



Uso do sistema GOD para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação em Marau - RS

**Gabriel D'Ávila Fernandes¹, Willian Fernando de Borba², Lucas Lasta³,
Carlos Alberto Löbler⁴ e José Luiz Silvério da Silva⁵**

¹ Universidade Federal de Santa Maria (enggabrielfernandes@gmail.com)

² Universidade Federal de Santa Maria (borbawf@gmail.com)

³ Universidade Federal de Santa Maria (lucaslasta92@hotmail.com)

⁴ Universidade Federal de Santa Maria (carloslobler@gmail.com)

⁵ Universidade Federal de Santa Maria (silverioufsm@gmail.com)

Resumo

A questão envolvendo o abastecimento de água, não somente nas áreas urbanas, mas também nas zonas rurais, é um problema que afeta, principalmente, os países em desenvolvimento. Nesse sentido, surgem métodos que visam promover a gestão e a proteção adequada dos recursos hídricos subterrâneos. Esse estudo tem por objetivo determinar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação com uso do sistema GOD (Foster et al., 2006) e a superfície potenciométrica, do Aquífero Serra Geral em Marau-RS. Para isso, foi utilizado o banco de dados do SIAGAS/CPRM. Com os resultados obtidos, observou-se que as classes de vulnerabilidade variaram de insignificante a média, com predomínio das classes insignificante e baixa. Os valores de superfície potenciométrica indicam que as áreas de recarga estão nas mais variadas classes de vulnerabilidade, indicando que em algumas áreas pode ocorrer a contaminação do meio a partir disso. Com isso, conclui-se que a partir da metodologia utilizada, o aquífero apresenta boas condições naturais de proteção, com a presença das rochas basálticas da formação Serra Geral.

Palavras-chave: Água subterrânea. Contaminação. Serra Geral.

Área Temática: Recursos hídricos

Use the GOD system for determining the natural vulnerability of the aquifer to contamination in Marau-RS

Abstract

The issue involving water supply, not only in urban areas but also in rural areas is a problem that affects mainly developing countries. In this sense, there are methods to promote the management and adequate protection of groundwater resources. This study aims to determine the natural vulnerability of the aquifer to contamination with use of GOD system (Foster et al., 2006) and the potentiometric surface of the Serra Geral Aquifer in Marau-RS. For this, we used the database SIAGAS/CPRM. With the results, it was observed that the vulnerability classes ranged from negligible to medium, with a predominance of insignificant and lower classes. The potentiometric surface values indicate that the clearance areas are in the most varied classes of vulnerability, indicating that in some areas it can occur contamination of the environment from it. Thus, it can be concluded that from the methodology used, the aquifer



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

has good natural conditions for protection, with the presence of basaltic rocks of the Serra Geral formation

Keywords: *Groundwater. Contamination. Serra Geral.*

Theme Area: *Water resources.*

1 Introdução

A contaminação dos recursos hídricos superficiais, a partir da falta de planejamento ou ainda infraestrutura adequada dos municípios, é um problema que atinge quase todo o país. Nesse sentido, voltam-se os olhares para a água subterrânea, visando suprir essa demanda, seja no abastecimento humano, uso industrial ou ainda na agricultura.

O aquífero, por estar em condições menos propícias a contaminação comparado aos mananciais superficiais, ou ainda, por ser de fácil acesso, vem sendo amplamente utilizado. Porém, seu uso inadequado ou sem o planejamento e os cuidados necessários, podem alterar seus aspectos quali-quantitativos, vindo a causar graves problemas ambientais.

Nesse sentido, estudos que visam a determinação natural à contaminação dos aquíferos são de suma importância, pois indicam quais áreas são mais vulneráveis à contaminação. Peralta et al. (2005) dizem que pode-se classificar a vulnerabilidade como intrínseca (quando não se leva em consideração o contaminante exposto) e específica (quando o contaminante específico é levado em consideração).

Existem diversas metodologias para determinar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação. Dentre elas, destaca-se o método DRASTIC (ALLER et al., 1987), IS (RIBEIRO et al., 2005) e o GOD (FOSTER et al., 2006). Sendo essa última a mais utilizada por necessitar apenas informações de três parâmetros (G - grau de confinamento da água subterrânea; O - ocorrência de estratos de cobertura e; D - distância até o lençol freático ou teto do aquífero confinado) e apresentar bons resultados para as condições Brasileiras e Caribenhas (FOSTER et al., 2006).

Diante do exposto, este estudo tem por objetivo determinar a vulnerabilidade natural do aquífero Serra Geral I e II à contaminação e a Superfície Potenciométrica (SP) no município de Marau-RS. Sendo que para isso, foi utilizado o banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS.

2 Metodologia

2.1 Localização da área de estudo

O município de Marau, conforme Figura 1, está localizado na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS), pertencente a Região Hidrográfica do Guaíba (G), nas Bacias Hidrográficas do Rio Taquari-Antas (G-040) e Alto Jacuí (G-050), segundo a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA, 2004). Possui uma população estimada, segundo IBGE (2010), de 36.364 habitantes, sendo 31.558 residentes do meio urbano e 4.806 no meio rural, apresenta uma densidade demográfica de 56 habitantes/km². O município destaca-se no cenário regional e atende aos mais diversos setores, entre eles, alimentos, couros, equipamentos para avicultura e suinocultura, metal mecânico e em crescimento o setor da construção civil (MARAU-RS, 2015).

No que se refere a geologia, o município está inserido na Formação Serra Geral (FmSG) Caxias e Gramado. A CPRM (2007), define essas formações geológicas como:

- FmSG Caxias: Derrames de composição intermediária a ácida, riolacitos a riolitos, mesocráticos, microgranulares e vitrofíricos, textura esferulítica comum (tipo carijó), forte



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

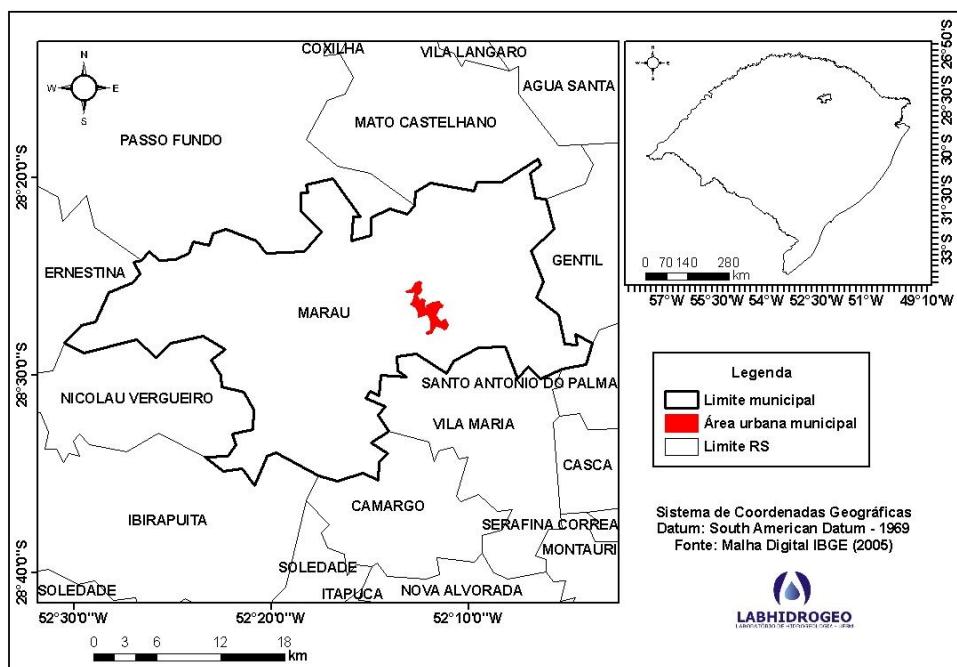
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção central, dobras de fluxo e autobrechas, dobras de fluxo e autobrechas frequentes, vesículas preenchidas predominantemente por calcedônica e ágata;

- FmSG Gramado: Constituída por derrames basálticos granulares finos a médio, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares preenchidos por zeólitas, carbonatos, apofilitas esaponita e intercalações com os arenitos Botucatu, onde em profundidade forma aquífero fissural.

Já que no que refere-se hidrogeologia, está presente a Formação Serra Geral I (sg_1) e II (sg_2). Segundo Machado e Freitas (2005), a unidade hidroestratigráfica sg1, forma um aquífero fissural, delimita-se pelos municípios de Soledade, Tupanciretã, Santo Antônio das Missões, Santa Rosa, Tenente Portela, Nonoai, Erechim e Passo Fundo, onde constitui-se principalmente, de litologias basálticas vulcânicas, amigdaloides e fraturadas, capeadas por espesso solo avermelhado. Já a sg_2, segundo esses mesmos autores, ocupa a parte oeste do Estado, os limites das rochas vulcânicas com o rio Uruguai e as litologias gondânicas, ocorrem em extensa área nordeste do planalto, associada com os derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.

Figura 1 – Localização do município de Marau – RS.



Fonte: Adaptado de IBGE (2005).

2.2 Obtenção dos dados

Os dados utilizados nessa pesquisa foram obtidos na base do SIAGAS (<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>), mantido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), do Serviço Geológico do Brasil. Foram obtidas informações relativas as coordenadas no sistema UTM (*Universal Transversa de Mercator*), cota da “boca do poço”, nível estático e os perfis geológicos de 115 poços tubulares disponíveis.

2.3 Determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação

Para a determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, foi utilizado o sistema GOD (FOSTER et al., 2006). Esse sistema utiliza as informações de três parâmetros GOD. Sendo assim, a vulnerabilidade é obtida a partir do produto entre as



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

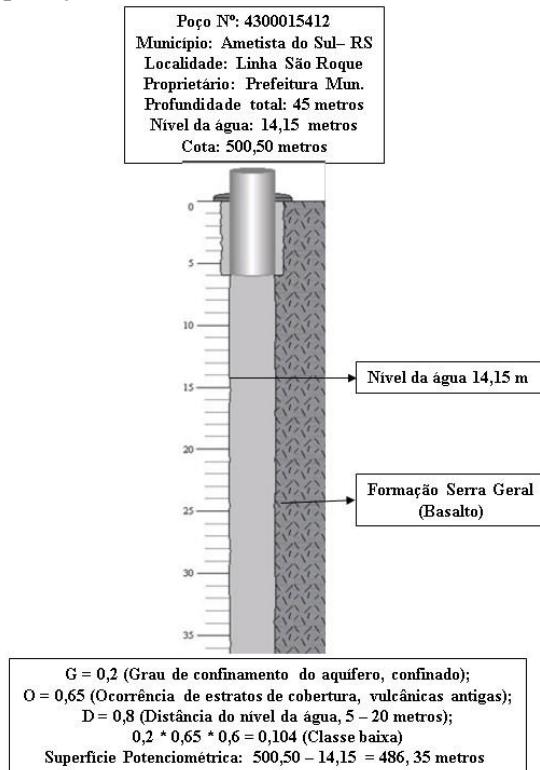
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

variáveis GOD. Os resultados do índice de vulnerabilidade são classificados como: insignificante (valores entre 0 e 0,1), baixa (0,1 a 0,3), média (0,3 a 0,5), alta (0,5 a 0,7) e extrema (0,7 a 1).

Para espacialização das informações, foi utilizado o interpolador IDW (*Inverse Distance Weighting*) (LANDIM, 2000), com auxílio dos Softwares *ArcGIS 10.1* e *Surfer 8* (GOLDEN SOFTWARE, 2004; LANDIM et al., 2002). O *Datum* horizontal adotado para as espacializações foi o *South American Datum 1969* (SAD 69), sendo o mesmo adotado pelo SIAGAS/CPRM, e *Datum* vertical o Porto de Imbituba – SC.

A Figura 2 ilustra um exemplo de aplicação do sistema GOD (FOSTER et al., 2006) e SP em um poço localizado no município de Marau-RS.

Figura 2 – Exemplo de aplicação do sistema GOD (FOSTER et al., 2006) e SP em Marau – RS.



Fonte: Adaptado de SIAGAS (2015) e Foster et al. (2006).

3 Resultados e discussão

A partir do uso do sistema GOD (FOSTER et al., 2006), foi possível determinar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação no município de Marau-RS, ilustrada na Figura 3. Assim, a vulnerabilidade variou de insignificante a alta, com destaque as classes insignificante e baixa com as maiores proporções na área. O predomínio dessas menores classes, dá-se principalmente pelas formações geológicas (FmSG), com rochas basálticas e seus produtos de intemperização, na constituição. Isso, na maioria das vezes proporciona uma maior proteção do meio subterrâneo, com aquífero confinado e níveis profundos de água.

Dentre os diversos estudos realizados nessas áreas, destaca-se os de Fernandes et al. (2015a; 2015b) em Taquaruçu do Sul-RS e Boa vista das Missões-RS, respectivamente, Borba et al. (2015a; 2015b) em Frederico Westphalen – RS e na Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo/RS, respectivamente, Reginatto e Ahlert (2013) na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari/Antas, região nordeste do RS, e Silvério da Silva et al. (2013) em Erechim-RS. Em ambos os estudos citados, ocorreram um predomínio das menores classes de vulnerabilidade

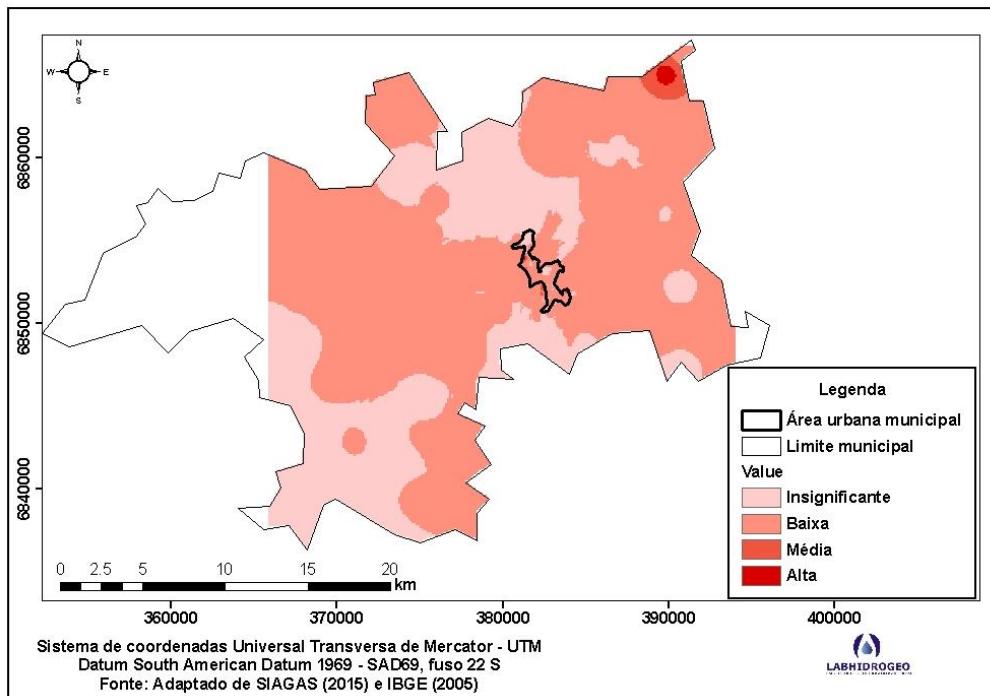


5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

(insignificante a média). Assim, pode-se observar que o aquífero possui características homogêneas na maior parte de sua extensão.

Figura 3 – Vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação em Marau – RS.



Fonte: Adaptado de Foster et al. (2006) e SIAGAS (2015).

Em relação a SP, os valores estão ilustrados na Figura 4. Como pode ser observado, os valores variaram de 34,69 a 735,62 m. Heath (1982) diz que a SP, nada mais é do que uma superfície que representa a carga total em um aquífero, ou seja, ela representa a altura acima do *datum* a qual o nível da água se encontra.

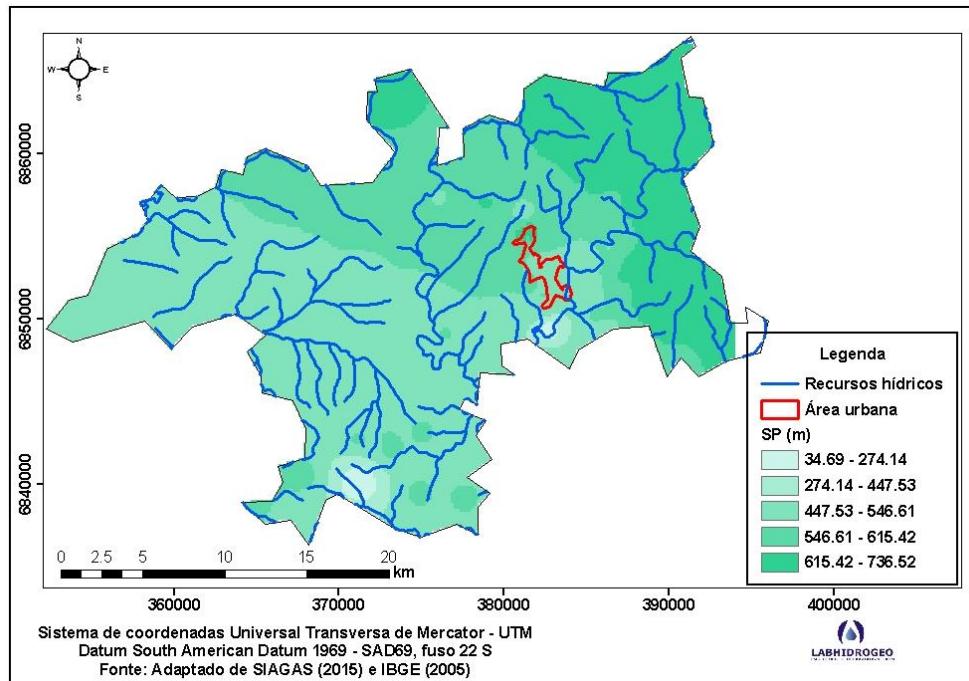
Nesse sentido, os menores valores de SP indicam as zonas de descarga já os maiores indicam as zonas de recarga do aquífero (MONTEIRO, 2003). Assim, na área de estudo, é possível identificar que as zonas de recarga (maiores valores) estão localizadas próximas a zona urbana, podendo ocasionar problemas relacionados a dispersão dos poluentes ao longo do perfil do solo e posterior contaminação do aquífero. Pode-se observar também que as áreas de recarga e descarga, estão localizadas nas classes de vulnerabilidade insignificante e baixa, principalmente.



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Figura 4 – Variação da superfície potenciométrica em Marau – RS.



Fonte: Adaptado de SIAGAS (2015).

4 Conclusão

O uso do sistema GOD (FOSTER et al., 2006) mostrou-se eficiente para a determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação no município de Marau-RS. Foi possível identificar que a área apresenta boas condições naturais de proteção do meio subterrâneo. Esse fato pode-se dar em decorrência da condição confinante do aquífero proporcionado pela FmSG e seus produtos de intemperização. Indica-se a realização de demais estudos hidrogeológicos visando aprimorar os resultados obtidos nesse estudo, elencando as áreas mais apropriadas para a alocação de atividades causadoras de impacto ambiental.

Agradecimentos

O segundo autor agradece a CAPES/CNPq pelo apoio financeiro através da bolsa de pós-graduação do PPGEAmp/UFSM.

Referências

- ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHR, J. H.; PETTY, R.J.; HACKETT G. DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. Chicago: Environmental Protection Agency, 1987. 58p.
- BORBA, W. F.; FERNANDES, G. D. A.; TERRA, L. G.; FRANCA, J. R.; LASTA, L.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE INTRÍNSECA À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. Anais do XXI SBRH, 2015.
- BORBA, W. F.; TERRA, L. G.; FERNANDES, G. D. A.; FRANCA, J. R.; GANZER, E.



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

P.; MANCUSO, M. A.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO SERRA GERAL EM FREDERICO WESTPHALEN-RS. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília-DF. Anais do XXI SBRH, 2015.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000. CPRM: Brasília, 2007.

FERNANDES, G. D. A.; BORBA, W. F.; TERRA, L. G.; LOBLER, C. A.; GANZER, E. P.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Estimativa da vulnerabilidade natural à contaminação do Aquífero Serra Geral em Boa Vista das Missões-RS. In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2015, Bento Gonçalves. Anais do 15º CBGEA, 2015.

FERNANDES, G. D. A.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; BORBA, W. F.; TERRA, L. G.; LOBLER, C. A.; GANZER, E. P. Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero e Superfície Potenciométrica em Taquaruçu Do Sul - RS. In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2015, Bento Gonçalves. Anais do 15º CBGEA, 2015.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais. Groundwater Management Advisory GW.MATE WB: Washington, 2006. 114p.

GOLDEN SOFTWARE. Surfer 8: User's guide. Colorado: Gonden Software, 2002. 640p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Mapeamento Topográfico. Brasília: IBGE, 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm>. Acesso em: 14 nov. 2014.

LANDIM, P. M. B. Introdução aos métodos de estimativa espacial para confecção de mapas. Rio Claro: DGA/IGCE/UNESP, 2000. 20p.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. Introdução a confecção de mapas pelo software surfer. Rio Claro: DGA/IGCE/UNESP, 2002. 29p.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: escala 1:750.000, relatório final. Porto Alegre, CPRM, 2005.

MARAU – RS, 2015. Pesquisa Geral. Disponível em: <http://www.pmmarau.com.br/marau/11/historia>. Acesso em: 07 dez. 2015.

PERALTA, E. A.; FRANCES, A. L.; RIBEIRO, L. F. Avaliação da vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e análise crítica das redes de monitorização no contexto da directiva quadro da água. In: VII SIMPÓSIO DE HIDRÁULIDA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 2005, Évora. Anais... Évora: ABRH, 2005.



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S. Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Águas Subterrâneas, São Paulo, v.27, p. 32 – 46. 2013.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F.; SAMPAIO, F. de M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n.4, p. 1167-1175, 2007.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – SEMA. Mapa das Bacias Hidrográficas e Municípios do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEMA, 2004.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DESCOWI FILHO, L. L. V.; LORENSI, R. P.; CRUZ, J. C.; ELTZ, F. L. Vulnerabilidade do Aquífero Serra Geral à contaminação no município de Erechim - Rio Grande Do Sul - Brasil. Ciência e Natura, v. 35, p. 10-23, 2013.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – SIAGAS. Pesquisa Geral. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php>. Acesso em: 14 nov. 2014.