

Área: Sustentabilidade | Tema: Temas Emergentes em Sustentabilidade

**ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUIFERO PARECIS UTILIZANDO O
MÉTODO GOD: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE VILHENA - RO**

**NATURAL VULNERABILITY OF ESTIMATED AQUIFER PARECIS USING THE METHOD GOD:
MUNICIPALITY CASE STUDY VILHENA - RO**

André Azevedo Machado, Calina Grazielli Dias Barros e Ana Lúcia Debardin Da Rosa

RESUMO

O controle e a preservação da qualidade das águas subterrâneas são as principais tarefas a serem realizadas, quando se trata de planejamento ambiental dessas águas. O presente estudo tem como objetivo determinar a vulnerabilidade natural do aquífero Parecis, no município de Vilhena-RO, sendo o mesmo única fonte de abastecimento de água para uso doméstico, industrial e atividades agrícolas. Para a estimativa da vulnerabilidade foi utilizado o método GOD, sendo as informações necessárias para a aplicação do GOD obtidas junto à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), empresa privada de perfuração de poços e coletas em campo. Dos 36 poços tubulares selecionados para o estudo, 47,22% apresentaram vulnerabilidade natural insignificante, 38,89% foram classificados com vulnerabilidade média e 13,89% com alta vulnerabilidade. Os poços nº 2 e 27 com vulnerabilidade insignificante e alta, respectivamente, merecem maior atenção, pois pertencem ao Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) e encontram-se em áreas que podem receber cargas contaminantes de postos de combustíveis, cemitério e "lixões" desativados. Neste contexto, a estimativa da vulnerabilidade natural do aquífero Parecis apresentou-se como uma ferramenta útil e importante para tomada de decisões referentes aos recursos subterrâneos do município.

Palavras-Chave: Aquífero Parecis, água subterrânea, vulnerabilidade natural, método GOD.

ABSTRACT

The control and preservation of groundwater quality are the main tasks to be performed, when it comes to environmental planning of groundwater. The study aims to determine the natural vulnerability of Parecis aquifer in the municipality of Vilhena-RO, with the same single source of water supply for domestic, industrial and agricultural activities. To estimate the vulnerability was used to GOD methodology. In which the information necessary for the application of the method were obtained from the Research Company of Mineral Resources (CPRM), a private company drilling wells and field collections. Of the 36 selected wells in the study, 47.22% had negligible natural vulnerability, 38.89% were classified with medium vulnerability and 13.89% with high vulnerability. Wells 2 and 27 with negligible vulnerability and high, respectively, deserve greater attention, they belong to the Water and Sewage Supply Service (SAAE) and are in flow areas of convergence and can receive contaminant loads of gas stations cemetery and "dumps" disabled. In this context, the estimate of the natural vulnerability of the aquifer Parecis was presented as a useful and important tool for making decisions relating to underground resources of the municipality .

Keywords: Parecis aquifer, groundwater, natural vulnerability, GOD method

Eixo Temático: Sustentabilidade

ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUIFERO PARECIS UTILIZANDO O MÉTODO GOD: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE VILHENA – RO

NATURAL VULNERABILITY OF ESTIMATED AQUIFER PARECIS USING THE METHOD GOD: MUNICIPALITY CASE STUDY VILHENA - RO

RESUMO

O controle e a preservação da qualidade das águas subterrâneas são as principais tarefas a serem realizadas, quando se trata de planejamento ambiental dessas águas. O presente estudo tem como objetivo determinar a vulnerabilidade natural do aquífero Parecis, no município de Vilhena-RO, sendo o mesmo única fonte de abastecimento de água para uso doméstico, industrial e atividades agrícolas. Para a estimativa da vulnerabilidade foi utilizado o método GOD, sendo as informações necessárias para a aplicação do GOD obtidas junto à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), empresa privada de perfuração de poços e coletas em campo. Dos 36 poços tubulares selecionados para o estudo, 47,22% apresentaram vulnerabilidade natural insignificante, 38,89% foram classificados com vulnerabilidade média e 13,89% com alta vulnerabilidade. Os poços nº 2 e 27 com vulnerabilidade insignificante e alta, respectivamente, merecem maior atenção, pois pertencem ao Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) e encontram-se em áreas que podem receber cargas contaminantes de postos de combustíveis, cemitério e “lixões” desativados. Neste contexto, a estimativa da vulnerabilidade natural do aquífero Parecis apresentou-se como uma ferramenta útil e importante para tomada de decisões referentes aos recursos subterrâneos do município.

Palavras-chave: Aquífero Parecis, água subterrânea, vulnerabilidade natural, método GOD.

ABSTRACT

The control and preservation of groundwater quality are the main tasks to be performed, when it comes to environmental planning of groundwater. The study aims to determine the natural vulnerability of Parecis aquifer in the municipality of Vilhena-RO, with the same single source of water supply for domestic, industrial and agricultural activities. To estimate the vulnerability was used to GOD methodology. In which the information necessary for the application of the method were obtained from the Research Company of Mineral Resources (CPRM), a private company drilling wells and field collections. Of the 36 selected wells in the study, 47.22% had negligible natural vulnerability, 38.89% were classified with medium vulnerability and 13.89% with high vulnerability. Wells 2 and 27 with negligible vulnerability and high, respectively, deserve greater attention, they belong to the Water and Sewage Supply Service (SAAE) and are in flow areas of convergence and can receive contaminant loads of gas stations cemetery and "dumps" disabled. In this context, the estimate of the natural vulnerability of the aquifer Parecis was presented as a useful and important tool for making decisions relating to underground resources of the municipality .

Keywords: Parecis aquifer, groundwater, natural vulnerability, GOD method

1. INTRODUÇÃO

A exploração excessiva dos recursos hídricos subterrâneos, a ocupação irregular do solo e a ausência de normas legais põem em risco a qualidade natural das águas subterrâneas. Com o intuito de evitar a contaminação e controlar o uso das águas subterrâneas é necessário que sejam realizadas pesquisas que visam um maior conhecimento desses recursos hídricos. Tais pesquisas podem se tornar base de planos de gestão das águas subterrâneas, prevenindo uma contaminação futura e usos excessivos e exagerados (MENESES, 2007).

Os estudos de vulnerabilidade natural surgem como ferramenta de monitoramento e apoio técnico nas tomadas de decisão e proteção das águas subterrâneas. Para Santos et al., (2010), o estudo da vulnerabilidade em aquíferos é de fundamental importância, pois através deste é possível especializar-se em mapas, os fatores que comprometem a qualidade da água, além de especializar os riscos pelos quais ela pode ser poluída e como os fatores intrínsecos reagem as ações antropogênicas na superfície do terreno.

Assim vulnerabilidade natural ou intrínseca de aquíferos é entendida como a maior ou menor suscetibilidade à contaminação do material de subsuperfície a um evento contaminador que está ligado a atividades antrópicas (FOSTER & HIRATA, 1993 e BÓS, 2012). Assim a vulnerabilidade intrínseca do aquífero considera unicamente as características geológicas, hidrológicas, hidrogeológicas do meio aquífero sendo por isso independentemente do tipo de poluente gerado pelas atividades antropogênicas. Enquanto que os métodos de vulnerabilidade específica devem ser utilizados sempre que se considera as propriedades de um poluente específico e as suas relações com os componentes de vulnerabilidade intrínseca.

A vulnerabilidade intrínseca é uma metodologia que visa medir o quanto um determinado aquífero esta suscetível à contaminação (ROMEIRO, 2012). O termo vulnerabilidade é diferente de risco a poluição, pois pode-se encontrar áreas com risco a poluição e com baixa vulnerabilidade, também podendo ser encontrada a situação inversa, onde não existe o risco a poluição, porém com altos índices de vulnerabilidade. Essa característica se deve ao fato do risco a poluição não depender da vulnerabilidade (BÓS, 2012).

Para a realização do estudo da vulnerabilidade natural de aquíferos, destaca-se o método GOD que foi desenvolvido em 1987 por Foster, é um método de simples aplicação, pois utiliza apenas três parâmetros. Os parâmetros analisados pelo método estão interligados em três fases, cada uma delas recebe um peso, cujo produto dos parâmetros gera o índice de vulnerabilidade. As fases e os seus respectivos pesos seguem a ordem de:

- **G** - grau de confinamento com intervalo de 0 - 1,0;
- **O** - ocorrência litológica em uma escala de 0,4 - 1,0;
- **D** - distância do lençol freático com variação de 0,6 - 1,0.

Como resultado final dos parâmetros, tem se a classificação da vulnerabilidade, com sua escala variando de insignificante à extrema, conforme mostra a tabela.

Tabela 1. Vulnerabilidade natural à poluição do aquífero

Índice GOD	Vulnerabilidad e
0,0 - 0,1	Insignificante
0,1 - 0,3	Baixa
0,3 - 0,5	Média
0,5 - 0,7	Alta
0,7 - 1,0	Extrema

Por ser um método de aplicação simples, o uso do índice GOD vem sendo amplamente utilizado nos estudos que estimam a vulnerabilidade natural em aquíferos. Nascimento (2013) utilizou o índice GOD para mapear a vulnerabilidade do aquífero à contaminação no município de Boa Vista do Cadeado no estado do Rio Grande do Sul. Brito (2013), utiliza o método GOD para determinar a vulnerabilidade natural à contaminação de aquíferos no município de Campo Formoso no estado da Bahia. Monteiro (2003) realizou estudo da vulnerabilidade e distribuição espacial dos nitratos no aquífero Barreiras nos bairros de Ibura e Jordão em Recife/PE. No estado do Amapá, no município de Macapá Oliveira *et al.* (2004) aplicou a metodologia GOD com o intuito de avaliar a vulnerabilidade natural e a sazonalidade do aquífero livre no loteamento Marabaixo III.

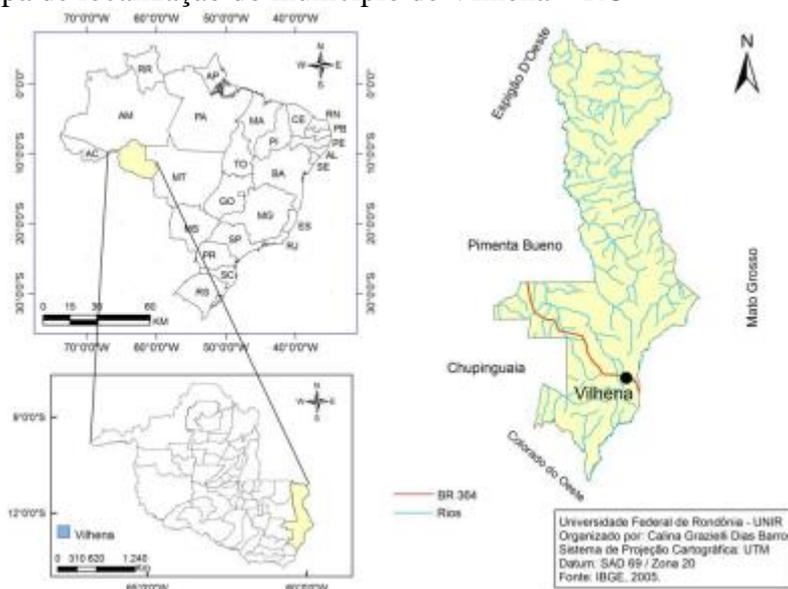
Quando se trata de água subterrânea é preciso observar que a contaminação dos aquíferos está diretamente ligada ao tipo de atividade exercida na superfície. Costuma-se mapear a vulnerabilidade natural, como um ponto inicial para a avaliação do perigo que sofre determinado aquífero. Vale destacar que uma determinada carga poluidora pode levar, dias, meses, anos e décadas para contaminar um aquífero (FOSTER *et al.*, 2006). Um aquífero livre (raso) está mais susceptível a contaminação quando comparado com um aquífero confinado, portanto a vulnerabilidade natural dos aquíferos livres tende a ser maior.

Assim, este trabalho tem como objetivo determinar a vulnerabilidade natural do aquífero Parecis no município de Vilhena-RO, através de dados disponibilizados gratuitamente pelo órgão governamental CPRM, dados cedidos por uma empresa privada de perfuração de poços, além de dados coletados em campo

2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Vilhena está localizado no sudoeste da Amazônia Legal Brasileira, situando-se na parte sul do estado de Rondônia (Figura 1). Segundo IBGE (2010) o município de Vilhena possui uma área de aproximadamente 11.000 Km² e uma população de 76. 202 habitantes. Pertencendo a Serra dos Parecis, possui uma altitude média de 595 m, considerada elevada quando comparada com as demais cidades do estado de Rondônia, como por exemplo, o município de Candeias do Jamari, que possui a menor elevação superficial do terreno com uma cota altimétrica de 203 m.

Figura 1. Mapa de localização do município de Vilhena – RO

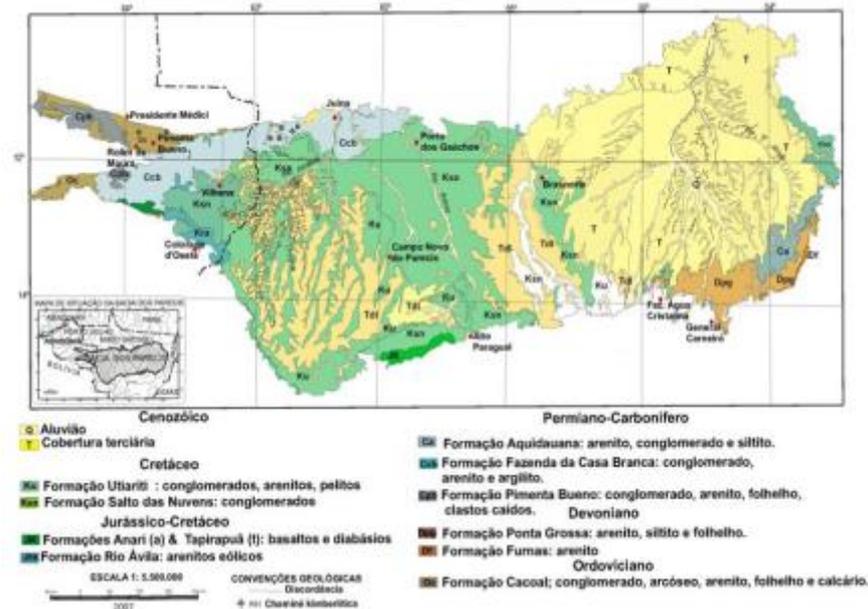


Segundo dados do IBGE (2002) o município de Vilhena possui clima equatorial e é considerada uma zona úmida, apresentando apenas três meses de seca, com temperatura média acima de 18°C. Sua economia é baseada na produção de grãos e pecuária, e tem sido palco de intensa ocupação e diversas implantações de indústrias, sendo o Aquífero Parecis a única fonte de abastecimento de água para uso doméstico, industrial e desenvolvimento das atividades agrícolas no município (CAJAZEIRAS,2012).

O município possui apenas um cemitério municipal com área de aproximadamente 7,34 Km² e 3 lixões desativados, sendo que o terceiro ficou inoperante no ano de 2013, pois no mesmo ano foi inaugurado o aterro sanitário, onde são destinadas aproximadamente 60 toneladas diárias de resíduos sólidos podendo alcançar 130 ton/dia (MARILZA, 2014).

Vilhena está localizada na parte leste do aquífero Parecis (Figura 2), pertencendo a Bacia do Parecis, considerada uma das maiores bacias intracratônicas brasileiras (OLIVEIRA e BRITO, 1998). Conforme a Agência Nacional de Águas - ANA (2005) o aquífero Parecis pertence à região hidrográfica dominante amazônica, com uma área de recarga de 88.157 Km², caracterizado como um aquífero poroso livre.

Figura 2. Mapa geológico da Bacia dos Parecis. Fonte: BAHIA *et al.*, 2007.



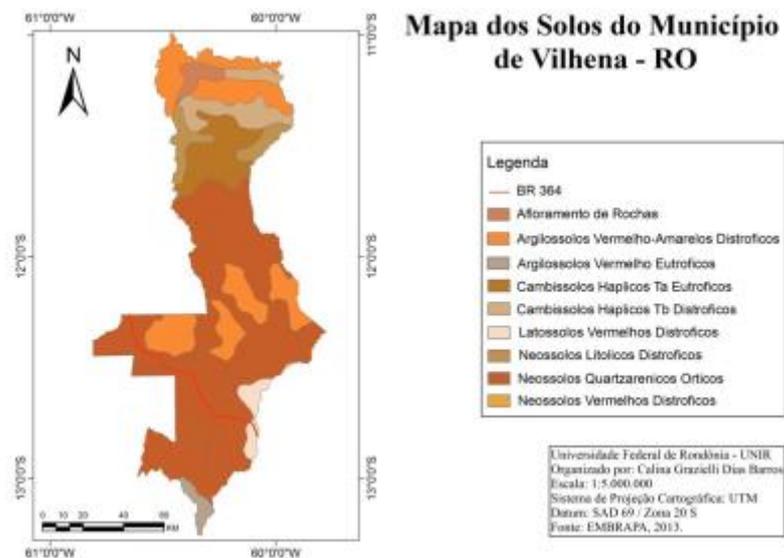
A Bacia do Parecis está subdividida nas Formações Pimenta Bueno, Pedra Redonda, Casa Branca e Grupo Parecis. Porém, para o estudo do projeto de monitoramento de água subterrânea - RIMAS, é levado em consideração o Grupo Parecis (CAJAZEIRAS, 2012). Segundo Oliveira e Leonardos (1943 apud QUADROS, 2007), o Grupo Parecis possui “camadas interestratificadas de arenito vermelho ou amarelado, contendo concreções silicosas, entre as quais predominam pederneiras, e escassas camadas de argila arenosa”. O Grupo Parecis está subdividido nas Formações Corumbiara, Rio Ávila, Anari e Utiariti. Na região urbana de Vilhena predomina a Formação Utiariti, conforme pode ser observado na Figura 2.

Na figura 3, pode ser visto os tipos de solos encontrados no município de Vilhena, conforme classificação realizada por Santos *et al.* (2013).

Como pode ser observado na Figura 3, o tipo de solo predominante no município de Vilhena são os Neossolos Quatzarênicos Órticos, que apresentam textura arenosa em todos os horizontes, tendo nas frações areia grossa e areia fina, são essencialmente quartzosos e

apresentam ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo) (SANTOS *et al.*, 2013).

Figura 3. Mapa Solos do município de Vilhena - RO.



Para aplicação do método *GOD* foi realizada uma pesquisa no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) pertencente à CPRM e na empresa responsável pelas perfurações de alguns poços do município de Vilhena.

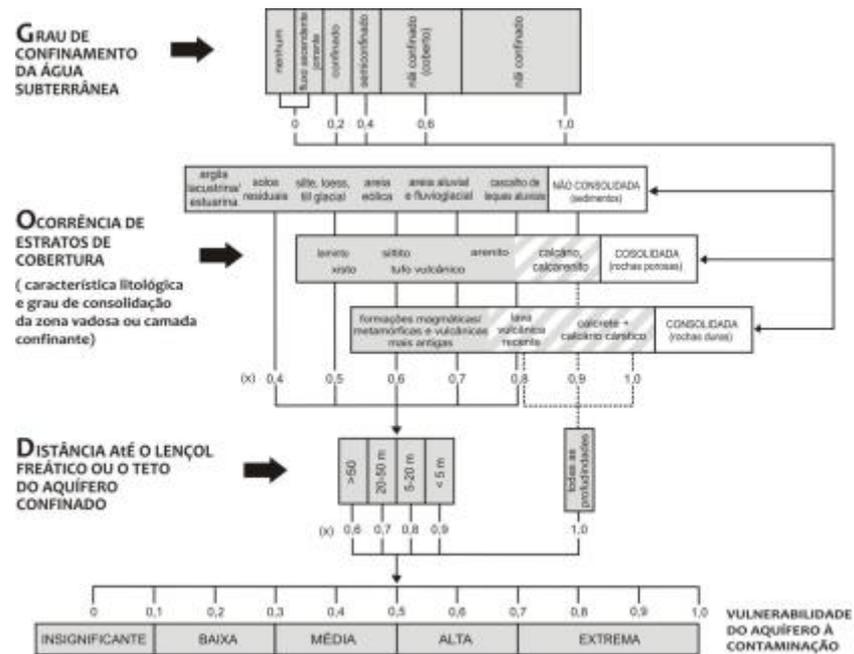
Segundo o SIAGAS, em Vilhena existem 167 poços cadastrados, entretanto somente 32 foram utilizados, pois apresentaram informações completas dos poços, como: as coordenadas geográficas; estrato litológico; o nível estático; bem como, autorização para realização dessa pesquisa por parte dos proprietários. Foram obtidas as mesmas informações de mais 4 poços com uma empresa privada, totalizando, assim 36 poços para a estimativa da vulnerabilidade natural, os quais foram organizados levando em consideração seus responsáveis, ficando, então:

- 15 poços pertencentes ao SAAE (1, 2, 5, 7, 12, 14, 19, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 33 e 36)
- 10 poços particulares (4, 6, 10, 11, 13, 15, 16, 17; 20 e 35);
- 1 poço de abastecimento escolar (8);
- 4 poço de monitoramento do RIMAS (18, 22, 23 e 31);
- 2 poços de abastecimento residencial (30 e 32);
- 1 poço da associação rural (34).
- 2 poços em igrejas (3 e 9);
- 1 poço da CPRM (26).

As cotas do terreno onde estão localizados os poços, foram coletadas através do GPS Garmin Etrex Vista H 2.8" e o sistema de coordenadas empregado foi o Universal Transversa de Mercator/UTM, adotando-se o fuso 20S e o datum horizontal SAD69. Todos dados foram tabelados, sistematizados e utilizados nas avaliações espaciais. Os possíveis pontos de contaminação (antigos lixões, cemitério e postos de combustíveis) foram identificados através de imagens do *Google Earth* e registros em campo.

O índice de vulnerabilidade natural obtido pelo método *GOD* é uma multiplicação dos valores encontrados em cada um dos três parâmetros avaliados pelo método. Como pode ser observado na figura 4.

Figura 4. Método GOD. Fonte: Foster et al., 2006.



Os dados obtidos foram organizados no programa computacional *Microsoft Excel* e a montagem do mapa vulnerabilidade natural foi feita no programa *Surfer8.0*. De posse do banco de dados dos poços, foi realizada a interpolação dos valores obtidos através do método matemático krigagem, que segundo Kitanidis (1997; 1999) é o método geoestatístico mais recomendado, pois é considerado o melhor na minimização dos erros.

Após aplicação da metodologia GOD, os resultados da vulnerabilidade natural do aquífero foram espacializados e em seguida foi feito o *Overlay* (ferramenta do programa *Surfer* que permite cruzar mapas dentro de uma mesma projeção cartográfica) com pontos de possíveis contaminação, direção do fluxo e os poços.

3. RESULTADOS

De posse dos três parâmetros, G, O e D foi possível determinar a vulnerabilidade natural do aquífero (Figura 5), através da multiplicação dos valores encontrados nos mesmos. “Os mapas de vulnerabilidade constituem uma base técnica para o planejamento de ação de controle dos aquíferos, à medida que permitem a identificação e representação cartográfica de áreas potencialmente críticas” (FOSTER e HIRATA, 1993).

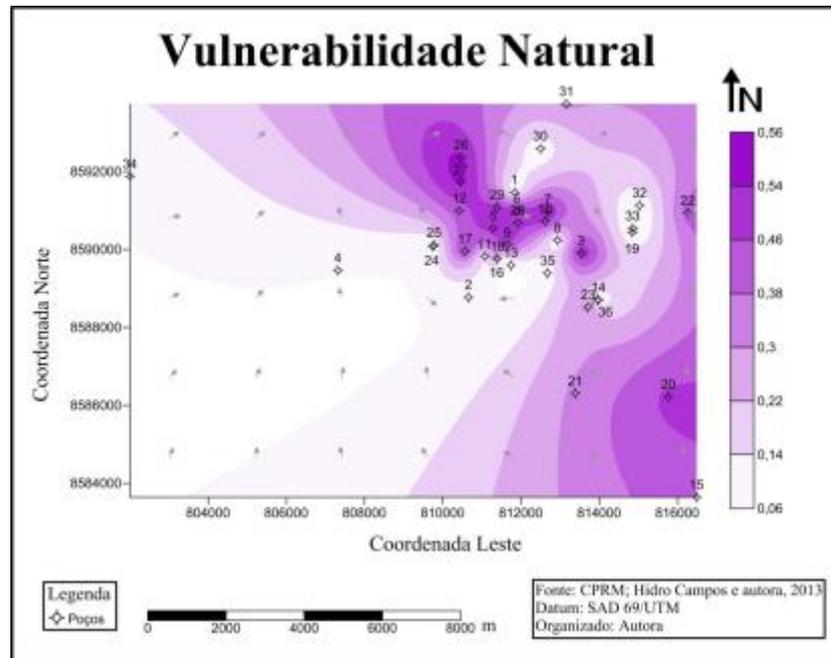
Pode-se observar na figura 5 que a vulnerabilidade apresentou apenas três categorias, sendo elas: insignificante, média e alta. Segundo o método de Foster e Hirata (1993) a classe insignificante tem valores variando de 0 a 0,1, a classe média variando de 0,3 a 0,5 e a classe alta com variação de 0,5 a 0,7. Nesse contexto constatou-se que 47,22% dos poços estão na classe insignificante, cerca de 38,89% estão na classe média e 13,89% apresentaram alta vulnerabilidade, assim as classes predominantes foram insignificante e média, porém isso não significa que os órgãos gestores não devem estar atentos em relação ao uso e a ocupação dos solos, bem como a possíveis pontos de contaminação do aquífero.

Verificando os pontos de vulnerabilidade insignificante podemos encontrar 17 poços tubulares, distribuídos da seguinte maneira:

- 8 poços pertencentes ao SAAE (1, 2, 14, 19, 24, 25, 33 e 36);
- 4 poços para uso particular (4, 11, 13 e 35);
- 1 poço de monitoramento do RIMAS (18);

- d) 1 poço para abastecimento escolar (8);
- e) 1 poço de responsabilidade de uma associação rural (34);
- f) 2 poços para uso em residencial (30 e 32).

Figura 5. Mapa da vulnerabilidade natural do aquífero Parecis, no município de Vilhenaró.



Verificando os pontos de vulnerabilidade insignificante podemos encontrar 17 poços tubulares, distribuídos da seguinte maneira:

- a) 8 poços pertencentes ao SAAE (1, 2, 14, 19, 24, 25, 33 e 36);
- b) 4 poços para uso particular (4, 11, 13 e 35);
- c) 1 poço de monitoramento do RIMAS (18);
- d) 1 poço para abastecimento escolar (8);
- e) 1 poço de responsabilidade de uma associação rural (34);
- f) 2 poços para uso em residencial (30 e 32).

Porém, desses o poço de nº 2 merece uma atenção especial, pois está localizado em uma região que recebe fluxo de praticamente toda área do estudo, e apesar de ter sido classificado com vulnerabilidade insignificante isso não descarta uma possível contaminação.

Os poços de média vulnerabilidade somam um total de 14, localizado no aquífero classificado como não confinado (livre). Distribuídos da seguinte maneira:

- a) 5 poços pertencentes ao SAAE (5, 12, 21, 28 e 29);
- b) 5 poços particulares (10, 15, 16, 17 e 20);
- c) 1 poço de responsabilidade da igreja (9);
- d) 3 poços de monitoramento do RIMAS (22, 23 e 31).

Vale destacar que os poços de nº 5, 12, 21, 28 e 29 que são de responsabilidade do SAAE, encontram-se em uma área de média vulnerabilidade natural, susceptíveis a uma possível contaminação. Já os poços de nº 3; 6; 7; 26 e 27 apresentaram um alto índice de vulnerabilidade, sugerindo-se assim a atenção dos órgãos gestores em relação ao uso e a ocupação dos solos no entorno desses poços, para evitar possíveis contaminações.

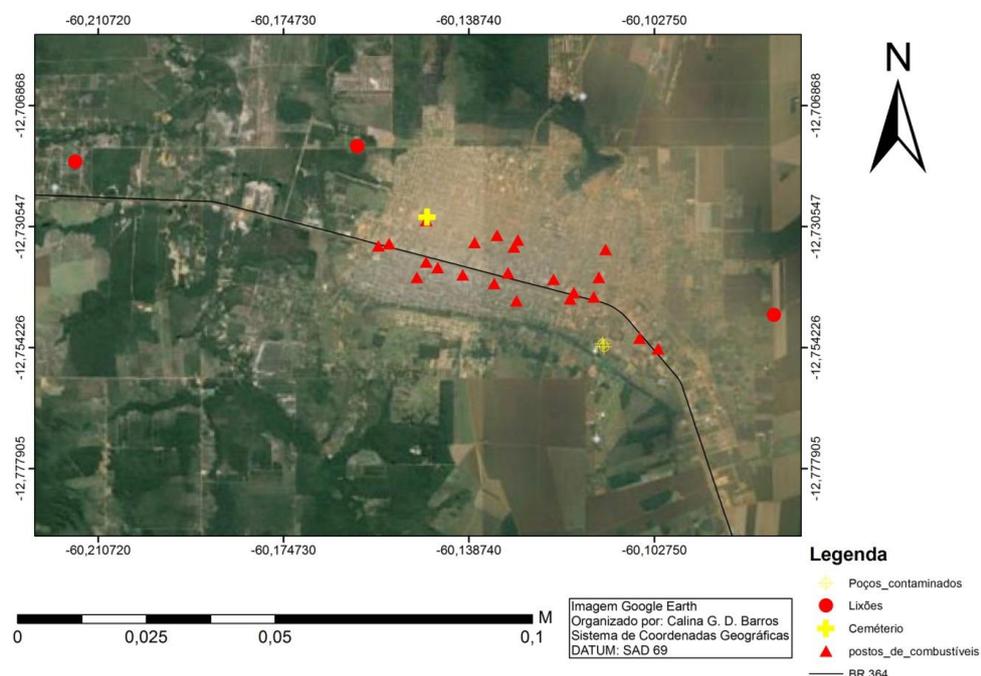
Destaca-se os poços nº 26 e 27, pois fazem parte da região do aquífero considerada como livre, além de estarem localizados em uma área considerada de baixa altitude, com uma

parcela do fluxo das águas subterrâneas voltado para a região desses poços, o que acaba por elevar a possibilidade de contaminação.

Importante ressaltar, que a interpretação dos mapas de vulnerabilidade requer cautela, pois seus fatores devem ser analisados no contexto em que está inserida, sempre levando em consideração os possíveis pontos de contaminação, tipo da litologia e que profundidade está a ocorrência do aquífero.

A partir das visitas a campo foram caracterizados 28 possíveis pontos de contaminação localizados na área urbana de Vilhena, sendo eles: 22 postos de combustíveis, 1 cemitério municipal, 3 lixões desativados (sendo o último desativado no final do ano de 2013) e 2 poços, anteriormente utilizados para abastecimento doméstico, que estão desativados e lacrados, por apresentarem contaminação em épocas passadas. A identificação dessas possíveis fontes de contaminação foram mapeadas e estão representadas na Figura 6.

Figura 6. Mapa de localização das possíveis fontes de contaminação.



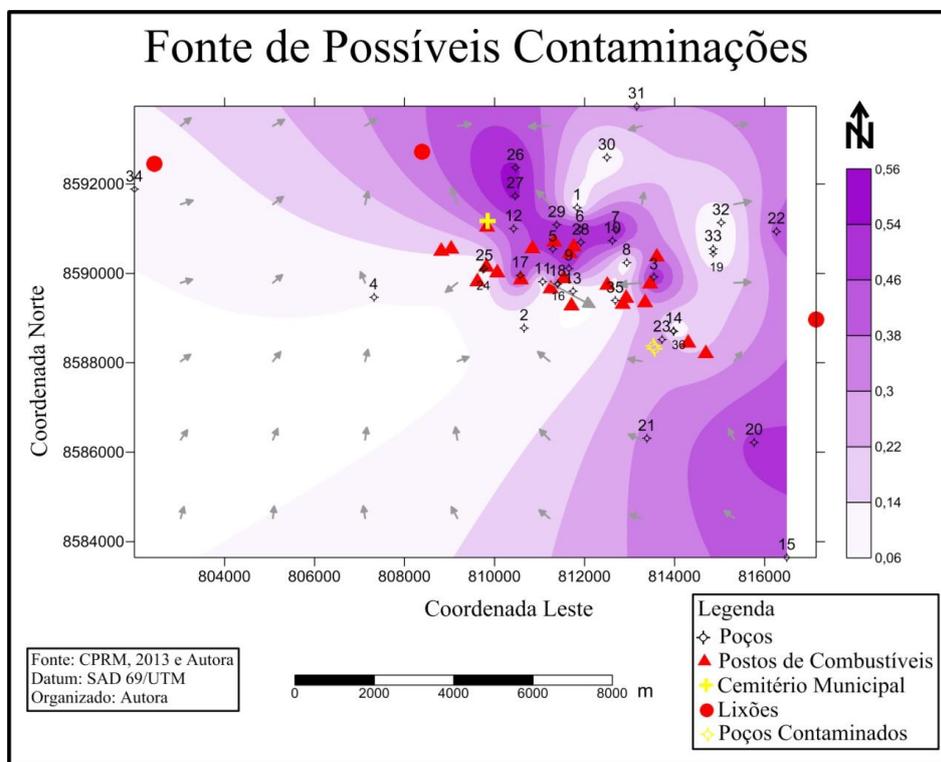
A espacialização das fontes de possível contaminação plotadas juntamente com a direção do fluxo da água subterrânea e a vulnerabilidade natural do aquífero Parecis, servem como base para identificar as áreas de maior susceptibilidade à contaminação frente a fontes potenciais de poluição, essa espacialização pode ser observada na Figura 7.

Verifica-se que existem postos de combustíveis que se encontram na parte de maior vulnerabilidade e com seu fluxo direcionado para áreas de baixo valor potenciométrico. Dessa forma é necessária atenção, não somente nas áreas das possíveis fontes de contaminação, mas também na direção dos fluxos, uma vez que irão concentrar possíveis contaminações. Este fato pode ser observado no poço nº 2 (abastecimento), que apesar de estar classificado com vulnerabilidade insignificante, merece cuidados.

Os poços de nº 26 e 27 requererem maior atenção por parte dos gestores ambientais, pois quando analisados em relação às possíveis fontes de contaminação, os mesmos estão localizados em uma área que pode estar recebendo uma carga contaminante do cemitério (necro-chorume), dos dois “lixões” desativados e de alguns postos de combustíveis. Além disso, os dois poços estão localizados em uma área de alta vulnerabilidade natural. Vale

destacar ainda que o poço n° 27 é destinado ao abastecimento público, devendo dispender do órgão de abastecimento público do município (SAAE) atenção redobrada.

Figura 7. Mapa de localização das possíveis fontes de contaminação.



4. CONCLUSÃO

Por meio das informações dos 36 poços, situados no município de Vilhena, o Aquífero Parecis apresentou três faixas de vulnerabilidade, sendo elas: insignificante, média e alta. Observou-se que 15 poços (38,89% do total) foram classificados com média vulnerabilidade e 4 poços (13,89% do total) com alta vulnerabilidade, sendo que destes, 7 poços são de abastecimento público, mantidos pela SAAE. Esse fato gera uma preocupação com relação à possibilidade de contaminação das águas subterrâneas.

A elaboração do mapa da vulnerabilidade natural dos aquíferos é uma ferramenta importante nas atividades de gestão e proteção das águas subterrâneas, pois pode servir de base para direcionar instalações de possíveis fontes de contaminação (cemitérios, postos de combustíveis, industriais, etc), para áreas de baixa vulnerabilidade natural, bem como abertura de novos poços de abastecimento, que estejam localizados fora das possíveis plumas de contaminação, servindo, assim como fonte de planejamento ambiental, nesse contexto, o presente trabalho mostrou-se relevante.

5. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Disponibilidade e Demandas dos Recursos Hídricos no Brasil**. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 2005.

CAJAZEIRAS, C. C. de A.; MOURÃO, M. A. A. (Coord.). **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Parecis**

no Estado de Rondônia, Bacia Sedimentar dos Parecis. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

BAHIA, R. B. C.; MARTINS NETO, M. A.; BARBOSA, M. S. C.; PEDREIRA, A. J. **Análise da evolução tectonossedimentar da Bacia dos Parecis através de métodos potenciais.** Revista Brasileira de Geociências. Vol. 37. 639-649 p. 2007.

BÓS, S. M.; THOMÉ, A. **Métodos para Avaliar Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas.** 1ª edição. 82 p. ISBN 978-85-66146-02-8. Porto Alegre, RS, 2012.

BRITO, V. S. **Vulnerabilidade Natural à Contaminação de Aquíferos no Município de Campo Formoso – Bahia.** 2013. 60 p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Curso de Geologia/Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, 2013.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes.** São Paulo: Instituto Geológico, 1993. (Boletim N° 10).

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** Edição brasileira: SERVIMAR – Serviços Técnicos Ambientais Ltda. São Paulo, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de Clima do Brasil,** 2002. Disponível em: < ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf >. Acesso em 17 mai. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cadastro de Localidades,** 2010. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ_localidades.shtm >. Acesso em 04 mar. 2014.

KITANIDIS, P.K., **Introduction to geostatistics: applications in hydrogeology.** Cambridge, Cambridge University Press, 1997.

KITANIDIS, P.K., **Geostatistics: interpolation and inverse problems,** In: The Handbook of Groundwater Engineering. DELLEUR, J.W.(editor). CRC Press, Cap.12, 1999

MARILZA. **Sedam licencia aterro sanitário de Vilhena.** 23 de julho de 2013. Disponível em: < <http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/ultimas-noticias/288-sedam-licencia-aterro-sanitario-de-vilhena> >. Acesso em:18 fev. 2014.

MENESES, Leonardo Figueiredo de. **Avaliação da Vulnerabilidade dos Aquíferos Superiores no Município de João Pessoa/ PB, Através do Modelo Drastic.** 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal Paraíba. João Pessoa, PB, 2007.

MONTEIRO, A. B.; CABRAL, J. J. S. P.; BARBOSA, D. L.; FREIRE, P.K. C. **Vulnerabilidade e Distribuição Espacial dos Nitratos no Aquífero Barreiras nos Bairros**

de Ibura e Jordão – Recife – Pernambuco. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 2003.

NASCIMENTO, L. M. do. **Mapeamento da Vulnerabilidade do Aquífero à Contaminação no Município de Boa Vista do Cadeado/RS.** 2013. 74p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2013.

OLIVEIRA, A.M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. **Geologia de Engenharia.** Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, M. J.; SOUTO, F. A. F.; ROSÁRIO, J.M. L. do; SACASA, R. J. V., MOURA, H. P. **Vulnerabilidade Natural e Sazonalidade do Aquífero Livre no Loteamento Marabaixo III- Macapá – AP.** Revista de Águas Subterrâneas, São Paulo, SP, 2004.

QUADROS, M. L.do E. S.; RIZZOTTO, G. J. **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia:** Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia. – Escala 1:1.000.000. – Porto Velho: CPRM, 2007.

ROMEIRO, C. I.da.R. **A Tecnologia SIG Aplicada ao Estudo da Vulnerabilidade à Poluição das Águas Subterrâneas na Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste.** 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistema de Informação Geográfica). Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informações da Universidade Nova de Lisboa, 2012.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, R. A.; CRUZ, M. J. M; NASCIMENTO, S. A. M. Avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos cársticos: subsídios para uma gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Caderno de Geociências. Nº 7,54 -62 p. 2010.