



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



**GISLAYNE ALVES OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA: ESTUDO DE CASO  
DE VILHENA - RO.**

Ji-Paraná

2014

**GISLAYNE ALVES OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA: ESTUDO DE CASO  
DE VILHENA - RO.**

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

Orientadora: Elisabete Lourdes Nascimento

Co-orientadora: Ana Lúcia Denardin da Rosa

Ji-Paraná

2014

Oliveira, Gislayne Alves de

N244a      Avaliação da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso de  
2014      Vilhena – RO / Gislayne Alves de Oliveira ; orientadora, Elisabete  
            Lourdes Nascimento. -- Ji-Paraná, 2014

44 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –  
Universidade Federal de Rondônia, 2014

Inclui referências

1. Água – Controle de qualidade. 2. Poluição da água -  
Prevenção. 3. Água de poço - Contaminação. I. Nascimento,  
Elisabete Lourdes. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 628.19 (811.1)



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



**AUTOR:** Gislayne Alves Oliveira

**TÍTULO:** AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA: ESTUDO DE CASO DE VILHENA - RO.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, no dia 14 de fevereiro de 2014.

---

Elisabete Lourdes do Nascimento  
Universidade Federal de Rondônia

---

Beatriz Machado Gomes  
Universidade Federal de Rondônia

---

Robson Alves de Oliveira  
Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 14 de fevereiro de 2014.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado sabedoria e força no meu dia a dia, por sempre estar do meu lado, me iluminando durante todo o caminho do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

À minha família por sempre me apoiar e me incentivar nos meus estudos, nunca deixando que eu desistisse e sempre me incentivando a seguir em frente mesmo nos momentos mais difíceis, principalmente aos meus pais que sempre estiveram do meu lado Aldenice da Silva Alves Oliveira e Silvano Martins de Oliveira e ao meu irmão Rhayner Alves Oliveira.

À Professora Doutora Elisabete Lourdes do Nascimento, que mesmo estando de licença maternidade aceitou ser minha orientadora.

À Professora Mestre Ana Lucia Denardin da Rosa, que foi uma grande amiga, ajudando nas coletas e dando todo apoio no trabalho, além de ter aceito ser minha co-orientadora.

Aos meus amigos e colegas da Engenharia Ambiental, Emeline Cristina Garcia de Moura, João Lucas Ferreira Ton, Rafael Ranconi, Mayk Sales, Raissa Fonseca, também a Amanda Quinhones por ter me ajudado e ensinado nas análises microbiológicas, a Josilena, Karina e Wanderson de Castro pela ajuda nas análises, principalmente a minha melhor amiga Calina Grazielli Dias Barros pelo apoio e ensinamento, por estar sempre ao meu lado me ajudando e me dando força, a minha amiga Eloiza Ruschel Cremonese pela ajuda e apoio.

Sou muito grata por toda a equipe do laboratório de biogeoquímica da UNIR de Porto Velho, que dispensou tempo para nós ajudar nas análises, principalmente ao professor coordenador do laboratório Wanderley Rodrigues Bastos e a professora Mestre Leidiane Caroline Lauthartte.

Agradeço também aos professores Robson Alves e Beatriz Machado por aceitarem participar da banca de avaliação do meu trabalho.

Ao laboratório de Hidrogeoquímica de Ji-Paraná, ao técnico do laboratório Aurelino Helwecyo da Silva e a professora Beatriz pela disponibilidade.

Ao SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Vilhena) pela disponibilidade e apoio, principalmente ao Químico Carlos Roberto Gava e ao Chico.

Agradeço também a Professora Roziane do DME/UNIR/Ji-Paraná e ao Adenis Silva pela ajuda.

Ao professor José Luiz Silvério da Silva da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM por ter disponibilizado o Programa Surfer 8.0.

## RESUMO

A água é um recurso de suma importância que vem sofrendo processo de depreciação qualitativa, devido ao mal uso e a falta de estrutura no saneamento básico em todo o Brasil, surgiu a necessidade de cuidar e proteger esse bem. No município de Vilhena localizado no estado de Rondônia não apresenta saneamento básico, assim como na maioria das cidades brasileiras, sendo totalmente abastecida por água subterrânea proveniente do Aquífero Parecis. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi estudar a qualidade das águas subterrâneas em Vilhena, através de análises físicas, químicas e microbiológicas. Para tanto foram coletadas amostras de água subterrânea em 12 poços distribuídos na cidade. Foram realizadas duas coletas, a primeira no período de estiagem (seca) em agosto de 2013 e a outra no período chuvoso em dezembro de 2013. Os constituintes iônicos ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) foram quantificados pela técnica de cromatografia iônica. Para as análises microbiológicas o método utilizado foi o de membranas filtrantes em meio cromogênico. A determinação dos sólidos totais foi analisado por gravimetria. Os parâmetros pH e turbidez foram medidos através de pHmetro portátil e turbidímetro portátil. A condutividade elétrica foi determinada utilizando-se um condutivímetro de bancada. Os resultados apresentaram valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria do MS 2.914/2011 para os sólidos totais, turbidez, condutividade elétrica e praticamente todos os constituintes iônicos, com exceção do nitrato (6 poços em desconformidade, em ambos os períodos) e do amônio (1 poço irregular, no período chuvoso), além de um pH ácido. Na seca, detectou-se contaminação por coliformes totais e fecais em 5 poços, já no período chuvoso o número de poços contaminados foi maior, 11 poços. Isto deve estar associado as más estruturas dos poços, além do Aquífero ser livre, facilitando o escoamento de possíveis contaminantes. O nitrato apresentou valores acima da legislação em 5 poços no período chuvoso e 2 poços no período seco, esta diferença pode estar relacionada ao maior fluxo da água, aumentando a presença de matéria orgânica por fossas negras e fezes de animais. Em função dos resultados destaca a importância do monitoramento constante da qualidade da água nas comunidades usuárias de fontes alternativas, evitando assim problemas relacionados à saúde humana.

**Palavras-chave:** água de poços, contaminação, potabilidade da água.

## ABSTRACT

Water is a resource of paramount importance that has been suffering from qualitative and quantitative depreciation process due to misuse and lack of structure in sanitation throughout Brazil, emerged the need to care for and protect this right. In the municipality of Vilhena located in the state of Rondônia has no sanitation, as well as in most Brazilian cities, being fully supplied by groundwater from the aquifer Parecis. In this context, the objective of this work was to study the groundwater quality in Vilhena, through physical, chemical and microbiological analyzes. For both groundwater samples were collected from 12 wells distributed in the city. Two collections, the first in the dry season (dry) in August 2013 and the other in the rainy season in December 2013 were performed. Ionic constituents ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) were quantified by ion chromatography technique. For microbiological method was used membrane filters in chromogenic medium. The determination of the total solids was analyzed by gravimetry. The parameters pH and turbidity were measured using a portable pH meter and portable turbidimeter. The electrical conductivity was determined using a bench conductivity meter. The results presented below values established by CONAMA Resolution 396/2008 and Decree 2.914/2011 MS for total solids, turbidity, electrical conductivity and virtually all ionic constituents except nitrate (6 wells in disagreement, in both periods ) and ammonium (1 irregular pit in the rainy season), and an acidic pH. In the dry, it was detected contamination for total and fecal coliforms in 5 wells, since the rainy season the number of contaminated wells was higher, 11 wells. This should be associated with poor structures wells, apart from the aquifer being free, facilitating the flow of possible contaminants. The nitrate had values above the law in 5 wells in the rainy season and 2 wells in the dry season, this difference may be related to greater water flow, increasing the presence of organic matter by cesspools and feces. Depending on the results highlights the importance of ongoing monitoring of water quality in user communities from alternative sources, thus avoiding problems related to human health.

**KEY-WORDS:** Water wells, contamination, drinking water



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Distribuição dos principais sistemas aquíferos do país.....	16
<b>Figura 2</b> - Localização do município de Vilhena, Rondônia.....	25
<b>Figura 3</b> - Localização dos poços selecionados para o estudo.....	27
<b>Figura 4.</b> Materiais utilizados para análise microbiológica.....	28
<b>Figura 5.</b> Cromatógrafo de Íons.....	29
<b>Figura 6</b> – Exemplo de um cromatograma obtido para ânions ( $F^-$ , $Cl^-$ , $Br^-$ , $NO_3^-$ , $SO_4^{2-}$ ) na concentração de $75 \mu g L^{-1}$ , da amostra do poço G.....	29
<b>Figura 7</b> - Exemplo de um cromatograma obtido para os cátions ( $Li^+$ , $Na^+$ , $NH_4^+$ , $K^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ) na concentração de $200 \mu g L^{-1}$ para $K^+$ e $Ca^{2+}$ , da amostra do poço B.....	30
<b>Figura 8.</b> Poços de estudos no município de Vilhena.....	32
<b>Figura 9</b> - Cartograma da distribuição dos valores de turbidez expressos em UNT da água subterrânea no período chuvoso.....	34
<b>Figura 10</b> - Cartograma da distribuição dos valores de turbidez expressos em UNT da água subterrânea no período seco.....	35
<b>Figura 11</b> - Cartograma da distribuição dos valores de pH da água subterrânea no período seco....	37
<b>Figura 12</b> - Cartograma da distribuição dos valores de pH da água subterrânea no período chuvoso.....	37
<b>Figura 13</b> - Cartograma da distribuição das concentrações de nitrato da água subterrânea no período chuvoso.....	40
<b>Figura 14</b> - Cartograma da distribuição das concentrações de nitrato da água subterrânea no período de seca.....	41

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1 OBJETIVO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 A ÁGUA E SUA DISPONIBILIDADE.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 BACIA DOS PARECIS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 ABORDAGEM DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS VIGENTES.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS DE ÁGUA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.7 QUALIDADE DA ÁGUA E PARÂMETROS PARA SUA AVALIAÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.7.1 Constituintes Iônicos - Ânions.....</b>	<b>22</b>
<b>2.7.2 Constituintes Iônicos - Cátions.....</b>	<b>23</b>
<b>2.7.3 Parâmetros microbiológicos.....</b>	<b>24</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 AMOSTRAGEM.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 ANÁLISE QUÍMICAS.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5 SÓLIDOS TOTAIS.....</b>	<b>30</b>
<b>3.6 ANÁLISES DE PH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TURBIDEZ.....</b>	<b>30</b>

<b>3.7 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>31</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DAS FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA DAS FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.1 Sólidos Totais (ST).....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.2 Turbidez.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.3 Condutividade elétrica.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.4 pH.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 CONSTITUINTES IÔNICOS.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS.....</b>	<b>42</b>
<b>4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>45</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>

## INTRODUÇÃO

Praticamente todos os elementos da natureza e a própria natureza se transformaram em "recursos", ou melhor, mercadorias. A água é um "recurso" de valor inestimável para a humanidade, participando de praticamente todas as suas atividades, desde a alimentação até a geração de energia. Por estas características, a água é o recurso natural que o homem sempre buscou transportar, aprisionar e tratar para satisfazer suas necessidades (MENDES, 2007).

Os corpos d'água desde o início da formação das grandes civilizações foram tidos como sinônimos de fartura, por serem eles os provedores dos recursos que permitiam o desenvolvimento destas, sendo essas sociedades chamadas apropriadamente de hidráulicas devido a essa relação direta com as águas. No entanto, nos dias de hoje os corpos d'água urbanos fazem parte de um contrassenso se considerada a sua importância no passado, pois para a maioria dos moradores das grandes cidades eles representam apenas fontes de problemas, que foram na verdade resultado da ocupação não planejada do espaço urbano (SILVA e PORTO, 2013).

Segundo Santos *et al.* (2013) os recursos hídricos, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorporam a si diversas impurezas, o que afeta diretamente a qualidade da água. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

São muitas as cidades brasileiras que não possuem um sistema de coleta de esgotos que permita um destino ecologicamente correto para as excretas produzidas por suas populações. Dessa forma, os produtos orgânicos e inorgânicos lançados em sistemas rudimentares, fossas negras, ou em fossas sépticas, chegam em muitos casos, com relativa

facilidade ao lençol freático, introduzindo substâncias tóxicas e aumentando as concentrações de alguns íons na água subterrânea, além de microorganismos nocivos (SILVA, 2008).

Devido às vantagens em se utilizar águas subterrâneas como, por exemplo, a simples operação de sistemas de abastecimento de água com poços utilizando-se mão-de-obra pouco especializada, o abastecimento de água em pequenas vilas e povoados e em algumas grandes cidades brasileiras tornam-se viáveis. Desse modo, tais aglomerados urbanos são abastecidos total ou parcialmente por água subterrânea, a depender da proximidade das mesmas em relação aos aquíferos existentes no Brasil, sendo o aquífero Guarani o maior deles. Outro motivo para que se faça o uso das águas subterrâneas é devido à gradativa contaminação das águas superficiais, principalmente nos grandes centros brasileiros (HELBEL, 2011).

Devido à deficiência do serviço de abastecimento público algumas pessoas buscam solução individual para amenizar suas necessidades quanto ao uso da água, porém esse processo pode ser perigoso, uma vez que se dá de forma não monitorada, envolvendo uma série de riscos que compromete a saúde dos seres humanos (ROSA *et al.*, 2013), tais como, a possibilidade de contaminação do lençol freático (que está relacionado com a ação antropogênica), com o uso intensivo de produtos químicos na agricultura; disposição inadequada de resíduos sólidos; falta de tratamento dos efluentes domésticos e industriais.

Apesar do significativo avanço que representou a criação da Lei 9433/1997 e da crescente visão da importância dos recursos hídricos para a sociedade, o enfoque do gerenciamento da água, sob o aspecto jurídico e institucional, tem se voltado tradicionalmente para as águas superficiais. As águas subterrâneas, ainda permanecem menos visíveis, claro, uma condição intrínseca delas. No Brasil, ainda existe uma lacuna na forma de pensar a gestão da água, o grande desafio é desenvolver uma visão integrada, em que para efetivamente gerir recursos hídricos, as suas diferentes formas de ocorrência não sejam dissociadas (ZOBY e MATOS, 2002).

Desta forma, surge a preocupação e o cuidado acerca da contaminação e preservação das águas subterrâneas, demonstradas pela criação de legislações que tratam do gerenciamento dos recursos hídricos, tornando fundamental que este bem seja garantido às próximas gerações, tanto com quantidade como qualidade suficiente para o abastecimento humano.

## **1 OBJETIVO**

### **1.1 OBJETIVO GERAL:**

Avaliar a qualidade da água subterrânea no município de Vilhena - RO.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Avaliar a qualidade física, química e microbiológica da água de poços de captação;

Comparar os resultados obtidos aos padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 e pela Portaria 2.914/MS/2011.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A ÁGUA E SUA DISPONIBILIDADE**

Essencial à vida, a água constitui elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. Trata-se de bem precioso e de valor inestimável, que deve ser a qualquer custo, conservado e protegido (SETTI *et al.*, 2001).

A necessidade da utilização racional dos recursos hídricos torna-se mais evidente, quando considerado que de toda água da terra, somente 3% é água doce. Assim, a quase totalidade 97% se encontra nos oceanos (ESTEVES, 1998). Ressalta-se que a maior parcela dessa água doce (68,9%) forma as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da Terra (REBOUÇAS, 2006). Mesmo predominante no planeta a água é um bem escasso em algumas regiões, tanto em quantidade como em qualidade. A falta de organização, planejamento para ocupação urbana da população tornou-se um dos maiores problemas, na atualidade.

Os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% do recursos mundiais, totalizando, 168.870m<sup>3</sup>/s. A distribuição desses recursos no País e durante o ano não é uniforme, destacando-se os

extremos do excesso de água na Amazônia e as limitações de disponibilidade no Nordeste. A Amazônia brasileira representa 71,1% do total gerado da vazão no Brasil e, portanto 36,6% do total gerado na América do Sul e 8% em nível mundial (TUCCI, 2003).

Zoby (2008) menciona que aproximadamente 61% da população brasileira é abastecida para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se auto-abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos.

Segundo Heller *et al.* (2006) do volume total existente na natureza, apenas um pequeno percentual apresenta qualidade, quantidade e acessibilidade para ser utilizado nos sistemas de abastecimento e frequentemente, necessita ser tratada antes da distribuição à população. A degradação das águas por meio da poluição e não racionalização do seu uso vem dificultando o seu tratamento, intensificando a escassez hídrica e aumentando os riscos à saúde humana pelo seu consumo.

## **2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

O aproveitamento das águas subterrâneas data de milhares de anos e atualmente é crescente o seu uso para suprimento de necessidades, ou seja, o atendimento total ou suplementar do abastecimento público e de atividades agrícolas e industriais (HELLER *et al.*, 2006).

Devido a crescente exploração dos mananciais subterrâneos surgiu a preocupação a cerca das formas de sua qualidade e como esta exploração pode estar influenciando o meio ambiente. Segundo Setti *et al.* (2001) as águas subterrâneas, embora mais protegidas da poluição, podem ser seriamente comprometidas, pois sua recuperação é mais lenta. Há substâncias que não se autodepuram e causam poluição cumulativa das águas, com sérios riscos ao homem, à fauna e flora, quando não tratadas e lançadas nos rios, lagos e mesmo no solo.

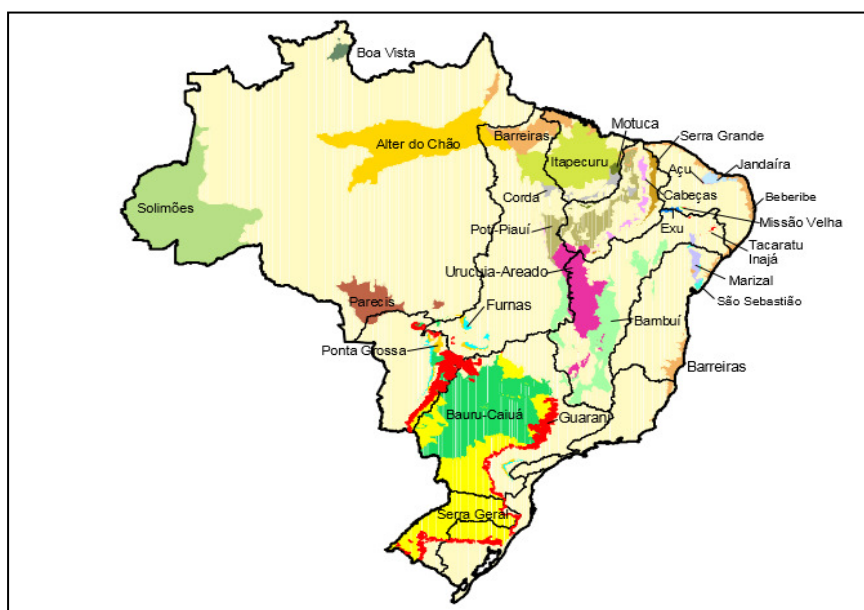
Com os problemas de contaminação, há a diminuição da oferta de água doce superficial de qualidade. Dessa maneira, o homem volta-se cada vez mais para a extração de água dos aquíferos subterrâneos (KEMERICH, 2008).

A poluição das águas subterrâneas é geralmente difícil de detectar, de monitoramento dispendioso e muito prolongado. Na maioria das vezes, a contaminação só é descoberta no momento em que substâncias nocivas aparecem nos reservatórios de água potável, quando a poluição já se espalhou sobre uma grande área. A despoluição da água subterrânea é particularmente demorada e cara, através de sofisticadas tecnologias (CAPUCCI *et al.*, 2001).

Em geral, a água subterrânea não apresenta maiores problemas de contaminação física ou biológica. A água superficial mais vulnerável a contaminações oriundas da atividade humana, cujo tratamento é geralmente oneroso. A água subterrânea, embora menos vulnerável, também pode ser afetada por contaminantes provenientes de perdas em rede de esgotos, derramamento de petróleo, intrusões de água de qualidade inferior etc. (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

### 2.3 BACIA DOS PARECIS

A Bacia dos Parecis é uma das maiores bacias intracratônicas brasileiras. Está localizada na região Centro-Oeste, entre as bacias do Solimões, Alto Tapajós e Paraná, na região “foreland” da Cordilheira dos Andes (FIGURA 1). Cobre uma área de 500.000km<sup>2</sup> nos estados de Rondônia e Mato Grosso, acumulando mais de 6.000m de sedimentos paleozoicos, mesozoicos e cenozoicos, essencialmente siliciclásticos (BAHIA *et al.*, 2006).



**Figura 1** - Distribuição dos principais sistemas aquíferos do país.

**Fonte:** ANA (2005).

A bacia dos Parecis está inserida no bioma amazônico, condicionada ao clima equatorial quente superúmido e úmido, onde a precipitação pluviométrica é bem superior à evapotranspiração potencial (CPRM, 2012).

No estado de Rondônia, a bacia dos Parecis está localizada no seu extremo sul ocupando área de 32.000km<sup>2</sup> (incluindo os grábens Pimenta Bueno e Colorado). Está inserida nas Bacias hidrográficas dos rios Machado e Roosevelt. Sua altitude oscila de 200 a 400m



(planalto dissecado dos Parecis) até cerca de 650m na cidade de Vilhena (chapada dos Parecis). Apresenta índice pluviométrico anual entre 1.900 e 2.000mm (CPRM, 2012).

De acordo com a Agência Nacional de Água - ANA (2005) o aquífero Parecis se enquadra no tipo poroso, livre e contém uma área de recarga de 88.157km<sup>2</sup>. O domínio Poroso armazena água nos espaços entre os grãos constituintes de rochas ou material sedimentar inconsolidado. Corresponde às formações cenozoicas e às bacias sedimentares, as quais detêm os aquíferos de maior expressão em termos de extensão, profundidade e produtividade (ANA, 2010).

Aquíferos não confinados são lençóis freáticos próximos à superfície e são mais frequentemente afetados por vazamentos de hidrocarbonetos que os aquíferos confinados. A recarga para aquíferos não confinados geralmente ocorre por infiltração descendente através da zona não saturada, através do fluxo lateral de água subterrânea ou via fluxo ascendente proveniente de um aquífero mais profundo (GUIGUER, 2000).

As águas subterrâneas possuem elevado padrão de qualidade físico-química e bacteriológica. Por serem naturalmente protegidas (mas não imunes) dos agentes de poluição e contaminação, dispensam, na maioria dos casos, tratamento físico-químico (MMA, 2007).

## **2.4 ABORDAGEM DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS VIGENTES**

O Brasil demonstra preocupação com o uso da água desde o início do século passado, quando criou o *Código das Águas de 1934*, segundo Daronco (2013) essa legislação também estabeleceu a competência privativa de União para legislar sobre as águas, bem como a preocupação com a exploração econômica das mesmas, principalmente como fonte de energia elétrica, ao estabelecer que o aproveitamento industrial das águas e da energia hidráulica depende de autorização ou concessão federal, na forma da lei, dispositivo que reconheceu o valor econômico das águas.

Embora o controle pelo poder público – Federal, Estadual e Municipal – em prol do uso e proteção das águas subterrâneas, seja previsto nos artigos 97 a 101 do Código das Águas, tal controle nunca foi aplicado. Todavia, fosse avançado para a época que surgiu, o Código das Águas não foi complementado pelas leis e pelos regulamentos nele previstos, principalmente o referente ao uso e proteção das águas subterrâneas (MOREIRA, 2005).

Em relação às águas subterrâneas, o Art. 96 do Código das Águas estabelece: “o dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas que existam debaixo da superfície do seu prédio, contanto que não prejudique aproveitamentos existentes, nem derive ou desvie de seu curso natural às águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares”. Pelo exposto, a água é considerada um bem privado (MOREIRA, 2005).

No Brasil, no ano de 1997, foi sancionada a Lei das Águas ou Lei Federal 9.433/1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A lei tem como fundamentos a compreensão de que a água é um bem público, sendo sua gestão baseada em usos múltiplos e descentralizada, com intensa participação de usuários, da sociedade civil e do governo (SILVA, 2013).

Em consonância com a Lei 9.433 de 1997, cabe às agências de águas ou de bacias, no âmbito de sua área de competência, propor aos respectivos comitês de bacias hidrográficas o enquadramento das águas subterrâneas em classes, segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes (KIRCHHEIM, 2013).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA n° 396/2008, dispõe sobre a classificação e fornece diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e ainda, considerando que os aquíferos se apresentam em diferentes contextos hidrogeológicos e podem ultrapassar os limites dos divisores das bacias hidrográficas e ainda, que as águas subterrâneas possuam características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com variações hidrogeoquímicas, sendo necessário que as suas classes de qualidade sejam pautadas nestas especificidades, avaliando-se inclusive os usos preponderantes na bacia. Em seu anexo II os padrões são expressos por classe-concentração ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ). Adota ainda o Valor de Referência de Qualidade/VRQ: a concentração ou o valor de um dado parâmetro que define a qualidade natural da água subterrânea (DESCOVI FILHO, 2008).

A portaria do Ministério da Saúde - MS n° 2.914/11 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Determina que toda água destinada ao consumo humano, proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água (FERREIRA, 2013), e traz outras providências.

## **2.5 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

A qualidade das águas depende das condições geológicas e geomorfológicas e da cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de água doce e das ações antrópicas. As ações do homem que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; (c) modificações no sistema fluvial (TUCCI, 2003).

Diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanque sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura, representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA, 2003).

## **2.6 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS DE ÁGUA**

As águas subterrâneas, notável patrimônio nacional que vem sendo rapidamente apropriado pelos setores econômicos dominantes, ainda estão desprotegidas jurídica e institucionalmente, tanto no nível federal, estadual e municipal. Devido à falta de fiscalização e controle, poços mal construídos ou abandonados, sem qualquer medida de proteção, constituem os principais focos de poluição do manancial subterrâneo no meio urbano, enquanto no meio rural, os riscos são gerados, principalmente, pelo uso intensivo e desordenado de insumos químicos na agricultura (REBOUÇAS *et al.*, 2006).

A quantidade e a natureza dos constituintes presentes na água variam principalmente conforme a natureza do solo de onde são originárias, das condições climáticas e do grau de poluição que lhes é conferido, especialmente pelos despejos municipais e industriais (SETTI *et al.*, 2001).

No país, o crescimento da utilização de águas subterrâneas foi acompanhado da proliferação de poços construídos sem critérios técnicos adequados. A perfuração de poços com locações inadequadas coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas, mais suscetíveis à contaminação, com águas mais profundas e menos vulneráveis (ANA, 2005).

Embora, teoricamente, a água subterrânea esteja presente em qualquer lugar, isso não significa que um poço possa ser localizado da mesma forma. A captação de água subterrânea tem um custo por vezes elevado e, portanto, não deve ser feita sem critérios. Existem fatores naturais que condicionam a distribuição e concentração da água subterrânea em certos locais,

de maneira a melhorar o rendimento e a vazão do poço, tornando o empreendimento mais proveitoso e evitando ou diminuindo a taxa de insucessos (CAPUCCI *et al.*, 2001).

Entre os principais fatores construtivos dos poços tubulares que podem representar risco de contaminação das águas subterrâneas estão: Não isolar as camadas indesejáveis durante a perfuração, como por exemplo, a parte de rochas alteradas superficiais, que são vulneráveis à contaminação; ausência de laje de proteção sanitária e altura inadequada da boca do poço; proximidade com pontos potencialmente contaminantes da água como fossas, postos de gasolina, lixões; não desinfetar o poço após a construção; não cimentação do espaço anelar entre o furo e o poço, que facilita a entrada de águas superficiais (ANA, 2005).

Existem diversos tipos de poços para captação de água, cada um característico de uma região e da profundidade da água subterrânea. Os tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático são o raso comum, o amazonas e o tubular. O poço raso ou escavado, popularmente chamado de cacimba ou cacimbão é um poço construído escavando-se o terreno, em geral na forma cilíndrica, com revestimento de alvenaria ou com peças pré-moldadas de concreto (MEDEIROS e FERNANDES, 2013). Este tipo de poço é utilizado predominantemente em pequenas propriedades, devido à baixa produção de água, com carga de dois a três mil litros de água por dia (BRASIL, 2006). O poço amazonas é uma variável do escavado, próprio de áreas onde o terreno é muito instável por excesso de água no solo (areias movediças). Seu método construtivo é que o caracteriza, pois sua construção tem de ser executada por pessoal especializado, empregando peças pré-fabricadas a medida que a escavação vai desenvolvendo-se. Sua denominação deve-se ao fato de ser muito comum na região amazônica em função de que os terrenos terem este comportamento, principalmente nas épocas de enchentes. São poços para pequenas vazões, destinados a abastecerem pequenas comunidades (MEDEIROS e FERNANDES, 2013).

Poço Tubular, também conhecido como poço artesiano, é aquele onde a perfuração é feita por meio máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas e rotopneumáticas. Possui alguns centímetros de abertura (no máximo 50cm), revestido com canos de ferro ou de plástico (CPRM, 1998).

## **2.7 QUALIDADE DA ÁGUA E PARÂMETROS PARA SUA AVALIAÇÃO**

A qualidade da água é estabelecida pela concentração de substâncias que nela são diluídas. O aumento de concentração e o conseqüente comprometimento da qualidade podem

acontecer tanto pelo aumento da emissão dessas substâncias quanto pela diminuição do volume de água que as dilui (SETTI *et al.*,2001).

Mesmo quando a água potável é obtida de fontes relativamente não-poluídas, pode-se encontrar uma grande variedade de substâncias químicas, tanto orgânicas quanto inorgânicas, em concentrações bem baixas. O conhecimento desse fato levou a uma preocupação com os possíveis efeitos, a longo prazo, na saúde humana, resultantes do consumo de tais águas. Além disso, outras orientações em relação á qualidade da água devem assegurar que as águas de superfície (usadas para consumo, recreação e pesca) e as águas subterrâneas não contenham substâncias químicas em níveis considerados perigosos (GUIGUER, 2000).

Nos parágrafos que se seguem, alguns parâmetros usados para expressar a qualidade da água serão apresentadas.

Turbidez - Este parâmetro representa o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, devido a absorção e ao espalhamento da luz, ocasionado pela presença de sólidos em suspensão como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e de detritos orgânicos (algas, bactérias, plâncton). A turbidez das águas deixou de ser um parâmetro estético para ser correlacionado com a concentração de cloro residual, número de colônias de coliformes fecais e totais, casos de hepatite A e Poliomielite (MIZUTORI, 2009). Valores elevados de turbidez de origem orgânica podem proteger microrganismo dos efeitos da desinfecção e estimular o crescimento bacteriano no sistema de distribuição (HELLER *et al.*, 2006). A Portaria do MS 2.914/2011 determina uma valor para turbidez menor que 5,0UNT para qualquer amostra analisada.

Condutividade elétrica - Indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica (LIBÂNIO, 2005) e mede indiretamente a concentração de poluentes (MIZUTORI, 2009). Além de ser um parâmetro de controle de eficiência (no caso de desinfecção), no entendimento de que os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos (diminuindo a eficiência da desinfecção). Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 e 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos na água.(FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Potencial Hidrogeniônico (pH) - O pH representa a atividade hidrogeniônica, ou seja, a concentração de íons H<sup>+</sup> que representa a intensidade de ácidos presentes em uma solução.

O pH oferece indícios sobre a qualidade hídrica, o tipo de solo por onde a água percorreu e o tipo de poluição química da água, se ácida ou básica (BAIRD, 2002). Valores de pH inferiores a 7 indicam condições ácidas e superiores condições alcalinas da água natural (LIBÂNIO, 2005). Águas naturais tendem a apresentar pH próximo da neutralidade, devido à sua capacidade de tamponamento. Entretanto, as próprias características do solo, a presença de ácidos húmicos (cor intensa) ou uma atividade fotossintética intensa podem contribuir para a elevação ou redução natural do pH. O valor do pH influi na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade (HELLER *et al.*, 2006).

Sólidos Totais - Corresponde à carga sólida em suspensão e que pode ser separada por simples filtração ou mesmo decantação. O termo “sólidos” é amplamente utilizado para a maioria dos compostos presentes em água e que permanecem em estado sólido após evaporação. Sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais correspondem aos resíduos não filtráveis e filtráveis respectivamente (GASTALDINI E MENDONÇA, 2001). Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Por esta razão, os sólidos são analisados separadamente, antes de apresentarem os diversos parâmetros de qualidade da água (VON SPERLING, 2005).

### **2.7.1 Constituintes Iônicos - Ânions**

Fluoreto ( $F^-$ ) - Concentrações de fluoretos são relativamente comuns em águas subterrâneas decorrentes da decomposição de solos e rochas (LIBÂNIO, 2005). Frequentemente ocorre com concentrações entre 0,1 e 1,5mg.L<sup>-1</sup> nas águas naturais, podendo chegar, às vezes, até 10mg.L<sup>-1</sup> e, raramente, a 50mg.L<sup>-1</sup> em águas muito sódicas com pouco cálcio (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Cloreto ( $Cl^-$ ) - Todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Os  $Cl^-$  são advindos da dissolução de sais (ex: cloreto de sódio). Em determinadas concentrações imprime um sabor salgado à água ( VON SPERLING, 2005). As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de  $Cl^-$  inferiores a 100mg.L<sup>-1</sup> (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Brometo ( $Br^-$ )-seu comportamento químico é similar ao do íon cloreto ( $Cl^-$ ) e seu estado tem interesse para o entendimento da origem das águas salgadas. Ocorre em geral com concentração inferiores a 0,01mg.L<sup>-1</sup> em águas doces (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) - O íon  $\text{NO}_2^-$  é uma forma de nitrogênio combinado em estado intermediário de oxidação (entre a amônia, forma mais reduzida, e o nitrato, mais oxidada); é, também, muito instável, passando rapidamente a um estado de oxidação acima ou abaixo (dependendo do teor de oxigênio e da presença das bactérias relacionadas com os processos) (HELLER *et al.*, 2006).

Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) - Ocorre em geral com pequeno teor. O  $\text{NO}_3^-$  representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica e teores acima de  $5\text{mg.L}^{-1}$  podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividade humana. Os teores de  $\text{NO}_3^-$ , geralmente ocorrem no intervalo de 0,1 a  $10\text{mg.L}^{-1}$  porém, em águas poluídas, podem chegar a  $1000\text{mg.L}^{-1}$  (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) - A liberação do fosfato, a partir da forma cristalina dos minerais primários da rocha, ocorre através da desagregação desta pela intemperização. As fontes artificiais de fosfato mais importantes são: esgotos domésticos e industriais e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVES, 1998). Sua concentração varia geralmente entre  $0,01$  e  $1\text{mg.L}^{-1}$ , podendo chegar a  $10\text{mg.L}^{-1}$  (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) - Origina-se da oxidação do enxofre presente nas rochas e da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita). (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). A distribuição do íon sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema, desta maneira a concentração pode variar desde valores não detectáveis até valores de saturação (ESTEVES, 1998).

### 2.7.2 Constituintes Iônicos - Cátions

Sódio ( $\text{Na}^+$ ) - É um dos metais alcalinos mais abundantes e importantes nas águas subterrâneas. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia de 0,1 até  $100\text{mg.L}^{-1}$ , sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga do aquífero em direção as suas porções mais confinadas ou dos exultórios (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) - Em soluções aquosas, a amônia pode se apresentar sob as formas ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) ou não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) sendo que o somatório da concentração dessas espécies representa a amônia total ou nitrogênio amoniacal total (REIS e MENDONÇA, 2009). Segundo Esteves (1998) o amônio assume grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representa uma das principais fontes de nitrogênio para os organismos

produtores. No meio aquático, especialmente em valores de pH ácido e neutro, a amônia formada é instável, sendo convertida por hidratação a íon amônio (ESTEVEES, 1998).

Potássio ( $K^+$ ) - Ocorre em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas, devido a participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e de seus sais serem bastante utilizados pelos vegetais. Os teores de  $K^+$  nas águas subterrâneas são inferiores a  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo mais frequentes valores entre 1 a  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Cálcio ( $Ca^{2+}$ ) - É o elemento mais abundante existente na maioria das águas e rochas do planeta Terra. Possuem moderada a elevada solubilidade. Nas águas subterrâneas, os teores variam, em geral, entre 10 e  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Magnésio ( $Mg^{+2}$ ) - Apresenta propriedades similares ao cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar. Ocorre principalmente em rochas carbonatadas. As águas subterrâneas apresentam teores mais frequentes no intervalo de 1 a  $40 \text{ mg.L}^{-1}$  (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

### 2.7.3 Parâmetros microbiológicos

Coliformes Termotolerantes: Segundo a Portaria 518/04 MS (art. 4º VII), coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

O gênero *Escherichia* consiste em cinco espécies e a *Escherichia coli* é a mais comum por se tratar de uma bactéria termotolerante, de origem exclusivamente fecal, restrita ao trato intestinal de animais de sangue quente, é utilizada como um indicador de contaminação da água por fezes de animais (CAJAZEIRAS, 2007).

Coliformes Totais: A Portaria 518/04 MS no seu art. 4º VI dá a seguinte definição para Coliformes Totais (bactérias do grupo coliforme): bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $\pm 35^\circ\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo.

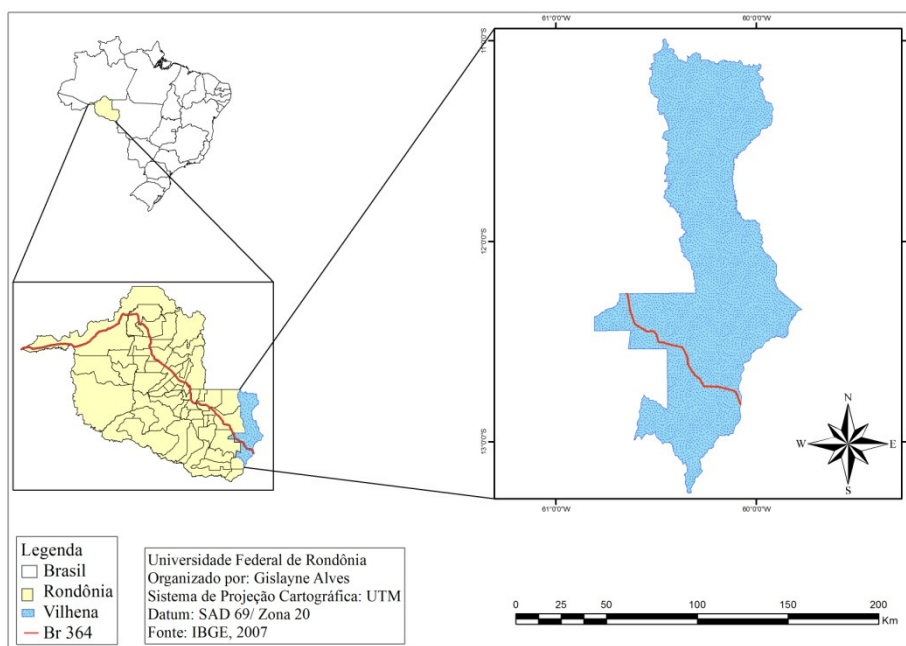


Inclui bactérias que ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e também em cereais, em solos e em águas e efluentes contendo matéria orgânica não necessariamente contaminadas por fezes e por isso, não são indicadores adequados da qualidade sanitária de águas *in natura* (CAJAZEIRAS, 2007).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Vilhena localiza-se na região sul do estado de Rondônia (FIGURA 2), distante 701km da capital Porto Velho, situado às coordenadas, latitude 12°44'26" sul e longitude 60°08'45" oeste (SEPLAN, 2008), sendo totalmente abastecido por água subterrânea.



**Figura 2** - Localização do município de Vilhena, Rondônia.

O clima em Rondônia é equatorial, com transição tropical; úmido, com forte decréscimo de precipitação no inverno; 3 meses ecologicamente secos - junho-julho-agosto - em média; sujeito a fortes desvios pluviométricos estacionais ao longo dos anos; quente, durante todo ano, com temperatura média anual de 24°C. A precipitação média anual durante um período de 25 anos foi de 2.081mm. A distribuição da precipitação ao longo do ano é bastante irregular. Vilhena está localizada ao Norte da prolongação da Serra dos Pacaás Novos, e sua elevada precipitação com relação as áreas próximas pode ser causada pela sua cota mais elevada (600 m) (SEDAM,2010).

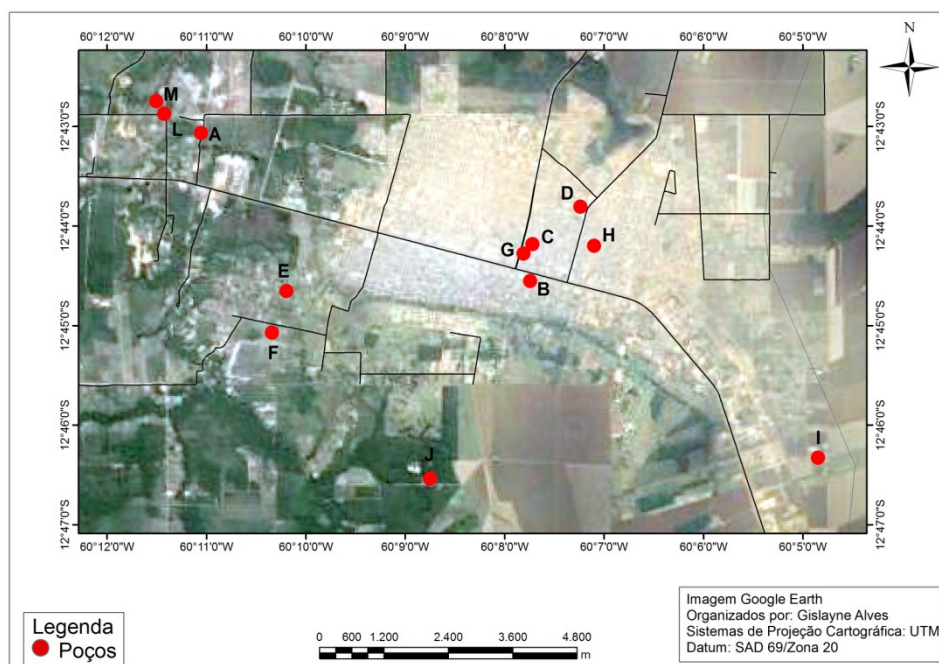
### 3.2 AMOSTRAGEM

Os poços tubulares (8 poços) e os poços escavados (4 poços) tiveram amostras de água coletadas para determinação da qualidade da água (TABELA 1), realizadas nos dias 9 e 10 de agosto de 2013, representando o período de estiagem (seca) da região, e dia 7 de dezembro de 2013, representando o período chuvoso. Não foram coletadas amostras de água em poços desativados. Sempre que possível as amostras foram coletadas em ponto mais próximo possível aos 8 poços tubulares estudados, pois estes tinham a tampa lacrada, impossibilitando a coleta direta (FIGURA 3). Já para os 4 poços escavados foi realizada a coleta direta com o auxílio de um coletor específico. Os poços encontravam-se distribuídos na zona rural e urbana do município de Vilhena.

**Tabela 1.** Características dos poços analisados.

Poços	Tipo	Latitude	Longitude	Localização	Características
A	Tubular	12° 43' 04"	60° 11' 03,3"	Zona urbana	Hospital
B	Tubular	12° 44' 33,2"	60° 07' 44,7"	Zona urbana	Prédio residencial
C	Tubular	12° 44' 11,1"	60° 07' 43,3"	Zona urbana	Construção
D	Tubular	12° 43' 48,5"	60° 07' 14,4"	Zona urbana	Escola
E	Tubular	12° 44' 39,3"	60° 10' 11,8"	Zona urbana	Campo de futebol
F	Escavado	12° 45' 04,4"	60° 10' 20,5"	Zona rural	Pastagem
G	Tubular	12° 44' 16,7"	60° 07' 48,6"	Zona urbana	Igreja
H	Tubular	12° 44' 12,1"	60° 07' 06,1"	Zona urbana	Escola
I	Tubular	12° 46' 19,8"	60° 04' 50,9"	Zona urbana	Granja
J	Escavado	12° 46' 32,5"	60° 08' 45,1"	Zona rural	Más condições
L	Escavado	12° 42' 52,4"	60° 11' 25,5"	Zona rural	Más condições
M	Escavado	12° 42' 44,8"	60° 11' 30,3"	Zona rural	Más condições

Durante as coletas foram realizadas entrevistas com os proprietários das residências, através da aplicação de questionários. Também foram determinadas as coordenadas geográficas com GPS (Garim Etrex Vista H 2,8") tanto do poço quanto da fossa. Para a coleta das amostras, utilizou-se garrafas plásticas de água mineral (500mL) lacradas e no momento da coleta as mesmas foram esvaziadas, postas no coletor, imersas na água e quando retiradas foram devidamente identificadas, acondicionadas em caixas térmicas e mantidas refrigeradas até o momento das análises. Como as coletas foram realizadas no município de Vilhena e as análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia e Limnologia Ambiental (LABLIM) em Ji-Paraná, as amostras foram coletadas no final da tarde, acondicionadas em caixas térmicas, lacradas e analisadas no dia posterior a coleta, respeitando as 24 horas recomendado pelo Guia Nacional de coleta e Preservação de amostras (ANA, 2011).



**Figura 3** - Localização dos poços selecionados para o estudo.

### 3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Para determinação dos coliformes totais e coliformes termotolerantes (*E. coli*) foi aplicado o método de membranas filtrantes em meio cromogênico, técnica descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995).

O método consiste em filtrar por uma membrana quadriculada de ester de celulose (porosidade de  $0,45\mu\text{m}$  e diâmetro de  $0,47\text{mm}$ ) em  $100\text{mL}$  da amostra com o auxílio de uma bomba a vácuo e sistema kitassato. Em seguida as membranas foram sobrepostas em placas *Petri* contendo meio de cultura chromocult coliform agar. Posteriormente, as amostras foram incubadas em estufa bacteriológica por 24 horas a uma temperatura de  $\pm 35^\circ\text{C}$ . A contagem do número de colônias formadas nas placas e os resultados obtidos foram expressos em unidades formadoras de colônia por  $100\text{mL}$  (UFC/ $100\text{mL}$ ).

As UFCs de coliformes fecais correspondem às colônias que apresentaram coloração azuladas, ao passo que as UFCs de coliformes totais foram contabilizadas como sendo as colônias azuis e rosas. Ressalta-se o cuidado em seguir durante todas as análises, os protocolos laboratoriais. Parte do material utilizado está apresentado na figura 4.



**Figura 4.** Materiais utilizados para análise microbiológica.

### 3.4 ANÁLISE DE CÁTIOS E ÂNIOS

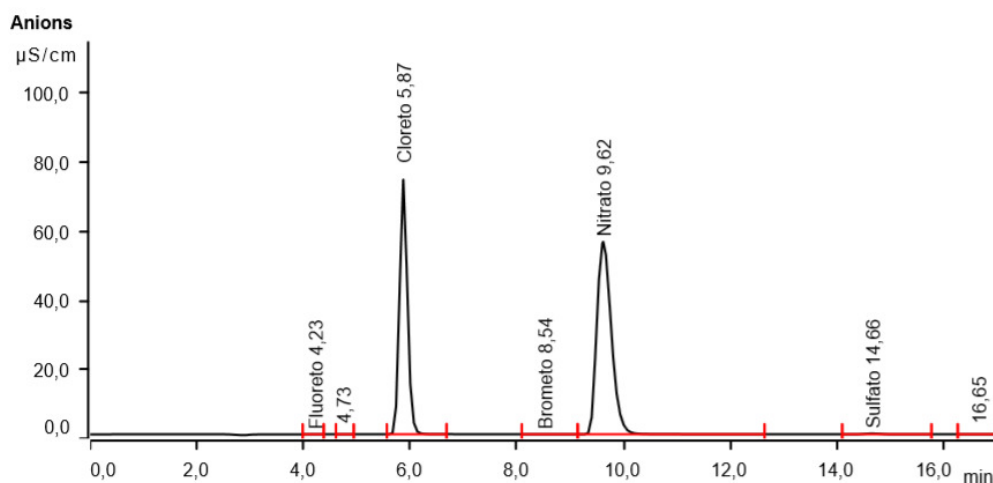
As concentrações dos cátions e ânions foram determinadas por cromatografia iônica com detector de condutividade (Cromatógrafo de íons com detector de condutividade iônica, METROHM – 882 Compact IC plus). Antes de serem analisadas, todas as amostras foram filtradas no laboratório de Microbiologia e Limnologia Ambiental (LABLIM) com membranas de éster de celulose com abertura de poro de  $0,45\mu\text{m}$ , adicionadas a recipientes descontaminados e congeladas. No laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer (UNIR, *campus* Porto Velho) as amostras foram novamente filtradas em membranas de acetato celulose de  $0,22\mu\text{m}$  de porosidade e 13mm de diâmetro (Sartorius Biolab Products) e adicionadas em tubos falcon. Logo após foram levadas ao Cromatógrafo de íons para determinação das concentrações de cátions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) e ânions ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{PO}_4^{-3}$ ) (FIGURA 5). Uma curva de calibração foi realizada com padrões específicos para cada íon analisado.

As colunas analíticas empregadas foram: Metrosep A Supp. 5 – 150/4.0 e Metrosep C 4 – 150/4.0 (METROHM). O volume fixo de injeção foi de  $100\mu\text{L}$  e vazão sempre mantida em  $0,7\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . Os padrões de ânions e de cátions foram introduzidos, separadamente, com uma seringa hipodérmica descartável de 5mL, no sistema de injeção do cromatógrafo de íons.



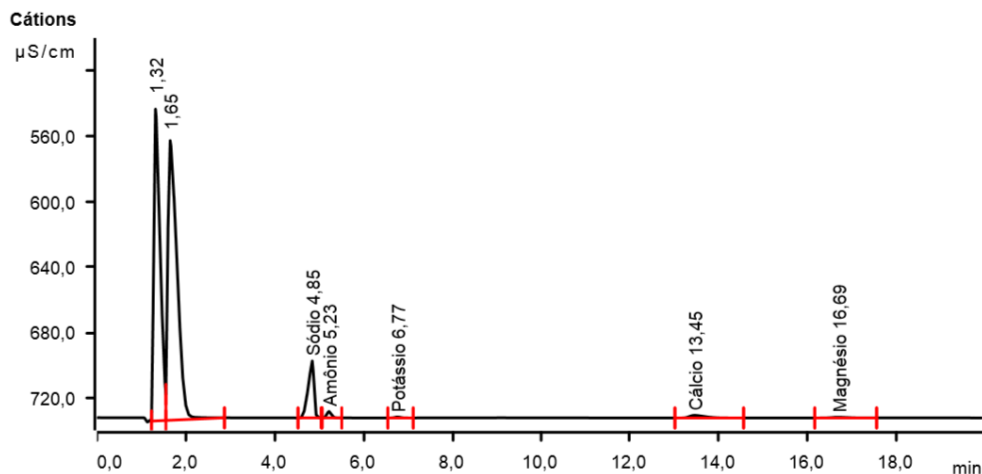
**Figura 5.** Cromatógrafo de Íons.

Durante os ensaios foram obtidos vários cromatogramas tanto para ânions quanto para cátions. Para exemplificar, a figura 6 apresenta um cromatograma de um dos padrões múltiplos de ânions e os tempos de retenção de cada espécie.



**Figura 6** – Exemplo de um cromatograma obtido para ânions ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) na concentração de  $75 \mu g L^{-1}$ , da amostra do poço G.

A figura 7 apresenta um cromatograma de um dos padrões múltiplos de cátions em que são mostrados os tempos de retenção de cada espécie.



**Figura 7** - Exemplo de um cromatograma obtido para os cátions ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) na concentração de  $200 \mu\text{g L}^{-1}$  para  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ , da amostra do poço B.

### 3.5 SÓLIDOS TOTAIS

Para determinação dos sólidos totais a metodologia aplicada foi por gravimetria, de acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989), na qual foi medido um volume de 50mL de água em proveta, colocada em cadinhos de porcelana (previamente pesados) e levados à estufa a  $\pm 105^\circ\text{C}$  até total evaporação da água. Depois de completa evaporação, os cadinhos foram colocados no dessecador até atingirem a temperatura ambiente, para então serem pesados na balança de precisão (SARTORIUS, modelo LA 2305). Antes de adicionar a água nos cadinhos, os mesmos foram secos em mufla a  $\pm 550^\circ\text{C}$  por uma hora e levados ao dessecador. Após atingirem a temperatura ambiente os mesmos foram novamente pesados, foi calculado o teor de sólidos totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), através da subtração do peso final e peso inicial (EQUAÇÃO 1).

$$\text{ST} = \frac{(M_2 - M_1) \times 1000}{V}$$

ST= sólidos totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

$M_2$ = massa da cápsula com resíduo total (mg).

$M_1$ = massa da cápsula vazia (mg).

V = volume da amostra (mL).

### 3.6 ANÁLISES DE pH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TURBIDEZ

O pH foi medido em campo através de um pHmetro portátil (Orion, modelo 250A). A turbidez foi determinada logo após a coleta, utilizando-se um turbidímetro portátil (2100P HACH). A condutividade elétrica foi medida através de um condutivímetro de bancada

(Amber Science Eugene, Oregon, modelo 2052). Equipamentos disponibilizados pelo laboratório de Hidrogeoquímica da UNIR, *campus* Ji-Paraná.

### **3.7 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO**

Com os dados de localização e altitude dos poços, construiu-se planos de informações (mapas) no intuito de demonstrar a variação de pH, turbidez e nitrato, onde foram representados os 12 poços avaliados.

Na elaboração dos planos de informação utilizou-se o Programa Surfer 8.0, com o método “ Krigagem”, o qual corresponde a um procedimento geoestatístico de interpolação, admitindo-se uma estimativa para uma certa área, já que os valores que foram adicionados ao software para confeccionar os mapas foram pontuais.

### **3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O método estatístico aplicado foi o não-paramétrico ( teste de Wilcoxon) para comparação de duas médias pareadas, com o objetivo de verificar se houve diferença nos resultados obtidos entre os períodos de seca e chuva. Para tanto utilizou-se uma média de cada um dos parâmetros, no período de seca (agosto) e chuva (dezembro), e aplicou-se o método de Wilcoxon com nível de significância de 5%, utilizando-se o software STATISTICA versão 7.0.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DAS FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO**

Para o uso sustentável da água subterrânea é importante considerar também sua extração por meio de poços, neste sentido destaca-se que o município de Vilhena é totalmente abastecido por água subterrânea através de poços. Os 12 poços estudados foram codificados de A à M, destes, 6 poços (A, B, D, E, G e H) são cadastradas pela CPRM sem análise de rotina. Os poços tubulares correspondem aos códigos A, B, C, D, E, G, H e I, e aos escavados aos códigos F, I, J, L e M. Todos os poços tubulares encontram-se em funcionamento, possuem profundidade média de 72,8 metros, com presença de tampas de concreto lacradas (FIGURA 8A), perfurados entre os anos de 2000 a 2007. Os 4 poços rasos (F, J, L e M) presentes na zona rural tem profundidade média de 3,79 metros, todos os poços no seu interior



tem presença de manilhas de concreto capeando o solo para proteger-los de contaminações e desmoronamento do solo, com presença de tampas de madeira, destacando que o poço J não tem tampa, mas apenas uma cobertura com lona (FIGURA 8B). Além disso, os poços possuem um furo na tampa através do qual é inserido um sistema de bombeamento da água, que é lançada para a caixa de água. Geralmente os moradores adicionam hipoclorito de sódio (NaClO) no poço e não utilizam filtração da água antes de consumir.



**Figura 8.** Poços de estudos no município de Vilhena.

Nos poços estudados são particulares, como solução de abastecimento alternativo, de uso individual ou comunitários, com usos múltiplos como, consumo humano, dessedentação animal, uso doméstico, construção, entre outros.

A tampa dos poços são utilizadas para proteção, impedindo que sujeiras, objetos, insetos ou mesmo animais maiores entrem em contato com a água. Porém, em quatro dos locais amostrados, foi observado o uso irregular, às vezes, com eminente proliferação de fungos do tipo orelha-de-pau (*Ganoderma sp*), ou em estado de decomposição, com presença de insetos e lixo. Todos esses fatores isolados ou em conjunto representam risco a saúde das pessoas que utilizam a água dessas fontes alternativas para consumo humano.

Nos poços analisados, as fossas estão em média 55,9 metros distantes, estando de acordo com a NBR 7229/1993 ( projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos), na qual indica que as fossas sépticas devem manter as distâncias horizontais mínimas de 1,5m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água; 3,0m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água e 15,0m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.



## **4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA DAS FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO**

### **4.2.1 Sólidos Totais (ST)**

A maior concentração de ST foi encontrada no período chuvoso devido ao maior fluxo de água, apresentando valores de 0,05 à 0,15mg.L<sup>-1</sup> com média de 0,09mg.L<sup>-1</sup>. No período de seca alguns valores não foram detectados pela técnica gravimétrica e o máximo valor foi de 0,07mg.L<sup>-1</sup> e média de 0,03mg.L<sup>-1</sup>.

Observou-se que os poços, em geral, obtiveram uma baixa concentração de ST, tal resultado deve-se ao tipo de poço, visto que a maioria encontravam-se envolvidos por manilha, já para os poços rasos a baixa concentração de sólidos provavelmente está relacionada ao fato dos moradores não terem ligado a bomba previamente à coleta, deixando assim os sólidos sedimentados.

Barcellos *et al.*, (2006) avaliaram 29 poços rasos e 18 nascentes distribuídas em duas comunidades rurais em Lavras, Minas Gerais. Observaram que 3% das propriedades visitadas tiveram alteração no padrão sólido total. Nos poços rasos, descreveram uma variação dos sólidos totais de 356 a 23,33mg.L<sup>-1</sup>, enquanto para as nascentes o parâmetro variou de 483 a 35mg.L<sup>-1</sup>. Os autores atribuíram a intensa atividade pecuária, uso de adubo, defensivos agrícolas e ainda a construção das fontes de água sem critérios técnicos como motivos para alterações dos padrões em relação a legislação vigente.

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA nº 396/08 não apresentam valores de referência.

### **4.2.2 Turbidez**

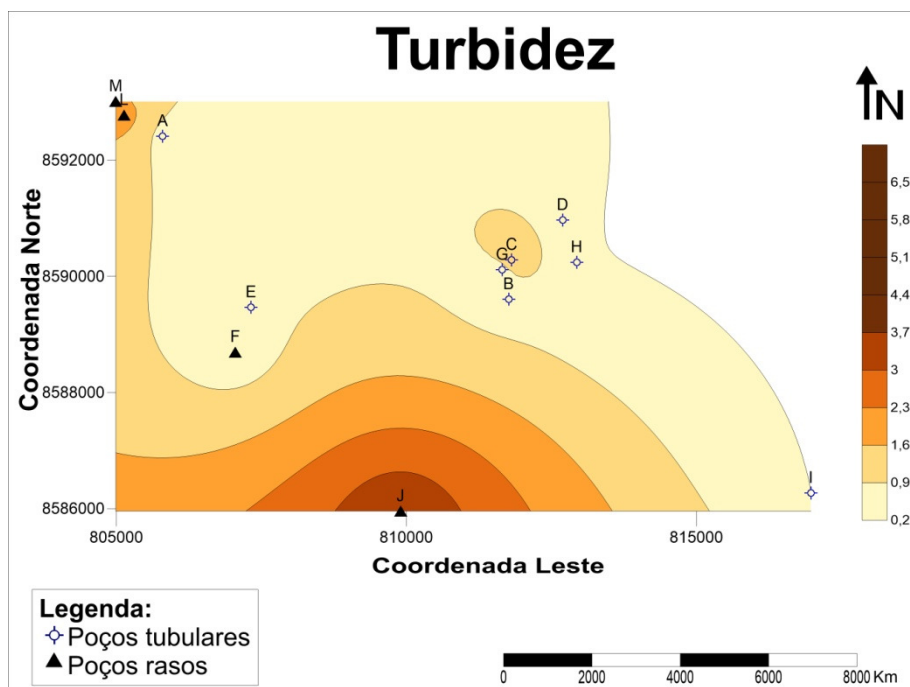
A determinação da turbidez da água é muito importante, pois segundo Von Sperling (2005) a água com elevado teor de turbidez é indicativo de um alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso, que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água.

Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez para água subterrânea com desinfecção, o limite máximo para qualquer amostra pontual é de 5,0UNT de acordo com a Portaria 2.914/MS/11.

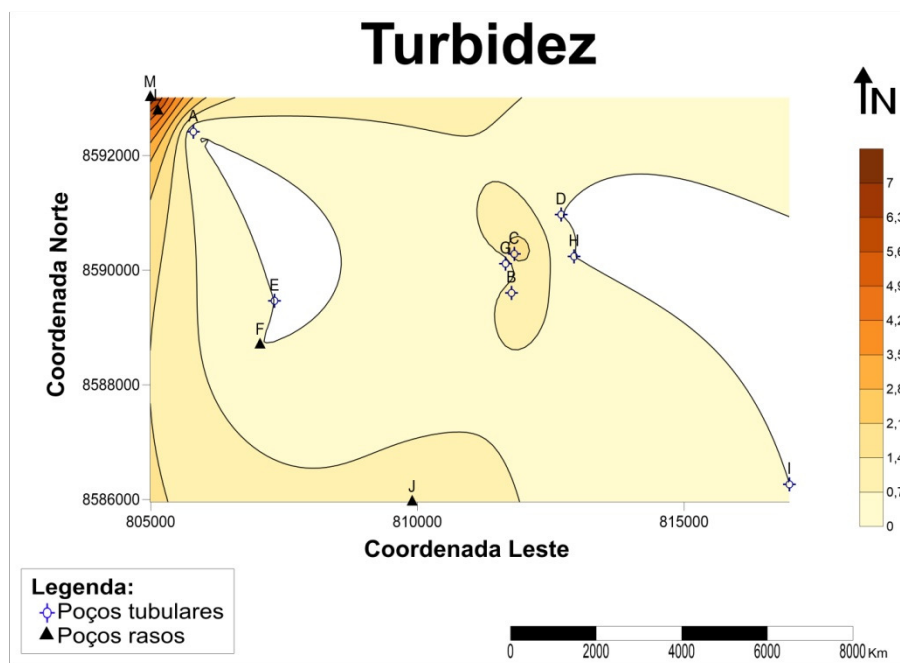
A figura 9 apresenta os valores de turbidez encontrados na estação chuvosa. Os valores variaram de 0,2 à 3,7UNT, indicando conformidade aos padrões de consumo humano (menor que 5,0UNT). Já no período seco (FIGURA 10), os valores variaram de 0 à 7 UNT, sendo que apenas uma das amostras apresentou desconformidade aos padrões de consumo humano (ponto M), com um valor de 7UNT, acima do preconizado pela Portaria do MS 2.914/2011 na qual o valor de turbidez deve ser inferior a 5UNT.

Esta variação se deve ao tipo de poço, os poços rasos apresentaram um valor mais elevado. Provavelmente decorrente das más condições de proteção, haja vista que este estava sem impermeabilização à sua volta, bem como tampa de madeira danificada, perfuração no centro para instalação da bomba submersa, além de espaços entre a tampa e a alvenaria acima do solo, de forma que pode carrear para o interior do poço materiais orgânicos e sedimentos. Devido também ao fato do poço, sendo raso, os sedimentos depositados no fundo são mais facilmente revolvidos, o que pode ocorrer quando o morador liga a bomba para captação de água.

Para as amostras dos poços rasos, recomenda-se filtrar a água antes do consumo, uma vez que a turbidez elevada (maior que 5,0UNT) pode ser um parâmetro indicador de provável presença de patógenos.



**Figura 9** - Cartograma da distribuição dos valores de turbidez expressos em UNT da água subterrânea no período chuvoso.



**Figura 10** - Cartograma da distribuição dos valores de turbidez expressos em UNT da água subterrânea no período seco.

Martins (2011), também encontrou baixos valores de turbidez nos poços estudados no bairro Nova Esperança (Ji-Paraná) na estação seca, com média de 1,76UNT, mínimo de 0,31 e máximo de 4,02. A autora verificou valores acima do recomendado pela normativa em apenas três poços, dos 20 estudados. Esses valores elevados foram devido, as más condições de proteção dos poços, pois estes estavam sem impermeabilização à sua volta, tampa de madeira em condições precárias, além de enxurradas carregarem sedimentos e matéria orgânica para o interior dos poços.

Helbel (2011) em estudo realizado no município de Ji-Paraná, encontrou valores no período chuvoso com média de 1,66UNT ( $\pm 2,18$ ) e, no período de seca de 1,10UNT ( $\pm 0,56$ ). Estando todos os pontos em acordo com a normativa, exceto um ponto. A autora justifica que provavelmente o ponto em desacordo é decorrente das más condições de proteção do poço, como a impermeabilização à sua volta e ainda a forma de fechamento, somado ao período chuvoso que, por meio de enxurradas carrega sedimentos e materiais orgânicos para o interior dos poços.

Valores semelhantes para poços tubulares foram encontrados em análises realizadas pelo SAAE (0 à 0,14UNT) e por empresas particulares que encontraram valores menores que 3UNT (SAAE, 2013), para a área urbana de Vilhena.

### 4.2.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica variou de 0,81 à 81,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no período chuvoso, já no período seco a variação foi menor, 6,5 à 58,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sendo os valores mínimos de ambos os períodos encontrados no mesmo poço (ponto I). Não são feitas referências a esse parâmetro na Portaria 2.914/2011 do MS e nem na resolução CONAMA 396/2008 no que diz respeito ao consumo de água.

Entretanto, a condutividade elétrica indica a presença de material orgânico recente introduzido no corpo de água (OLIVEIRA *et al.*, 2000) normalmente vinculado a proximidade dos pontos de captação de água aos possíveis pontos de contaminação como as fossas, não observado na pesquisa (as fossas estavam distante das fontes de água em média 55,9m).

Sob outro aspecto, Cajazeiras (2012) argumenta que baixos valores de condutividade elétrica indicam uma baixa mineralização, o que reflete os tipos litológicos (arenitos) pelas quais as águas percolam, como também a alta taxa de pluviosidade da região.

Os valores encontrados no presente estudo foram mais baixos que os valores encontrados por Helbel (2011). A autora obteve no período chuvoso a média de 158,15 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ( $\pm 33,69$ ) e no período seco 146,28 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ( $\pm 27,23$ ), dentre os poços estudados na cidade de Ji-Paraná.

Silva (2008) ao estudar as águas dos poços no bairro Nova Brasília, apresentou variação de condutividade elétrica de 44,9 a 679  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  nos poços rasos e de 37,4 a 200 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para os poços tubulares, no mês de novembro de 2005 e de 130 a 239 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no mês de maio de 2006. O autor explica que os valores mais altos de condutividade acontece devido ao rebaixamento do aquífero (período de descarga) quando ocorre uma maior concentração dos íons em solução, o que provoca o aumento de condutividade das águas analisadas.

Outros valores como o do SAAE apresentaram condutividade elétrica que variam de 120 a 140  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para a mesma região e empresas privadas apresentaram resultados de 3,51  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para o período chuvoso analisado em janeiro e 6,7 a 290  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para o período seco em julho de 2013.

### 4.2.4 pH

No que se refere a qualidade da água o pH também é um parâmetro muito importante de ser avaliado. Valores baixos comprometem o gosto, a palatabilidade e aumenta a corrosão,

enquanto que águas com pH elevado comprometem a palatabilidade, aumenta a formação de crustas e diminuem a eficiência da desinfecção por cloração (VON SPERLING, 2005).

Os resultados obtidos de pH (FIGURAS 11 e 12), caracterizaram a água como sendo ácida a levemente ácida. O valor mínimo no período seco foi de 4,14 e o máximo de 4,94 e no período chuvoso o valor mínimo registrado foi de 4,72 e máximo de 6,30.

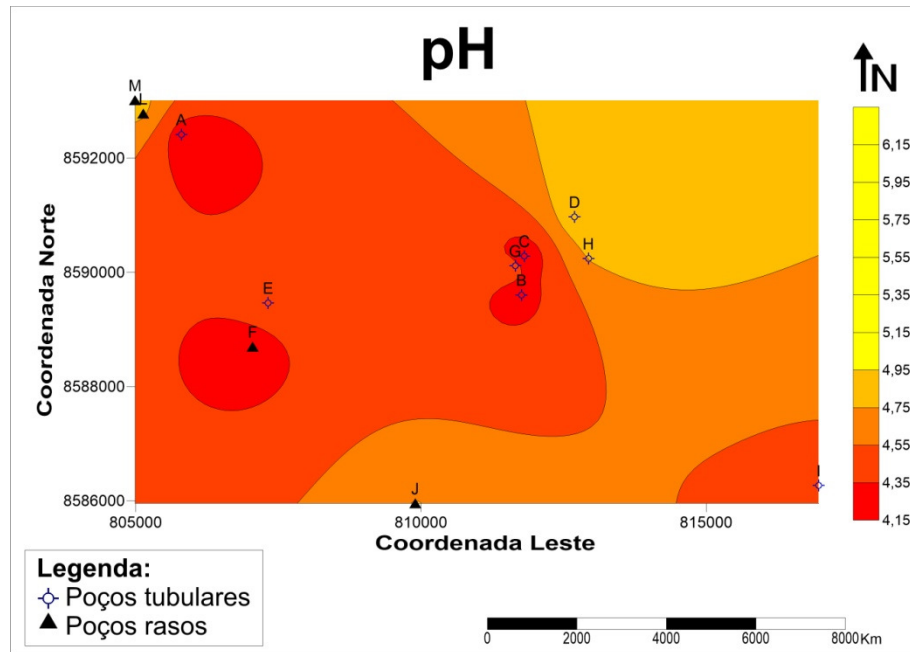


Figura 11 - Cartograma da distribuição dos valores de pH da água subterrânea no período seco.

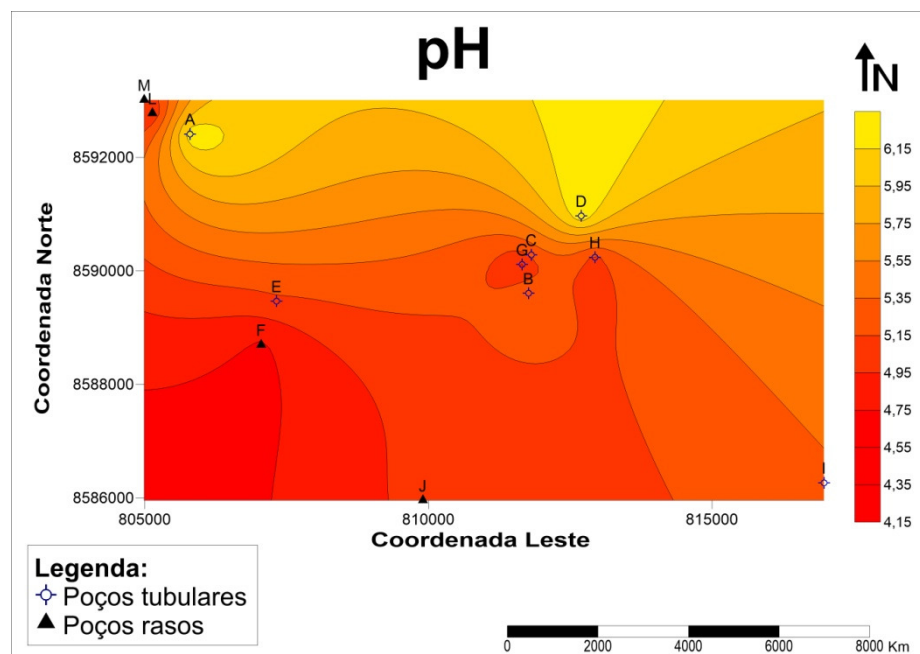


Figura 12 - Cartograma da distribuição dos valores de pH da água subterrânea no período chuvoso.

O MS através da portaria nº. 2.914/2011 recomenda, no sistema de distribuição, uma faixa de pH de 6,0 a 9,5. Feitosa e Manoel Filho (1997) destacam que a maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5 e em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11.

Resultados semelhantes aos registrados no presente trabalho, foram encontrados em trabalhos como o de Nascimento *et al.*(2011). Os dados de pH nas águas subterrâneas da bacia hidrográfica do alto e médio rio Machado variaram entre 3,00 (ponto 1 – Vilhena) e 9,1 (ponto 9 – Ouro Preto do Oeste), sendo 5,9 o valor médio do pH encontrado para estas águas. As águas com pH ácido são muito corrosivas para a indústria e inaceitável para o abastecimento.

Cajazeiras, *et al.* (2012), ao estudar o Sistema Aquífero Parecis no município de Vilhena/RO apresentou em seu trabalho acidez dada pelo pH médio de 4,84.

Silva (2008) encontrou valores semelhantes de pH medido em poços amazonas e tubulares no Bairro Nova Brasília em Ji-Paraná, sendo que o valor mínimo foi de 3,86 e máximo de 6,47 com média de 4,30. É comum o pH apresentar variações a cada medida realizada, sobretudo por conta do caráter dinâmico das águas subterrâneas, notadamente dos aquíferos livres de pouca profundidade, localizados em regiões de alta precipitação pluviométrica, como é o caso de Ji-Paraná.

Tanto análises realizadas pelo SAAE quanto empresas particulares apresentaram resultados variando de 4,53 a 6,61, determinando as águas como sendo ácidas (SAAE, 2013).

### **4.3 CONSTITUINTES IÔNICOS**

As Tabelas 3 e 4 apresentam os valores médios, mínimos e máximos dos constituintes iônicos nas amostras coletadas.

Os valores encontrados foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP) para consumo humano de acordo com a Portaria do MS 2.914/2011 e com a Resolução CONAMA 396/2008, dados também apresentados nas tabelas 3 e 4.

**Tabela 2** – Valores médios, mínimos e máximos dos ânions e cátions analisados durante o período seco; valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/2011/MS e Resolução 396/2008 CONAMA.

<b>Análito</b>	<b>Média (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Mínimo (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Máximo (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Portaria 2.914 (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>CONAMA 396 (µg.L<sup>-1</sup>)</b>
Fluoreto	39,08	7,52	140,38	1.500	1.500
Cloreto	1.023,75	75,80	4.749,74	250.000	250.000
Brometo	26,59	22,30	30,50	-	-
Nitrito	32,81	28,21	35,24	1.000	1.000
Nitrato	3.483,47	63,69	13.883,01	10.000	10.000
Fosfato	88,90	73,02	124,42	-	-
Sulfato	728,42	148,19	2.214,63	250.000	250.000
Lítio	ND	ND	ND		100
Sódio	1.960,33	214,63	8.516,13	200.000	200.000
Amônio	74,24	6,67	414,15	1.500	-
Potássio	390,24	56,29	1.659,43	-	-
Cálcio	1.412,30	228,81	5.407,18	-	-
Magnésio	198,44	39,91	809,90	-	-

ND: Não detectado

**Tabela 3** – Valores médio, mínimos e máximos dos ânions e cátions analisados durante o período chuvoso; valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/2011/MS e Resolução 396/2008 CONAMA.

<b>Análito</b>	<b>Média (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Mínimo (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Máximo (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Portaria 2.914 (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>CONAMA 396 (µg.L<sup>-1</sup>)</b>
Fluoreto	12,83	6,89	30,75	1.500	1.500
Cloreto	2.582,38	73,22	8.581,22	250.000	250.000
Brometo	38,43	29,79	45,60	-	-
Nitrito	43,24	27,53	58,95	1.000	1.000
Nitrato	10.917,34	103,72	25.800,00	10.000	10.000
Fosfato	83,30	78,27	94,50	-	-
Sulfato	601,65	58,24	1.491,86	250.000	250.000
Lítio	ND	ND	ND		100
Sódio	4.859,92	114,83	16.597,30	200.000	200.000
Amônio	233,47	9,89	1.659,73	1.500	-
Potássio	1.611,79	47,39	6.115,61	-	-
Cálcio	1.394,41	245,10	3.025,40	-	-
Magnésio	311,52	11,16	1.103,60	-	-

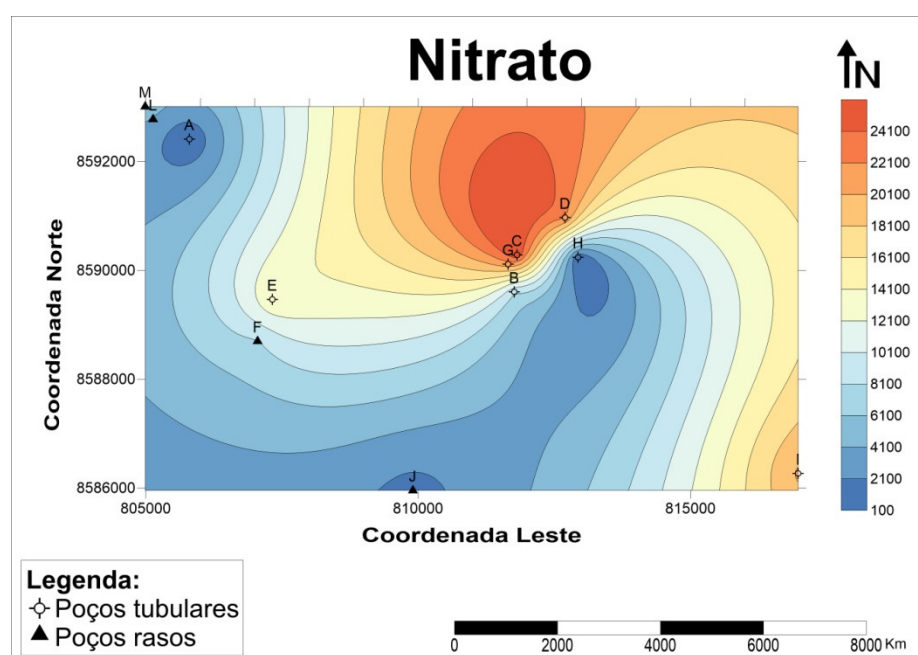
ND: Não detectado

Nos dois períodos estudados, verificou-se que as concentrações da maioria dos íons analisados na água dos poços, estiveram abaixo dos valores preconizados pelo MS (Portaria 2.914/2011) e CONAMA (Resolução 396/2008).

O nitrato foi o íon encontrado em elevada concentração na maioria dos poços no período chuvoso (FIGURA 13). Já no período de seca (FIGURA 14) esteve em desconformidade apenas em dois poços. Os valores elevados no período seco foram

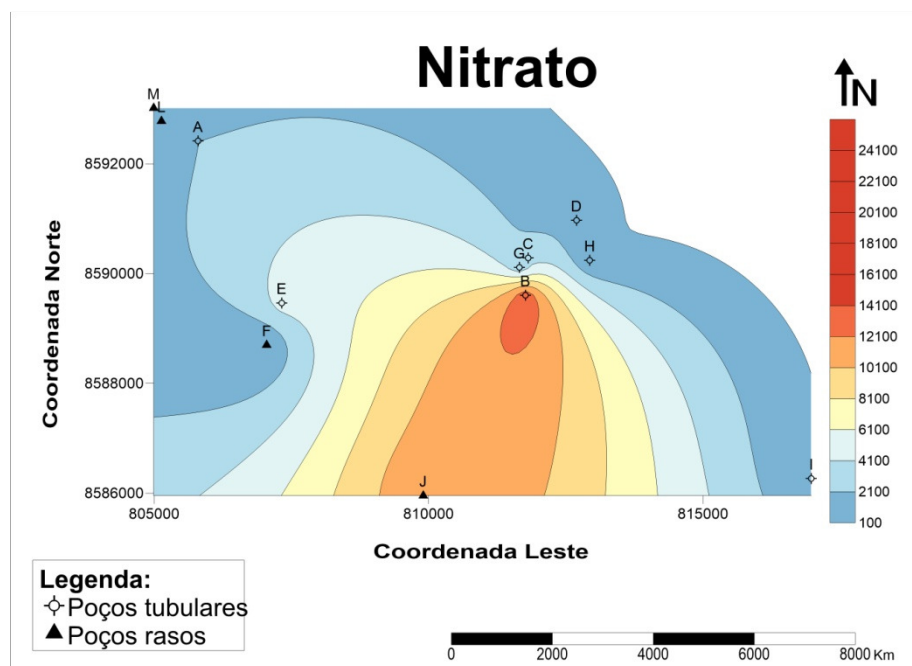
apresentados nos poços B ( $13.883 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e J ( $12.014 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), sendo o poço B tubular localizado no centro da cidade e o poço J escavado localizado na zona rural. Um dos problemas encontrados no poço escavado foi a irregularidade na construção e a instalação da fossa negra em uma cota mais alta, o que relaciona-se ao valor encontrado.

No período chuvoso 5 poços (C, D, E, G e I) apresentaram valores acima do permitido ( $10.000 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), sendo todos tubulares. Visto que os pontos amostrais encontravam-se em áreas sem indústrias, a contaminação pontual e esporádica, provavelmente, deve-se a esgotos domésticos ou atividades agrícolas que são ricas em nitrogênio. Pode-se observar nas figuras 13 e 14 a variação do nitrato na área de estudo.



**Figura 13** - Cartograma da distribuição das concentrações de nitrato da água subterrânea no período chuvoso.





**Figura 14** - Cartograma da distribuição das concentrações de nitrato da água subterrânea no período de seca.

O nitrato e o nitrito são substâncias químicas derivadas do nitrogênio que podem ser encontrados naturalmente na água e no solo em baixas concentrações. A deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utiliza fossas e sumidouros, aumenta drasticamente a quantidade de nitrogênio e conseqüentemente formam-se nitrito e nitrato (LAUTHARTTE, 2013).

No presente trabalho os elevados níveis de nitrato encontrados podem estar relacionados à presença de matéria orgânica de diversas fontes. Nascimento *et al.* (2011) relataram que em geral, o nitrato não existe em concentrações relativamente elevadas em águas subterrâneas não poluídas, assim, as grandes concentrações verificadas na bacia hidrográfica do alto e médio rio Machado (RO) podem estar associadas a depósitos de origem biológica, ou a atividades antropogênicas, como fossas, fertilizantes, esgotos, etc.

Alguns autores como Alaburda e Nishihara (1998), consideram que concentrações superiores a  $3\text{mg.L}^{-1}$  de nitrato em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas e a presença de espécies nitrogenadas são indicadores de contaminação de aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias.

Pela sua grande mobilidade e lixiviação através do solo em solução nas águas de infiltração, o nitrato pode chegar a grandes profundidades da zona saturada, pois não é adsorvido pelos sedimentos, movendo-se à mesma velocidade do fluxo de água (FEAGA, 2004).

Martins (2011) ao analisar a água dos poços no bairro Boa Esperança em Ji-Paraná encontrou em um único ponto valor próximo ao VMP de acordo com a Portaria do MS 2.914/2011 e CONAMA 396/2008. Nas demais amostras foram detectadas a presença dos íons nitrato, mas dentro dos valores recomendados pela resolução citada. A média para este parâmetro nos estudos de Helbel (2011) foi de  $3,58\text{mg.L}^{-1}$  no período seco e  $9,91\pm 8,38\text{mg.L}^{-1}$  no período chuvoso.

De acordo com Von Sperling (2005), existem basicamente duas formas em que as fontes de poluição podem atingir os sistemas hídricos superficiais e subterrâneos, as pontuais e as difusas. Nas fontes pontuais os poluentes atingem o corpo hídrico de forma concentrada no espaço como a emissão de esgoto, enquanto que nas fontes difusas, os poluentes adentram os sistemas hídricos distribuídos ao longo de sua extensão, caso típico da poluição veiculada pela drenagem pluvial, a qual é descarregada no corpo d'água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto.

#### **4.4 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS**

Apesar da distância entre a fossa e poço ser superior a preconizada na NBR 7229/93, que é de 15m, nas visitas *in loco* notou-se algumas irregularidades, como no ponto F localizado em uma propriedade rural na qual havia a prática de pecuária extensiva, apresentando fezes de gado próximo ao poço, além da fossa estar a uma cota mais elevada do terreno.

No ponto I havia a presença de uma granja com mais de 200.000 galinhas, e próximo ao poço, também foi observado a presença de fezes das aves. No ponto J destaca-se a presença de lixo próximo ao poço e a fossa está em um nível mais alto propiciando a contaminação, outro agravante é o fato do poço ser raso e ter água em contato com direto com o solo e bem próxima a superfície.

Em relação aos resultados obtidos levando em consideração a sazonalidade, no período chuvoso 66,7% dos poços (10 pontos), encontravam-se em desacordo com a Resolução CONAMA nº 396/08 para *E. coli*, com densidade máxima de 1.300UFC/100mL (poço raso L) e mínima de 100UFC/100mL (poços tubulares B, D, F e poço raso J). No período seco apenas um poço (poço raso L) apresentou resultado em desacordo com a mesma resolução, com presença de 400UFC/100mL (TABELA 5).

Com relação aos resultados obtidos na determinação de Coliformes Totais, no período chuvoso 91,7% (11 poços) das fontes alternativas avaliadas apresentaram contaminação, com

densidade máxima de 5.600UFC/100mL (poço raso L) e mínima de 100UFC/100mL (poços tubulares A e B). No período seco 41,7% (5 poços) apresentaram contaminação, com densidade máxima de 5.400UFC/100mL (poço raso L) e mínima de 100UFC/100mL (poço J) (TABELA 5).

**Tabela 4.** Resultado microbiológico.

Pontos	<i>E. Coli</i> (UFC/100mL)		Coliformes Totais (UFC/100mL)	
	chuva	seca	chuva	seca
<b>A</b>	ausente	ausente	100	ausente
<b>B</b>	100	ausente	100	5.000
<b>C</b>	ausente	ausente	500	ausente
<b>D</b>	100	ausente	100	ausente
<b>E</b>	800	ausente	1.000	ausente
<b>F</b>	100	ausente	600	ausente
<b>G</b>	200	ausente	300	ausente
<b>H</b>	ausente	ausente	200	300
<b>I</b>	ausente	ausente	ausente	200
<b>J</b>	100	ausente	600	100
<b>L</b>	1.300	400	5.600	5.400
<b>M</b>	800	ausente	1.300	ausente
<b>CONAMA n° 396/2008</b>	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml
<b>Portaria n° 2.914/2011</b>	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml

Principalmente no período chuvoso foi encontrado elevado percentual (79,2%) de amostras com coliformes, tanto totais (91,6%), como *E. coli* (66,7%), indicando água imprópria para consumo humano segundo a Resolução n.º 396/2008 do CONAMA, a qual determina que a água para consumo esteja ausente de *Escherichia coli* (indicador de contaminação fecal) e coliforme total em 100mL de amostra de água. Também de acordo com os padrões estabelecidos pela Portaria do MS n° 2.914/2011 que determina para água de consumo humano ausência de *E. Coli* e coliformes totais em 100mL de água, e que no sistema de distribuição essa ausência deve se manter até o consumo final para a *E. Coli*.

Para os coliformes totais, no caso de abastecimento para menos de 20.000 habitantes pode ter uma amostra com presença de coliformes e para uma população maior que 20.000 habitantes 95% das amostras deve apresentar ausência e apenas 5% das amostras podem apresentar presença de coliformes, diferente do observado no presente trabalho. Nesta perspectiva, as águas monitoradas são consideradas impróprias para consumo humano caso não recebam um tratamento prévio.

A presença de coliformes fecais indica a possibilidade de contaminação por fezes e, conseqüentemente, de microrganismos patogênicos existentes nas mesmas, que por serem mais raros e mais frágeis às condições ambientais, tornam-se difíceis de serem evidenciados (CAJAZEIRAS, 2007).

Pode-se observar que os poços que apresentaram maior contaminação foram do tipo raso (F, J, L e M) presentes na zona rural os quais estão mais vulneráveis e suscetíveis a contaminação, pois como observado *in loco* tem a presença da pecuária extensiva, lavouras, esgotos domésticos não canalizados para o interior de fossas negras e a disposição dos resíduos de forma irregular, que são queimados ou jogados no terreno.

O período chuvoso foi o mais crítico, devido a um maior fluxo e movimento da água do aquífero, causando intrusão das águas superficiais, extravasamento das fossas negras, aumentando assim a incidência de contaminação tanto pontual quanto difusa.

Além disso, existem grandes áreas agrícolas que geram contaminação difusa. Fontes pontuais de contaminação referem-se às indústrias, postos de gasolina e disposição de resíduos urbanos sem controle (caracterização hidrogeológica da área, poços de observação, medidas para proteção em caso de alerta etc.) (CPRM, 2012).

Todos os poços apresentaram contaminação por coliformes, em ambos os períodos estudados, o que leva a considerar que as propriedades em que os poços eram tubulares, profundos e não tinham presença de fezes de animais ou qualquer outro tipo de contaminante que pudesse ser observado, reflete as condições precárias de saneamento básico do município, principalmente inerente ao esgoto sanitário, visto que Vilhena não possui um sistema de coleta e tratamento de esgoto, tampouco um controle e fiscalização na construção de fossas, estes podem ser tomados como possíveis fontes de contaminação.

Silva (2008) aborda que a extração de águas subterrâneas de poços localizados em zona urbana densamente povoada, onde as dimensões dos terrenos têm áreas em torno de 300 m<sup>2</sup> e desprovidos de rede de esgoto, não pode ser considerada segura. Sendo que as distâncias dos poços relativamente próximos às fossas (entre 10 a 35m), tornam potencialmente perigosa a ingestão destas águas, principalmente os de profundidades inferiores a 10m.

Na pesquisa desenvolvida por Nascimento *et al.* (2011) foram encontrados altos índices de coliformes fecais e totais em águas subterrâneas amostradas na bacia hidrográfica do alto e médio rio Machado: do total de 79 amostras, 28 apresentaram o valor do número mais provável de coliformes totais de 140 a 2.401NMP/100mL, destas, 15 amostras foram coletadas em Vilhena.

Análises realizadas em empresas privadas no município de Vilhena também evidenciaram a presença de coliformes totais e *E. Coli* estando em desacordo com a legislação, assim como os resultados obtidos no presente trabalho.

Já os resultados obtidos nas análises mensais realizadas pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Vilhena foram condizentes a Portaria do MS nº 2.914/11, ou seja, ausência de coliformes totais e *E. coli*, tanto no período chuvoso quanto seco. Acredita-se que os resultados foram satisfatórios devido ao tratamento (cloração da água) nas redes de distribuição disponibilizados pela SAAE.

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Através da análise estatística, aplicada aos dados, foi possível observar que, o fluoreto, o pH, sólidos totais e a *E. coli* apresentaram concentrações significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de seca e chuva, visto que as concentrações foram maiores no período chuvoso. Esta diferença entre a sazonalidade apresentada pela análise estatística para alguns desses parâmetros, podem estar relacionadas ao maior volume de água presente na região na época da chuva, na qual carrega mais material e diferentes tipos de constituintes iônicos, além do tipo de solo que influencia mais no pH, sólidos totais e fluoreto aumentando sua concentração, com o aumento da infiltração da água no solo e um maior fluxo subterrâneo.

**Tabela 5.** Resultados das análises estatísticas (valores de p).

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Turbidez</b>	0,530	<b>Nitrato</b>	0,060
<b>Condutividade Elétrica</b>	0,239	<b>Fosfato</b>	#
<b>pH</b>	0,002	<b>Sulfato</b>	0,358
<b>Sólidos Totais</b>	0,002	<b>Lítio</b>	#
<b>E. coli</b>	0,012	<b>Sódio</b>	0,209
<b>Coliformes totais</b>	0,108	<b>Amônio</b>	0,530
<b>Fluoreto</b>	0,006	<b>Potássio</b>	0,239
<b>Cloreto</b>	0,209	<b>Cálcio</b>	0,937
<b>Nitrito</b>	#	<b>Magnésio</b>	0,308
<b>Brometo</b>	#		

# não determinado

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo a avaliação da qualidade da água dos 12 poços analisados, do Aquífero Parecis (Vilhena), a maioria dos parâmetros, apresentaram conformidade com a Portaria n.º 2.914/2011 do Ministério da Saúde e a Resolução n.º 396/2008 do CONAMA, exceto nitrato e coliformes, chamando a atenção para indícios de contaminação.

Com relação ao nitrato observou-se que 29% dos pontos analisados (7 poços) em ambos os períodos, apresentaram concentrações superiores a  $10.000 \mu\text{g.L}^{-1}$ . No período chuvoso as concentrações de nitrato foram superiores ao período seco (o poço C por exemplo no período chuvoso apresentou  $25.800 \mu\text{g.L}^{-1}$  e no período seco  $3.293 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), com alguns valores acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA n.º 396/2008 e Portaria n.º 2.914/2011 do MS. A presença do nitrato em altas concentrações certamente é resultante dos processos de decomposição do grande volume de matéria orgânica introduzida no solo principalmente pelas descargas dos esgotos domésticos decorrentes das inúmeras fossas implantadas.

A presença de coliformes nas amostras de água dos poços, pode estar relacionada com a inadequada construção e instalação dos poços, além do substrato arenoso altamente permeável e pouca profundidade do lençol freático. Por ser um solo arenoso facilita a movimentação da água subterrânea, aumentando o risco de contaminação principalmente nos períodos chuvosos, causando risco a saúde da população. Outro fator que influencia na presença de coliformes é o fato do município não apresentar uma rede de coleta de esgoto e um tratamento adequado do mesmo. Além dos resíduos que antes eram dispostos de forma inadequada em um lixão a céu aberto e que pôde ser observado *in loco* a presença de chorume.

Em decorrência do município de Vilhena ser totalmente abastecido por água subterrânea, recomenda-se um controle maior e um cuidado com a construção dos poços,

fossas e disposição dos resíduos sólidos, visto que só final do ano de 2013 passaram a serem dispostos em um aterro sanitário. Entretanto o lençol freático pode ser contaminado devido a decomposição dos resíduos ali depositados.

Segundo a Portaria do MS 2.914/2011 (artigos 3º e 4º) toda a água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual ou coletiva de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita a vigilância da qualidade da água, na qual compete as secretárias de saúde do município (artigo 12).

Diante do exposto é de caráter emergencial a implantação da rede de tratamento de esgotos por parte do poder público, recomenda-se que haja a proteção dos poços, com eliminação das possíveis causas contaminantes, como as fossas negras, de modo a diminuir a vulnerabilidade da população quanto à aquisição de doenças relacionadas ao consumo de água de má qualidade.

Por fim, é fundamental conscientizar a população sobre a manutenção dos poços, uma vez que estes exercem um papel vital no fornecimento de água para as famílias, assim como salientar a importância da desinfecção antes do consumo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Revista de Saúde Pública, 32: 160-165, 1998.

ANA – Agência Nacional de Águas. Caderno de Recursos Hídricos: **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, DF. Maio de 2005. 80 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil: **Abastecimento Urbano de Água: Panorama Nacional**. Brasília, DF, 2010. Vol. 1. 72 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos/ Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão, et al..** São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 19. Washington, 1995.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BAHIA, R. B. C.; MARTINS NETO, M. A.; BARBOSA, M. S. C.; PEDREIRA, A. J. **Revisão Estratigráfica da Bacia dos Parecis – Amazônia**. Revista Brasileira de Geociências. Vol. 36; 692 - 703. dez. de 2006.

BARCELLOS, C.M.; ROCHA, M.da.; RODRIGUES, L. dos S.; COSTA, C.C.; OLIVEIRA, P.R. de.; SILVA, I. J.da.; JESUS, E. F. M.de.; ROLIM, R.G. **Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000**. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(9):1967-1978, setembro de 2006.



BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, n. 29, 09 jan. 1997, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n. 59, 28 mar. 2004, Seção 1.

BRASIL. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 de Abr. 2008. Seção Resoluções, 71p.

BRASIL. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília.

CAJAZEIRAS, C. C. A. **Qualidade e Uso das Águas Subterrâneas e a Relação com Doenças de Veiculação Hídrica, Região de Crajubar/CE**. Dissertação de Mestrado em Geologia. Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, CE. 144p. 2007.

CAJAZEIRAS, C. C. A.; PEREIRA, L. A. C.; OLIVEIRA, E. M.; BARBOSA, F. A. R.; MOURÃO, M. A. A.; CAVALCANTE, I. N. Implantação do monitoramento no sistema aquífero Parecis, em Vilhena/RO e adjacências. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 17.; Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 18., 2012, Bonito, MS. **Anais...** Bonito, MS: ABAS. 1 CD-ROM.

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços Tubulares e outra captações de águas subterrâneas – orientação aos usuários**. Rio de Janeiro, Brasil: SEMADS, SEINPE, 2001. 67 p.

CPRM – Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. **Noções básicas sobre poços tubulares. Ações emergenciais de combate aos efeitos das secas**. Programa de perfuração, instalação, recuperação de poços e aplicação de técnicas de dessalinização de água subterrânea. Cartilha informativa. Superintendência Regional do Recife. 1998.

CPRM – Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia, **Bacia Sedimentar dos Parecis**; Organizadores: Cláudio Cesar de Aguiar Cajazeiras, Maria Antonieta Alcântara Mourão. Coord. Belo Horizonte. 40 p. 2012.

DARONCO, G. C. Evolução Histórica da Legislação Brasileira no Tratamento dos Recursos Hídricos: das primeiras legislações até a Constituição Federal de 1988. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS, 2013, Bento Gonçalves - RS. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p.1-7

DESCOVI FILHO, L. L. V.; SILVA, J. L. S.; FORGIARINI, F. R.; SILVEIRA, G. L. (2008) Subsídios Ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria, Rio Grande do Sul. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas (**ABAS**). Natal, RN. 2008. p. 1- 18.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602 p, 1998.

FEAGA, J. **Nitrates and groundwater: Why Should We Be Concerned with Our Current Fertilizer Practices?** Funding for this research provided by the Oregon Department of Agriculture, Salem. Special Report 1050. 2004.

FEITOSA, A C. F. e MANOEL FIHO, J. **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR; Fortaleza, 1997. 389p.

FERREIRA, R. F. **Avaliação da qualidade da água utilizada por produtores de polpa de fruta na região central de Rondônia**. Trabalho de conclusão de curso de engenharia ambiental. UNIR. 89p. 2013.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água**. In: Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. (Org.) Hidrologia aplicada a gestão de pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 429-451.

GUIGUER, N. **Poluição das Águas subterrâneas e do Solo Causada por Vazamentos em Postos de Abastecimento**. Santo André SP, waterloo hydrogeologic. 2000.

HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná/RO**. Trabalho de conclusão de curso de engenharia ambiental. UNIR. 110p. 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859P

KEMERICH, P. D. C. **Água Subterrânea e a Saúde da Comunidade em Bairro de Santa Maria –RS**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS. 118p. 2008.

KIRCHHEIM, R. E.; MATTIUZI, C. D. P.; FIGUEIRA, S. V. Qualidade das Águas Subterrâneas na Bacia do Ibicuí, RS. Proposta de Enquadramento a Partir do Siagas. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; Associação Brasileira de Recursos Hídricos - **ABRH** . p. 1-4. 2013, Bento Gonçalves, RS.

LAUTHARTTE, L. C. **Avaliação da Qualidade de Água Subterrânea no Distrito de Jaci-Paraná, Município de Porto Velho – RO**. Dissertação de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Porto Velho, RO. 67p. 2013.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, Editora Átomo. 444p. 2005.

MARTINS, I. A. V. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de influência do lixão inativo do bairro Boa Esperança (Ji-Paraná/RO)**. Trabalho de Conclusão de curso. Engenharia Ambiental. UNIR. 66p. 2011.

MEDEIROS, F.; FERNANDES, C. **Notas de aulas. Saneamento básico/ Engenharia Sanitária. ITEM 1. ABASTECIMENTO DE ÁGUA - CAPÍTULO I. A ÁGUA NA NATUREZA – II.3.3. Doenças relacionadas com a água - IV. 4. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - IV. 2. TIPOS DE MANANCIAIS**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Disponível em <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/>>. Acesso em: 13 de dez. de 2013.

MENDES, M. A. M. **Influência antrópica nas características hidrossedimentológicas e geoquímica da bacia do Ribeirão Caraça, Quadrilátero Ferrífero, MG**. Dissertação de Mestrado em Ciências Naturais. Escola de Minas. Curso de Geologia. Universidade Federal de Ouro Preto (UFPO). Ouro Preto, MG. 85p. 2007.

MIZUTORI, I. S. **Caracterização da qualidade das águas fluviais em meios peri-urbanos: o caso da bacia hidrográfica do rio Morto – RJ**. Rio de Janeiro: PEAMB/UERJ, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2009.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Águas subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido**. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília, 2007.

MOREIRA, C. M. D. **Aspectos Qualitativos da Água Subterrânea no Campus da UFSM, Santa Maria - RS**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS. 152p. 2005.

NASCIMENTO, G. F.; ZUFFO, C. E.; GOVEIA, G. R. T. Qualidade de águas subterrâneas da bacia do alto e médio rio Machado – RO. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA ZONA DA MATA – RO, 2011, Rolim de Moura. **Anais...** Rolim de Moura: FAROL, 2011.

OLIVEIRA, J. R. A.; VILELA, L.; AYARZA, M. A. **Adsorção de nitrato em solos de cerrado do distrito federal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p.1199-1205, jun. 2000.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

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

ROSA, L. L. O.; MELO, M. M.; SANTANA, H. M. N. Avaliação Paralela da Qualidade da Água do Lago Água Preta, de Águas Subterrâneas de Áreas Próximas e a Água para Abastecimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS, 2013, Bento Gonçalves - RS. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013a. p.1-8

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Vilhena. **Relatório Mensal** - Carlos Roberto Gava. 2013.

SANTOS, J. J.; AQUINO, R. F.; SANTOS JUNIOR, A.; SILVA, F. L.; BARRETO, M.M.; TOPÁZIO, E. F. Monitoramento Quali-Quantitativo da Lagoa do Abaeté, Salvador-Ba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS, 2013, Bento Gonçalves - RS. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p.1-9.

SEDAM – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. **Boletim Climatológico de Rondônia - Ano 2010**. COGEO-seDAM / Coordenadoria de Geociências – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - v12, 2010 - Porto Velho: COGEO. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br>> Acesso em: 19 de dez. de 2013.

SEPLAN – **Secretária de Planejamento e Coordenação Geral**. Indicadores.

2008. Disponível em:

<[http://www.seplan.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/GEP\\_Telma/Indicadores/2008/Vilhena.pdf](http://www.seplan.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/GEP_Telma/Indicadores/2008/Vilhena.pdf)>

Acesso em: 19 de dez. de 2013.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica/ Agência Nacional de Água, 2001, 328p.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

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

SILVA, T. M. G. **Caracterização do sistema aquífero parecis na região centro-norte do estado de Mato Grosso: subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos**. Dissertação de Mestrado em Geociências Aplicadas. Universidade de Brasília (UnB). Brasília, DF. 98p. 2013.

SILVA, J. C. A.; PORTO, M. F. A. Caracterização da Qualidade da Água de Corpos d'água Urbanos. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves - RS. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013a. p.1-8

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001, 2003. 156p

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.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na política nacional de recursos hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002. **Anais**. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008, Natal. **Anais...** Natal: ABAS, 2008. p. 1-20.