKI F. R. Contaminação viral e bacteriana em águas subterrâneas na porção aflorante do Aquífero Guarani, município de Ivoti, RS. **Ambiente e Água**, v. 12, n. 5, p. 871-880, 2017.

LÖBLER, 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. 6, n. 3, p. 500-509, 2013.

LONDOÑO, L.; SEGRERA, J.; JARAMILLO, M. Water distribution system of Santa Marta city, Colombia. **Procedia Engineering**, v. 186, p. 20-27, 2017.

LOPES JUNIOR, H.; CALDEIRA, T. M.; MACIEL, C. V. L.; GAMA, L. S. G.; GONÇALVES, A. P. A. Avaliação da qualidade de águas de poços no município de Jaru, Rondônia, Brasil. **Rev. Cient. da Fac. Educ. e Meio Ambiente: Revista da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA**, v. 10, n. 2, p. 43-55, ago./dez. 2019.

MARTINS, I. A. V. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de influência do lixão inativo no bairro Boa Esperança (Ji-Paraná/RO)**. Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento. 2011. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Ambiental - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2011.

MANZIONE, R. L. **Águas subterrâneas: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. 388 p.

MENDES, A.; GALVÃO, P.; SOUSA, J.; SILVA, E.; CARNEIRO, R. N. Relações da qualidade da água subterrânea e ocupação desordenada em um bairro de baixa renda da Amazônia desenvolvido sobre uma antiga área de lixão, Santarém-PA, Brasil. **Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, p.1-16, 2017.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. **Qualidade da água para o consumo humano**. Lisboa: Lidel, 2004. 640 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde (OMS). Brasília – DF 2015.

MONTEIRO, G. F. **Análises físico-químicas das águas de poços tipo cacimba na cidade de Areia – PB.** Orientadora: Maria Betania Hermenegildo dos Santos. 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Departamento de Química e Física - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

MONTEIRO, I. H; CAMPOS, S. C. S; FERNANDES, F. C. F; SOARES, A. C; ALMEIDA, M. A. Z; CHARMEL, L. C. L. Avaliação físico-química e bacteriológica da água oferecida em bebedouros de instituições de ensino do município de Rio Casca – MG. I Seminário Científico da FACIG, 2015.

MOURA, D.; FERMINO; F. S. Aspectos da qualidade da água para abastecimento público na represa Paulo de Paiva Castro - Sistema Cantareira-São Paulo/SP. **RMS – Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, 2014.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás.** Orientadora: Katia A. Kopp. 2015. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Escola de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

OLIVEIRA, E.; SOUZA, R. M. G. L. Água de poço é solução de água para fins de consumo humano. **Portal tratamento de água.** Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/agua-de-poco-consumo-humano/>. Acesso em: 26 jun. 2017.

OLIVEIRA, K. C.; FONTENELES, V. R.; LIMA, C. E.; TEIXEIRA, S. A.; SILVA, D. M. C.; LUZ, L. E. Qualidade sanitária da água de poços artesianos do município de Picos – Piauí. **Revista Intertox de Toxicologia Risco Ambiental e Sociedade**, v. 9, n 2, p. 99-112, jun. Picos, 2016.

OLIVEIRA, M. M.; LIMA, A. S.; MOUCHREK, A. N.; MARQUES, P. R. B. O.; MARQUES, C. V. V. C. O. Análise físico-química e microbiológica de águas de poços artesianos de uso independente. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 624-639, jul./set. 2018.

PALUDO, J. R.; BORBA, J. Abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 59-78, jan. /mar. 2013.

PARRON, M. P., MUNIZ, D. H. F., PEREIRA, C. M., 2011. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas. ISSN 1980-3958, Documentos 232, Colombo – PR.

PAVANELLO, L. F. S. **Qualidade da água subterrânea no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia**. Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento. 2018. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Engenharia Ambiental - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2018.

PEDLEY, S.; HOWARD, G. The public health implications of microbiological contamination of groundwater. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**, v. 30, n. 2, p. 179-188. 1997.

PITTINER, E. Enteroparasitoses em crianças de uma comunidade escolar na cidade de Guarapuava, PR. **Revista Salus-Guarapuava-PR**, v. 1, n.1, p. 97-100, 2007.

RAMOS, C. F. **Estudo da direção de fluxo e das variáveis físicas, químicas e microbiológicas da água subterrânea dos distritos de Nova Londrina e Nova Colina (Ji-Paraná/RO)**. Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Engenharia Ambiental - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2017.

REIS, J. A. T; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. Vitória. **Eng. Sanit. Ambient**, v.14, n.3, p. 353-362, jul./set. 2009.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. 2011. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v. 25, n.1, p. 91-102, 2011.

RONDÔNIA. **Zoneamento socioeconômico-ecológico do estado de Rondônia**. Secretaria de planejamento do Estado de Rondônia. Texto explicativo e mapas de geomorfologia, vegetação e solos, escala 1:250.000, Porto Velho/RO, 1999.

RUSCA, M.; BOAKYE-ANSAH A. S.; LOFTUS, A.; FERRERO, G.; PIETERVAN, Z. An interdisciplinary political ecology of drinking water quality: exploring socio-ecological inequalities in Lilongwe's water supply network. **Geoforum**, v. 84, p. 138-146, 2017.

SANTOS, A. G. S; MORAES, L. R. S; NASCIMENTO, S. A. M. Qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do cemitério do Campo Santo em Salvador – BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 3, n. 1, p. 39-60, 2015.

SANTOS, R. A. **Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas do Município de Iraquara, Bahia**. Orientador: Manoel Jerônimo Moreira Cruz. 2011. 118 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-graduação em Geologia - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SANTOS, R. C. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 33-46, 2018.

SILVA, A. C. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná-RO**. Orientador: João Carlos Dourado. 2008. 153 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

SILVA, D.D.; MIGLIORINI, R.B.; SILVA, E.C.; LIMA, Z.M.; MOURA, I.B. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n.1, p. 43-52, 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2013**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 26 jun. 2021.

SODRÉ, F. F. Fontes difusas de poluição da água: características e métodos de controle. **Artigos Temáticos do AQQUA**, v. 1, p. 9-16, 2012.

TANG, M. FAN, Y. WANG, G. Comprehensive cost-benefit evaluation for the improvement of rural water supply in Hunan Province. **Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi**, v. 30, p. 23-25, 1996.

TYSON, A.; DIXON, M. L.; SEGARS, W. Your drinking water: Nitrates. **Extension Publications**. University of Georgia, Athens, p. 819-5, 1992.

TUNDISI, J.G.T.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficinas de Texto, 2008. 625 p.

UECHI, D. A.; GABAS, S.G; LASTORIA, G. Análise de metais pesados no Sistema Aquífero Bauru em Mato Grosso do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 155-167, 2017.

VARNIER, 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**, v. 31, n. 1/2, p. 1-21, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG/Belo Horizonte-MG, 2014. 470 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

VON SPERLING, E. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018. 452 p.

WEBLER, A. D; GOMES, J. B; AGUIAR, R. G; ANDRADE, N. L. R; AGUIAR, L. J. G. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 868 – 876, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION & UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017**. Geneva: World Health Organization, 2017.

WU, Z.; XIAOLONG W.; YUWEI C.; YONGJIU C.; JIANCAI D. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. **Science Of The Total Environment**, v. 612, p. 914-922, 2018.

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, M. A.; MENEGUZZI, A. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 29-42, 2016.

ANEXO

Anexo A – Ficha de Campo

Projeto: ESTUDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE JARU (RO).

Data da coleta: ___/___/___

Responsável pelas anotações: _____

Coordenadas: fossa _____ poço _____

Cota: fossa _____ poço _____

1) O poço possui revestimento? () sim () não

Se sim: () manilha () alvenaria () outro _____

2) O poço possui tampa? () sim () não

Se sim: () tampa de madeira () tampa de alvenaria () outra _____

3) Condições de manutenção da tampa: () em boas condições () em más condições (tampas quebradas com orifícios, etc.)

4) Retirada da água do poço: () manualmente com balde () bombeamento para caixa d'água ()

outro _____

5) Profundidade poço: _____ profundidade superfície: _____

6) Tipo de esgotamento sanitário utilizado: () fossa negra () fossa séptica () lançamento em corpos d'água () rede de esgoto ()

7) Distância poço-fossa: _____

Observações:

Variáveis:

OD _____ T° _____ pH _____ CE _____ TDS _____

OD _____ T° _____ pH _____ CE _____ TDS _____

Anexo B – Questionário socioambiental.

Projeto: ESTUDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE JARU (RO).

Data da coleta: ___/___/___

Nome do responsável: _____ Idade: _____

Endereço: _____ telefone: _____

1) Tipo instalação predial:

residência de alvenaria residência de madeira comércio

tipo: _____

Outros: _____

2) Quantas pessoas moram na residência?

Crianças (menores de 12 anos): _____ Jovens (13 a 17 anos): _____

Adultos: _____

3) Há quanto tempo reside (trabalha, caso comércio) nesta área?

menos de 5 anos de 5 a 10 anos de 10 a 20 anos mais de 20 anos

4) Como foi a aquisição do terreno?

comprou ganhou grilou

5) Qual é a fonte de água que é utilizada pela família?

poço CAERD outra fonte

6) Se for poço, faz algum tipo de tratamento da água antes de consumir?

adição de cloro na caixa d'água adição de cloro na água filtragem ferve a água não trata

7) Se adiciona cloro, qual a frequência?

1 vez por mês 1 vez a cada 15 dias 1 vez por semana

outros _____

8) Qual a destinação final do lixo doméstico da sua residência?

9) Se houver coleta pela prefeitura, qual a frequência?

1x/ semana 2x/semana 3x/ semana mais 3x por semana

10) Existe rede de esgoto no seu bairro? sim não

11) Se não, qual o destino final do esgoto da sua residência?

fossa negra rio ou outro corpo d'água outro _____

12) Na sua família houve ou há frequência nos casos de doenças como:

diarreia coceira na pele/alergia após contato com a água

vômito dor de estomago câncer dor de cabeça frequente .

Observações: _____

Anexo C – Termo de consentimento livre e esclarecido.

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar da pesquisa intitulada “**ESTUDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE JARU (RO)**”, sob a responsabilidade da professora Doutora Elisabete Lourdes do Nascimento, Portaria 625/GR/2010, a qual pretende verificar a qualidade da água subterrânea no município de Jaru, no estado de Rondônia. A pesquisadora compromete-se em fornecer o resultado da análise da água do poço sem nenhum custo. Sua participação é voluntária e se dará por meio de disponibilidade para responder a um questionário, o qual contém informações sobre o seu poço, sua fossa, entre outros, além disso, será coletada uma amostra da água do seu poço para realização de análises laboratoriais. Não haverá riscos decorrentes de sua participação na pesquisa. Caso o (a) Sr. (a) aceite participar dessa pesquisa estará contribuindo para o levantamento da qualidade da água subterrânea do município de Jaru, informação essa muito importante para a saúde da população e para os órgãos gestores do município. Se, depois de consentir em sua participação, o (a) Sr. (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr. (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr. (a) poderá entrar em contato com o pesquisador pelo telefone (69) 3421-3595. Consentimento Pós-informação.

Eu, _____,
CPF _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa de minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar da pesquisa.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

Jaru, ____ de _____ de 2018.