

VULNERABILIDADE NATURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL COM USO DO MÉTODO *GOD*

T. Ertel*

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

C. A. Löbler**.

Graduando em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

J. L. Silvério da Silva***

*Professor, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
<http://www.ufsm.br/labhidrogeo>*

*Email: *tiago_ertel@hotmail.com; **carloslobler@gmail.com; ***silverioufsm@gmail.com*

RESUMO: Esta pesquisa faz parte do Projeto Integração dos instrumentos de Outorga, Enquadramento e Cobrança para a Gestão das águas subterrâneas. O objetivo desta pesquisa foi estudar as águas subterrâneas do município de Rosário do Sul, no Estado do Rio Grande do Sul, na borda da Bacia do Paraná e parte da zona de afloramentos do Sistema Aquífero Guarani (SAG). O qual constitui um aquífero poroso, intergranular, pertencente à Formação Pirambóia. Buscou-se estabelecer seus índices de vulnerabilidade natural à contaminação, utilizando-se o método (*GOD*) adaptado para as condições brasileiras. Elaborou-se um banco de dados hidrogeológicos relativos com 35 captações que continham todas as informações necessárias à aplicação do método (Grau de confinamento, Meio Aquífero e Profundidade do nível da água). Verificou-se a classe predominante na área do estudo (ZA) do SAG foi a Alta (com 40,00%), seguida de vulnerabilidade Média (com 28,57%), Baixa (14,29%), Extrema (14,29%) e Insignificante (2,85%).

Palavras-chave: Vulnerabilidade, SAG, *GOD*, Aquífero.

ABSTRACT: This research is part of integration award of instruments, and collection guidelines for the management of groundwater Project. The objective of this work was to study the groundwater of the city of Rosário do Sul, in Rio Grande do Sul state, southern Brazil on the edge of the Paraná Basin. It is part of the outcrops zone (ZA) Guarani Aquifer System (GAS). This aquifer is a porous, intergranular, unconfined belonging to Pirambóia Formation. Was estimated the aquifer pollution vulnerability index map using the *GOD* methodology adapted to Brazilian conditions. Were developed a database of 35 tubular wells associated with the hydrogeological characteristics of the overlying vadose zone necessary to use. Was considered groundwater hydraulic confinement, overlying strata and the depth to groundwater table. The range of the vulnerability Index was High (40.00%), followed Moderate (28.57%), Low (14.29%), Extreme (14.29%) and Negligible (2.85%) from the total studied area.

Key-words: vulnerability, GAS, *GOD*, aquifer.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Constituição Federal (1988) estabelece em seu Art. 26 que a titularidade das águas superficiais e subterrâneas é competência dos estados.

O Decreto Estadual 42.047/2002 estabelece que a proteção das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul compete ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH) da Secretaria do Meio Ambiente.

Já o Código Estadual do meio ambiente, em seu Art. 134, estabelece que a escolha da localização de empreendimentos de qualquer natureza deve considerar prioritariamente a vulnerabilidade dos lençóis d'água.

A Lei Federal Nº 9.433/1997, Art. 1º, Inciso IV, estabelece que a bacia hidrográfica é a unidade de gestão.

No Estado do Rio Grande do Sul, a SEMA (2005) considerou três Regiões Hidrográficas (G-Guaíba); (L-Litorânea) e (U-Uruguai).

O município de Rosário do Sul juntamente com os municípios de Santana do Livramento, Cacequi, Dom Pedrito, Lavras do Sul e São Gabriel formam a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria/BHRSM (U-70) pertencente a Região Hidrográfica do Uruguai (SEMA, 2005).

A área em estudo faz parte da borda da Bacia Sedimentar do Paraná que tem continuidade no Uruguai, na Argentina e no Paraguai.

A sequência de rochas sedimentares com cerca de 130 a 250 milhões de anos constitui as camadas denominadas de Sistema Aquífero Guarani/SAG. O SAG ocorre em parte de oito estados brasileiros (correspondendo a 71% do SAG): Goiás (55.000 km²), Mato Grosso (26.400 km²), Mato Grosso do Sul (213.200 km²), Minas Gerais (51.300 km²),

Paraná (131.300 km²), Rio Grande do Sul (157.600 km²), Santa Catarina (49.200 km²), São Paulo (155.800 km²), e é transfronteiriço com o Uruguai (45.000 km²), Argentina (225.500 km²) e Paraguai (71.700 km²) (OEA/PSAG/PEA, 2009).

Assim a BHRSM, com uma área de 15.797,300 km² (ASUB/UFCEG/UFAL/UFMS, 2009) é transfronteiriça tendo continuidade com o Uruguai, onde ocorrem os arenitos da Formação Tacuarembó. Desta maneira os arenitos pertencentes a zona de afloramento, ocorrem em uma escala superior ao da BHRSM, correspondendo a cerca de 36% da bacia (DESCOVI FILHO, 2009).

O município de Rosário do Sul constitui uma Zona de Afloramento (ZA) do SAG (OEA/PSAG/PEA, 2009) onde ocorrem rochas sedimentares arenosas a silto-argilosas pertencentes a Formação Rosário do Sul/Pirambóia (CPRM, 2008). Ainda ocorrem afloramentos penetrados por cinco poços tubulares com folhelhos da Formação Irati (pré-SAG) (CPRM/SIAGAS, 2012).

Desta forma devido às dimensões elevadas da BHRSM este estudo de vulnerabilidade do aquífero à contaminação será executado na escala de município. Estudos de vulnerabilidade em escala da bacia foram executados por Pavão (2004), Descovi Filho (2009), Descovi Filho *et al.* (2010), Dambrós *et al.* (2011) e Silvério da Silva; Dambrós (2012).

Na área urbana de Rosário do Sul foram cadastrados 7 postos de combustíveis (sendo um pertencente a zona rural), 2 cemitérios, 1 ponto de lavagem de veículos automotores e 1 aviação agrícola (lavagem de agrotóxicos), ilustrado no cartograma de vulnerabilidade.

A Resolução nº15, Art. 1º do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, define água subterrânea como

água que ocorre naturalmente ou artificialmente no subsolo.

Segundo Foster *et al.* (2006) “a maior parte da água subterrânea se origina a partir do excesso de chuva que se infiltra na superfície do solo.”

Até a década de 70, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação pelas camadas de solo e rochas. Entretanto, a partir de então, passaram a ser detectados traços da presença de contaminantes em águas subterrâneas, e diversos estudos têm sido conduzidos no sentido de avaliar a sua segurança. Atualmente sabe-se que vários fatores podem comprometer sua qualidade. (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Ainda segundo os autores “as atividades que se desenvolvem na superfície podem ameaçar a qualidade da água”. Com isso torna-se importante conhecer os aspectos da geologia do local do empreendimento potencialmente poluidor, observando-se a capacidade de infiltração proporcionada pelos materiais que compõem os solos. Quanto maior a capacidade de infiltração da água, maior será o perigo de contaminação das águas subterrâneas. Assim, terrenos de composição arenosa apresentam uma maior relação entre porosidade e permeabilidade, sendo mais suscetíveis ao fluxo de contaminantes. Já os terrenos argilosos, por sua vez, dificultam o fluxo de fluidos, sejam eles contaminantes ou não.

No município de Rosário do Sul, nota-se a presença de alguns riscos potenciais, tais como:

1. Esgotos parcialmente coletados e não tratados;
2. Poços de combustíveis que contam com reservatórios subterrâneos, podendo alterar a qualidade da água com contaminantes provenientes

de combustíveis em geral (BTEX, HTP). Para a regulamentação deste empreendimento existe a Resolução n° 273/2000 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços, e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição;

3. Os cemitérios, regulamentados nas resoluções Conama n° 368/2006 do CONAMA;

4. Lavagens de veículos automotores;

5. Usos da aviação agrícola.

O método *GOD*, Foster *et al.* (2006), foi desenvolvido para avaliar as condições naturais de atenuação de contaminantes e é amplamente utilizado para as condições brasileiras, pois seu uso é simplificado e necessita de apenas três parâmetros. Sabe-se da existência de vários outros métodos de avaliação da vulnerabilidade tais como Drastic, Aller *et al.* (1987) e Aquifer Vulnerability Index (AVI) Stempvoort *et al.* (1992).

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Rosário do Sul localiza-se no Sudoeste do Rio Grande do Sul, sob as coordenadas geográficas - 30°15' latitude sul e 55°55' longitude oeste Greenwich, situada a 355 km da capital do estado. A população do município, segundo o CENSO 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), era de 39.707 habitantes.

O município pertence à Microrregião Campanha Central e à Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense, na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (U-70) (SEMA, 2005). A área municipal é de 4.369,669 km², representando 1,6251% do estado do Rio Grande do Sul.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve início com a formatação de um banco de dados de captações cadastradas no município (buscados no sítio da *web* do CPRM, SIAGAS). Dos 101 poços cadastrados, 35 foram selecionados para a pesquisa por possuírem todas as informações necessárias para análise através do método *GOD*.

Foster *et al.* (2006) caracterizam a vulnerabilidade do aquífero à contaminação:

1. Tipo de ocorrência da água subterrânea (G), onde os valores são obtidos em um intervalo de 0 a 1.

2. Classificação dos estratos acima da zona saturada do aquífero em termos do grau de consolidação e caráter litológico (O), esta propriedade conduzirá a um segundo ponto na escala de 0,3 a 1,0.

3. Determinação da profundidade do nível freático (D), que definirá o terceiro ponto, no intervalo de 0,4 a 1,0.



Figura 1: Sistema *GOD* para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação

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

Ao ocorrer mais de um estrato litológico no perfil de determinada captação, calculou-se o percentual de cada formação e estimou-se seu valor no intervalo.

Após a pontuação das três etapas é feito o produto dos valores obtendo-se a(s) classe(s) de vulnerabilidade da qual pertence as águas. Esta vulnerabilidade pode ser: Desprezível (0 a 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 1,0) (Figura. 1).

Com a utilização dos programas ArcGIS 9.3, CorelDRAW X5, Surfer 8.0 e com as coordenadas dos poços (sistemas de coordenadas UTM/SAD69 e Datum vertical com referência no Porto de Ibituba SC), obtêm-se resultados que são espacializados em forma de cartogramas, tornando possível a visualização das áreas de maior e menor risco à contaminação e também mostrando a tendência de direção do fluxo subterrâneo da água.

4 RESULTADOS PRELIMINARES

Observando-se o cartograma (Figura. 2) de índice de vulnerabilidade do aquífero à contaminação, nota-se que a classe predominante na área do estudo (ZA) do SAG foi a Alta (com 40%), seguida de vulnerabilidade Média (com 28,57%), Baixa (14,29%), Extrema (14,29%) e Insignificante (2,85%).

Os principais pontos de contaminação estão localizados na área urbana e expansão urbana onde foi construída a Estação de Tratamento de esgotos.

O curso principal do Rio Santa Maria, onde é praticado no período de verão (Novembro-Março) o cultivo de arroz irrigado com uso de Agrotóxicos, inseriu na classe Média de vulnerabilidade. Já no encontro com o Rio Ibicuí da Armada, recebe parte dos esgotos “in natura” na classe Alta, passando a Extrema.

O Rio Ibicuí da Armada onde também ocorre cultivo de arroz dá-se então, nas classes Alta e Média.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL/SENADO/LEGISLAÇÃO.

Leis

constitucionais

Art.24<http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf. Acesso em 16 de maio de 2012.

BRASIL/SEMAS/CAGE **Secretaria do Meio Ambiente** - DECRETO Nº 42.047, DE 26 DE DEZEMBRO DE 2002

<<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=106552&inpCodDispositivo=&inpDsKeywords=10350>> Acesso em 16 de maio de 2012.

BRASIL/CPRM/SIAGAS **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** - Banco de dados dos poços cadastrados em Rosário do Sul, disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php> acesso em 25 de abril de 2012.

BRASIL/MMA/CONAMA - **Conselho Nacional de Meio Ambiente** - licenciamento ambiental de cemitérios, disponível em

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>> acesso em 25 de abril de 2012.

BRASIL/MMA/CONAMA - **Conselho Nacional de Meio Ambiente** - controle da poluição em postos de combustíveis, disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=271> acesso em 20 de abril de 2012.

BRASIL/CNRH – **Conselho Nacional de Recursos Hídricos** – Resolução Nº15, 11 de janeiro de 2001 http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14 acessado em 20 de maio de 2012

Foster, S; Hirata, R; Gomes, D; D'Elia, M; Paris, M. 2006. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** São Paulo, Servemar..

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

PAVÃO, A. D. M., 2004. **Avaliação do Índice de Vulnerabilidade na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria.

DESCOVI FILHO, L. L. V., 2009. **Subsídios ambientais para a gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria-RS.** Dissertação (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia, UFSM.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DAMBRÓS, C., 2012. **Recarga e flutuação do nível da água subterrânea em sub-bacias com floresta e campo nativo.** XI Congresso Latinoamericano de Hidrogeologia.

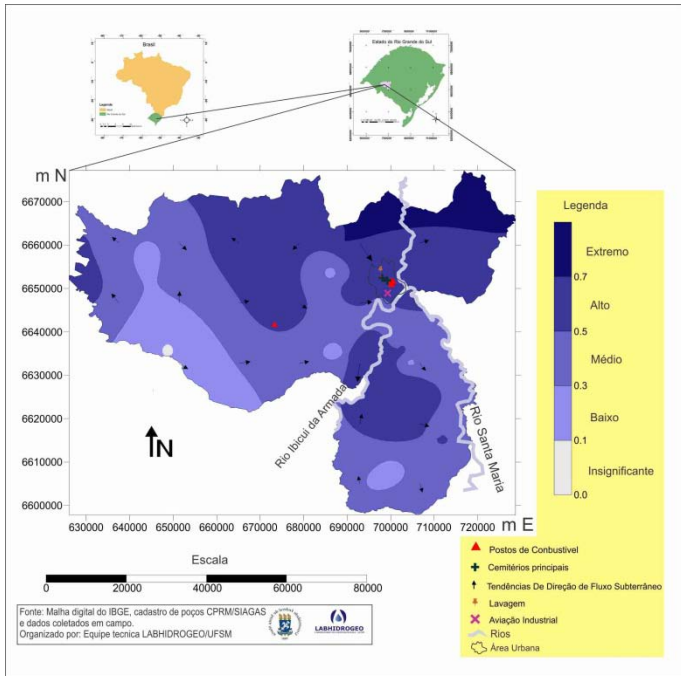


Figura 2: Localização e espacialização da vulnerabilidade das águas subterrâneas do município de Rosário do Sul RS

Os vetores indicam a tendência de direção de fluxo subterrâneo ou superfície potenciométrica calculada entre a cota na “boca” do poço e o nível da água. Observa-se indicações de contribuição do aquífero na perenização dos cursos de água (Rio Santa Maria e Rio Ibicuí da Armada). Condição de rio efluente recebendo água do aquífero (SAG).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do cadastro de poços pode-se observar na aplicação do método *GOD* que na (ZA) do SAG em Rosário do Sul ocorrem classes de vulnerabilidade predominantes entre Baixa, Média e Alta.

Deve-se executar estudos físico-químicos e bacteriológicos para avaliação das classes de enquadramento do aquífero na zona urbana.

A execução desta técnica é relativamente fácil quando comparada a outros métodos de avaliação de vulnerabilidade de aquíferos. Estes estudos buscaram a interação rio-aquífero.

Agradecimentos a FINEP e ao CNPq/CT/HIDRO pelo apoio financeiro.