



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ-MIRIM: USO DA METODOLOGIA GOD

Pedro Daniel da Cunha Kemerich<sup>1</sup>; Sergio Roberto Martins<sup>2</sup>; Masato Kobiyama<sup>3</sup>; Régis Lopes da Silveira<sup>4</sup>; Leônidas Descovi Filho<sup>5</sup>; Alencar Rizzardi<sup>6</sup>; Willian Fernando de Borba<sup>7</sup>

### RESUMO

Existem ainda muitas dúvidas sobre a vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação, bem como o risco para a saúde da população vizinha e as restrições e cuidados que podem ser exigidos. Faz-se necessário estudar todos os aspectos, identificar os que apresentam riscos e que exigem cuidados técnicos e científicos na sua implantação e operação. Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de determinar a vulnerabilidade natural à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim. Para a determinação da vulnerabilidade foi utilizada a metodologia “GOD” (G – groundwater confinement; O – overlayng strata; D – depht to groundwater table), elaborada por Foster *et al.*, (2006). A vulnerabilidade variou de insignificante a extrema. Nas águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim, foi possível observar que existem áreas com vulnerabilidade extrema, em função dos níveis estáticos próximos a superfície incluindo surgências em alguns casos, e das formações geológicas com alta permeabilidade (Formação Serra Geral, Aluvião e Terraços Fluviais). Para essas áreas deve ser dada atenção especial, não permitindo ou restringindo-se o uso destinado a atividades com potencial poluidor considerável. Também ficaram evidenciadas as áreas de menor vulnerabilidade, que ocorrem principalmente nas formações geológicas com características físicas que não permitem a transmissão de possíveis contaminantes, e onde a água subterrânea se encontra a grandes profundidades, áreas essas passíveis de receberem atividades com maior potencial poluidor.

**Palavras-chave:** formações geológicas; contaminantes; potencial poluidor; vulnerabilidade extrema.

### ABSTRACT

#### NATURAL VULNERABILITY TO CONTAMINATION OF THE UNDERGROUND WATER IN THE VACACAÍ-MIRIM RIVER'S BASIN: USE OF THE GOD METHODOLOGY

There are still many questions about the vulnerability of aquifers to contamination, as well as the risk to the health of the surrounding population and the restrictions and precautions that may be required. It is necessary to study all aspects, identify those with risk and require care in their scientific and technical implementation and operation. This work was developed with the main objective of determining the natural vulnerability to contamination of groundwater resources in the Vacacaí-Mirim River's basin. To determine the vulnerability the methodology "GOD" (G - groundwater confinement; O - overlayng strata D - depht to groundwater table), designed by Foster *et al.* (2006). The vulnerability ranged from negligible to extreme. In the Groundwater of the Vacacaí-Mirim River's basin, it was observed that there are areas of extreme vulnerability, in terms of static levels near the surface including resurgences in some cases, and geological formations with high permeability (Serra Geral Formation, and Alluvium River terraces). For these areas should be given special attention, not allowing or restricting the use intended for activities with significant polluting potential. Were also highlighted areas of lower vulnerability, which occur mainly in geological formations with physical characteristics that do not allow the transmission of potential contaminants, and where groundwater is at great depths, these areas likely to receive activities with the greatest potential polluter.

**Keywords:** Geological formations; contaminants; pollution potential; extreme vulnerability.

---

Trabalho recebido em 18/02/2012 e aceito para publicação em 18/04/2013.

---

<sup>1</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA/UFSC. e-mail: eng.kemerich@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA/UFSC. e-mail: sergio@ens.ufsc.br

<sup>3</sup>Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA/UFSC. e-mail: kobiyama@ens.ufsc.br

<sup>4</sup>Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – UFSM. e-mail: rleandrotcl@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFSC. e-mail: leonidasfilho2000@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – UFSM. e-mail: alencarrizzardi@hotmail.com

<sup>7</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UFSM/CESNORS. e-mail: borba\_willian@hotmail.com.

## 1. INTRODUÇÃO

O termo vulnerabilidade referindo-se a contaminação da água subterrânea, foi introduzido pelo Hidrogeólogo Frances J. Margat, no final da década de 60 (Margat, 1968), baseado no feito real de que, de certo modo, o meio físico protege o aquífero de contaminantes que podem infiltrar da superfície (Ribeira, 2004).

A vulnerabilidade natural ou intrínseca nos aquíferos pode ser definida, conforme Ribeira (2004) como uma série de atributos ou características do mesmo que são o solo, a zona não saturada, os parâmetros hidráulicos do aquífero e a recarga, que controlam a aptidão do aquífero para fazer frente a um impacto indeterminado e sua capacidade de auto-restauração.

Ribeira (2004) comenta que em hidrologia subterrânea a vulnerabilidade pode consistir na subdivisão em dois termos: vulnerabilidade natural e vulnerabilidade específica. Esse mesmo autor define a vulnerabilidade natural ou intrínseca dos aquíferos como a soma de uma série de atributos ou características dos mesmos que são: o solo, a zona não saturada, os parâmetros hidráulicos do aquífero e a recarga que controlam a aptidão do mesmo para tomar frente a um impacto indeterminado e sua capacidade de auto-recuperação. Os mesmos autores

definem a vulnerabilidade específica como a aptidão do aquífero para fazer frente a um tipo de contaminante/ impacto concretamente, dentro de um contexto conjuntural (sócio econômico) específico. A diferença que no caso anterior, os parâmetros que medem esta vulnerabilidade estão também definidos pelo impacto.

Uma caracterização aproximada da idéia de risco de poluição das águas subterrâneas consiste na associação e interação da vulnerabilidade natural do aquífero com a carga poluidora aplicada no solo ou em subsuperfície. Isso significa que se pode ter uma situação de alta vulnerabilidade, porém, sem risco de contaminação se não existir carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada; mas o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca.

A vulnerabilidade significa a maior suscetibilidade de um aquífero de ser adversamente afetado por uma carga contaminante imposta. Os autores complementam: “É um conceito inverso da capacidade de assimilação de contaminantes de um corpo receptor de água superficial, com a diferença de que os aquíferos possuem uma cobertura de substratos que proporciona maior proteção” (Foster & Hirata, 1993).

É importante lembrar que se existir um aquífero com elevada vulnerabilidade, não significa que este já esteja contaminado, mas sim que esta área é de risco. Sua contaminação ou não vai depender das atividades antrópicas que estão sobre ele localizadas, ou seja, ele pode ser altamente vulnerável, mas não correr nenhum risco de ser contaminado por estar localizado numa área distante de fontes contaminantes, principalmente da presença humana, tais como lixões, cemitérios, distritos industriais entre outros.

Os componentes da vulnerabilidade de um aquífero não são diretamente mensuráveis, mas sim, determinados por meio de combinações de outros fatores. Além disso, dados referentes a vários fatores não podem ser facilmente estimados ou não estão disponíveis, o que obrigam na prática, uma simplificação no número de parâmetros requeridos.

O método “GOD” foi desenvolvido por Foster (1987) e aprimorado para as condições brasileiras por Foster & Hirata (1993) e Foster *et al.* (2003). Baseia-se em informações pré-existentes e necessita-se de apenas três níveis de parâmetros; os relativos ao grau de confinamento hidráulico do aquífero, do tipo ou tipos litológicos penetrados pelo poço e da profundidade da água subterrânea. Portanto é um método que apresenta relativa

facilidade de execução, bastando apenas que se tenham informações pré-existentes, que se faça uma avaliação da consistência das informações, ou que estes dados sejam buscados em cada poço.

Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de determinar a vulnerabilidade natural à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área em estudo

A bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim está localizada na parte central do Estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes de 29° 36' 55”S e 29° 39' 50”S e longitudes de 53° 46' 30”W e 53° 49' 29”W, abrangendo uma área total de 1145,7 Km<sup>2</sup> (CASAGRANDE, 2004). Está inserida em três grandes compartimentos geomorfológicos, com características morfológicas e geológicas distintas: Região do Planalto, do Rebordo do Planalto e da Depressão Central ou Periférica. Na Região do Planalto é onde se localizam suas nascentes, à altitude entre 300 m e 480 m, a qual é formada pelos eventos vulcânicos Jura-cretáceos que cobriram a Bacia Sedimentar do Paraná, ocorrido no Mesozóico, com a presença de basaltos e arenitos “intertraps”. A região é

caracterizada pela presença de um relevo ondulado e suavemente ondulado, resultante do trabalho de dissecação fluvial na superfície do Planalto. A drenagem tem padrão dendrítico, com vales em V ou de fundo plano.

A área do Rebordo do Planalto localiza-se na transição entre o Planalto e a Depressão Central. A sua topografia caracteriza-se por ser formada por escarpas abruptas, drenagem fluindo no sentido da Depressão Central e padrão dendrítico, com presença marcante de vales em V. A área da Depressão Central ou Periférica é constituída por rochas sedimentares da bacia hidrográfica do rio Paraná, que datam do Paleozóico e Mesozóico (Triássico), encobertas, localmente, por sedimentos cenozóicos e recentes (planícies aluviais). Na região da Depressão Central a topografia é mais ou menos plana e suavemente ondulada, com morros de forma arredondada (Casagrande, 2004).

O clima, na área da bacia hidrográfica, pela classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e os solos predominantes, de acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), são, na Região do Planalto os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Alumínicos, em alguns locais associado aos

NEOSSOLOS LITÓLICOS, Eutróficos; na Região do Rebordo do Planalto os NEOSSOLOS LITÓLICOS, ocorrendo também CHERNOSSOLOS ARGILÚVICOS e; na Depressão Central, os PLANOSSOLOS e os CHERNOSSOLOS ARGILÚVICOS (Casagrande, 2004). A vegetação natural, na área de Planalto e do Rebordo do Planalto, é constituída, predominantemente, por floresta do tipo subtropical e na Depressão Central ou Periférica de campos de pastagem natural. Em meio aos campos, é comum a presença de capões isolados de mata de pequeno e grande porte (SEPLAN, 1986).

## 2.2 Delimitação da bacia

Para a determinação dos limites da área da bacia hidrográfica, foram digitalizadas, através de um scanner, as cartas topológicas do exército de Val de Serra, Santa Maria, Camobi, Faxinal do Soturno, Arroio do Só, Restinga Seca e Jacuí, todas na escala 1:50.000. Após scaneadas, foi feito o mosaico das cartas utilizando o programa computacional Adobe Photoshop. Utilizando o software Spring 4.3, e seus aplicativos derivados, as mesmas foram georreferenciadas e suas curvas de nível vetorizadas. Após a vetorização das curvas de nível, o arquivo foi exportado para a utilização no software

Surfer 8.0, possibilitando a geração do MDT (modelo digital do terreno). Com o software AutoCad Civil 3D, foi importada a topografia do terreno disponível no software Google Earth, e a partir daí gerada a grade de fluxo de escoamento. O MDT, associado à grade de fluxo, permitem a delimitação da área da bacia hidrográfica.

### 2.3 Cadastramento dos poços e montagem do banco de dados

Para o cadastramento e obtenção de informações dos poços, foram utilizadas as informações disponibilizadas na página eletrônica

<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/> que possui um cadastro de usuários de poços subterrâneos - SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas).

Desse modo, foi elaborado um banco de dados, com o uso do programa Excel 2007, constando as seguintes informações: o código do poço, município, latitude e longitude (no Sistema de Coordenadas Geográficas e Sistema Universal Transversa de Mercator-UTM), nível estático.

### 2.4 Determinação da Vulnerabilidade do aquífero à contaminação

A metodologia “GOD” (G – groundwater hydraulic confinement; O – overlaying strata; D – depth to groundwater table), elaborada por Foster *et al.* (2006), correspondente a: G – Grau de confinamento hidráulico da água subterrânea/aquífero; O – Ocorrência de extratos de cobertura; D – Distância/Profundidade até o lençol freático, foi a metodologia utilizada para a definição dos índices de vulnerabilidade das diferentes áreas. A estimativa do índice de vulnerabilidade “GOD” seguiu as etapas ilustradas conforme a Figura 1.

Inicialmente identificou-se o grau de confinamento hidráulico do aquífero, atribuindo-lhe um índice entre 0,0 a 1,0. Foram considerados confinados obtendo nota 0,2, e aqueles semi-confinados nota 0,4.

Especificaram-se as características do substrato que recobre a zona saturada do aquífero em termos de: (a) grau de consolidação e (b) litologia, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,4 a 1,0.

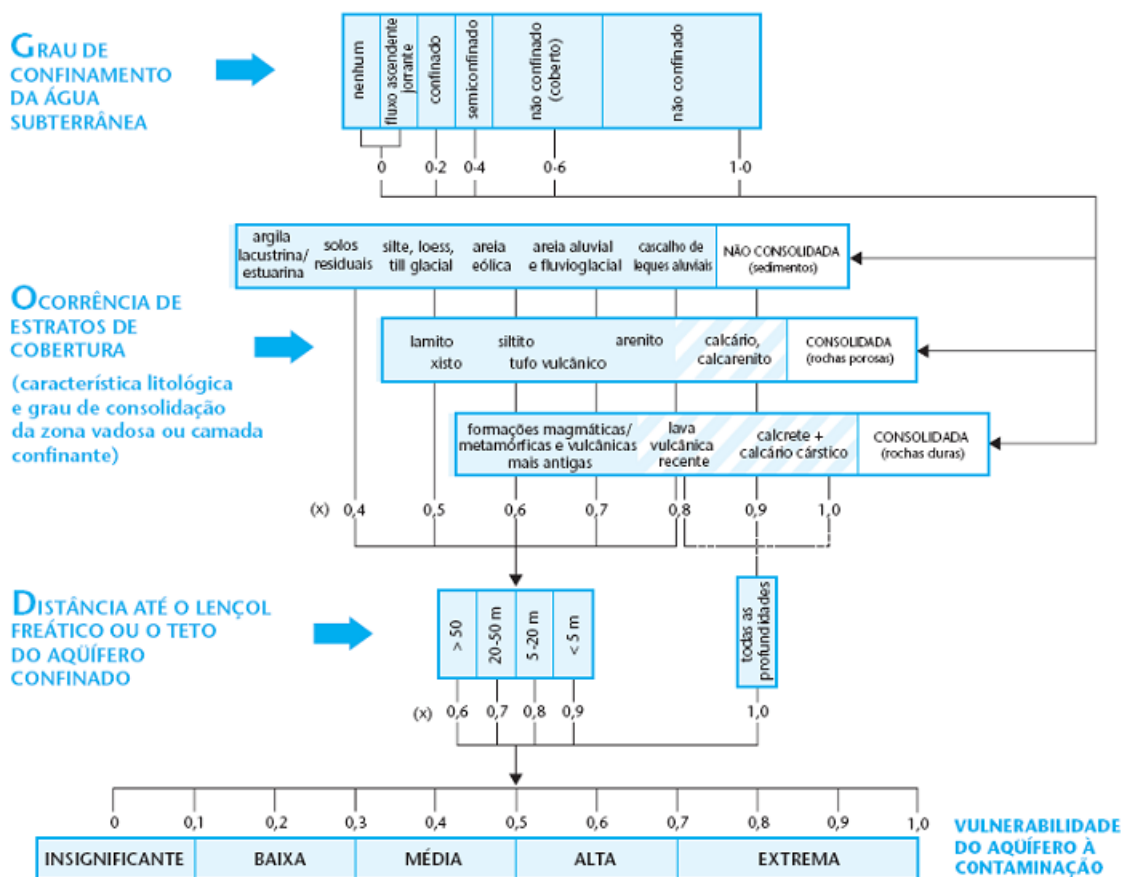


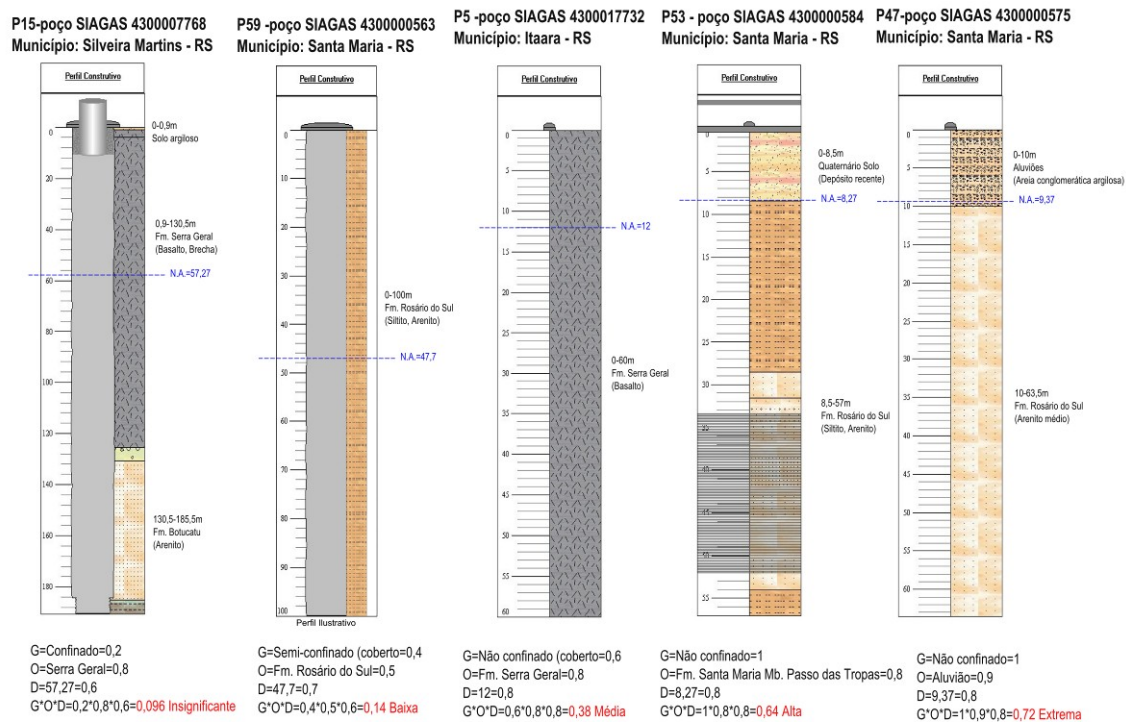
Figura 1. Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero Foster et al. (2006).

Considerou-se distância ou profundidade ao nível da água (em aquíferos não confinados) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,6 a 1,0.

O índice final integrado da avaliação de vulnerabilidade do aquífero à contaminação “GOD” é o produto dos valores obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (insignificante) até 1,0 (extrema).

A Figura 2 ilustra exemplos dos cálculos para diferentes índices de

vulnerabilidade do aquífero a contaminação através do método GOD referente às captações em estudo. Sendo P15 correspondente ao poço SIAGAS número 4300007768 apresentou vulnerabilidade insignificante (nota GOD = 0,096), por outro lado, o P47 corresponde ao poço SIAGAS número 4300000575 obteve índice de vulnerabilidade extrema, com nota GOD = 0,72.



**Figura 2.** Exemplos de aplicação do Sistema GOD Foster *et al.* (2006) em poços com diferentes índices de vulnerabilidades.

Para espacialização dos dados e construção dos mapas de vulnerabilidade em coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) foi utilizado o programa Surfer 9. Utilizou-se o Datum Horizontal SAD-69 e Datum Vertical o Porto de Imbituba-SC, inseridos no fuso 22 que apresenta como meridiano central  $51^\circ$  a oeste de Greenwich. Utilizou-se a krigagem como método de interpolação matemática, que melhor ajustou-se aos dados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

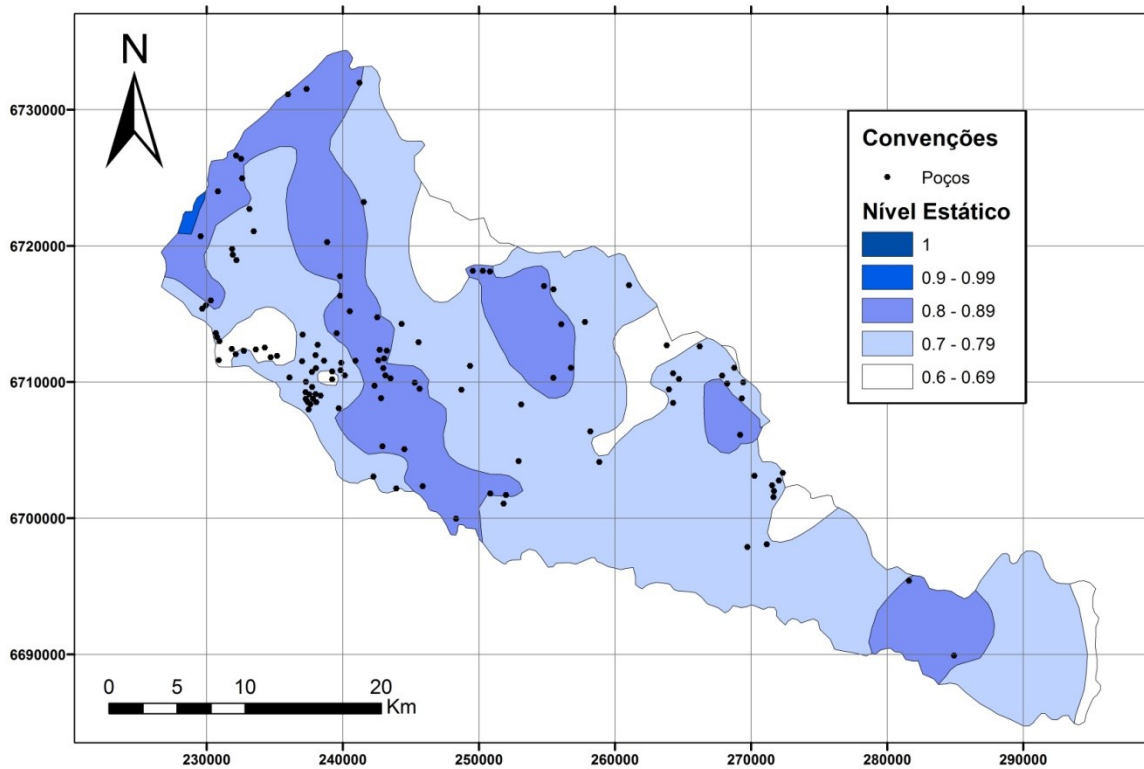
#### 3.1 Nível estático

Os menores níveis estáticos estão sobre o afloramento da Formação Passo

das Tropas, a sudoeste da bacia hidrográfica, em alguns locais da Formação Serra Geral ao noroeste, nas Formações Aluviais, principalmente na planície logo após a encosta e na parte sudeste próximo ao exutório, e nas partes mais declivosas próximo ao município de São João do Polêsine. As maiores profundidades do nível estático estão sobre a Formação Serra Geral a nordeste da bacia e, principalmente, sobre os afloramentos da Formação Santa Maria Membro Alemoa, nas proximidades da zona urbana de Santa Maria a oeste da bacia, e na parte central da bacia hidrográfica. O nível estático variou entre 0 a 87 m com média  $19,95 \pm 18,07$  m, sendo que dessa forma

assumiram valores de D variando de 0,6 a 0,9 com média de  $0,77 \pm 0,08$  conforme

ilustrado na figura 3.



**Figura 3.** Variação do índice nível estático na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

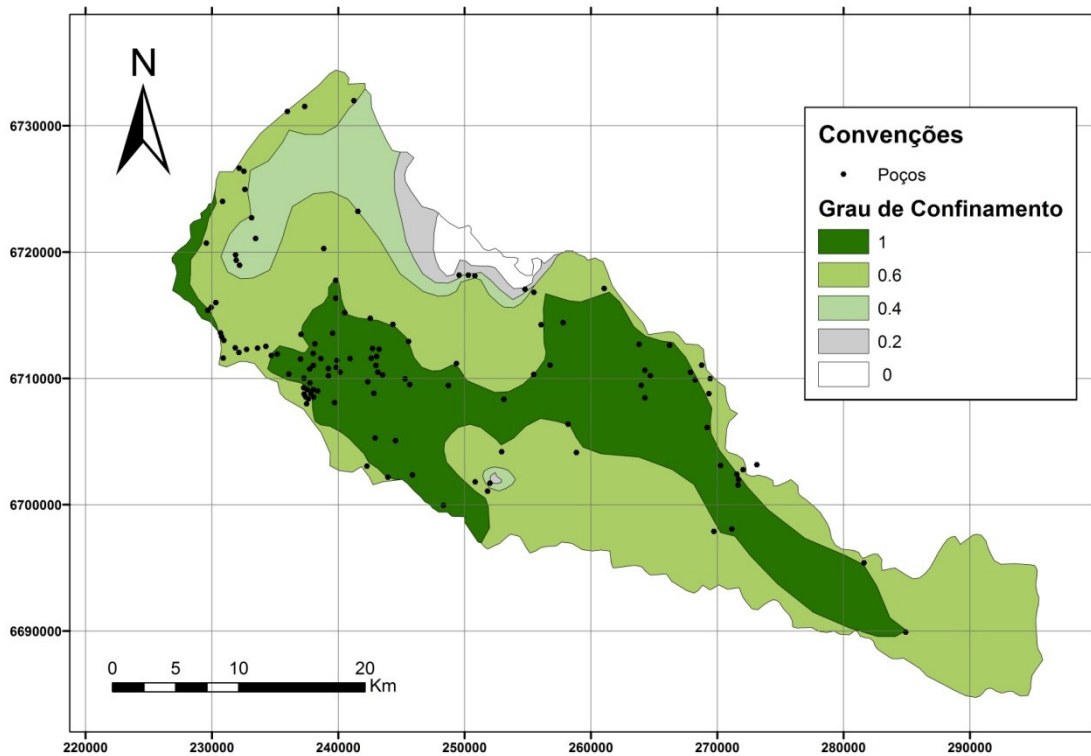
confinado (nota  $G = 0.4$ ), confinado (nota  $G = 0.2$ ) e surgência (nota  $G = 0$ ).

### 3.2 Grau de confinamento da água subterrânea

O grau de confinamento do aquífero na Bacia Hidrográfica apresentou-se como não confinado (nota  $G = 1$ ), não confinado coberto (nota  $G$  entre 0.6 e 1), semi-

Com base nos dados os valores do Grau de Confinamento variaram de 0 a 1, com média de  $0,91 \pm 0,23$ . A figura 4 ilustra as diferentes notas atribuídas a  $G$  na bacia hidrográfica.





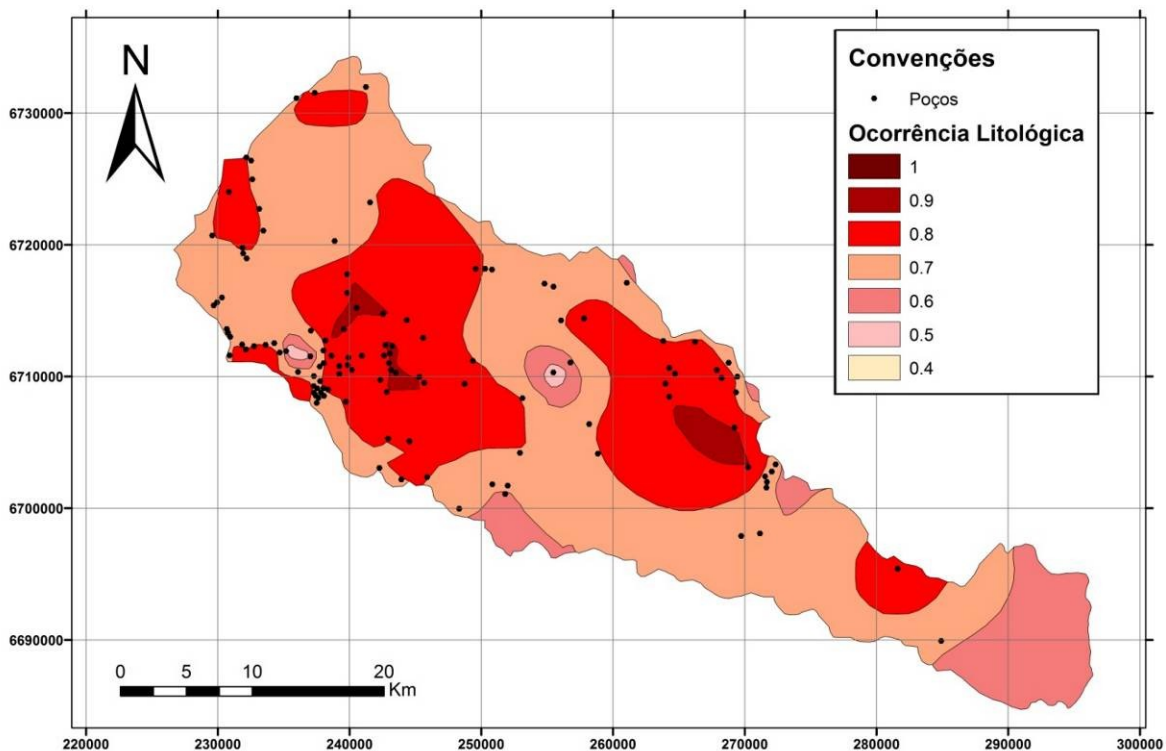
**Figura 4.** Variação do índice Grau de Confinamento do Aquífero na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

A partir do cartograma ilustrado na Figura 3 e com base no conhecimento geológico da área em questão observou-se uma forte correlação da variável (G=grau de confinamento hidráulico) com as áreas de ocorrência de rochas vulcânicas da Formação Geológica Serra Geral.

### 3.3 Ocorrência Litológica

As ocorrências litológicas

encontradas na Bacia Hidrográfica foram: Serra Geral (Nota O = 0,8), Aluvião (Nota O = 0,9), Terraços Fluviais (Nota O = 0,9), Passo das Tropas (Nota O = 0,8), Caturrita (Nota O = 0,7), Sanga do Cabral (Nota O = 0,7), Membro Alemoa (Nota O = 0,5). Considerando-se todas as ocorrências litológicas os valores variaram de 0 a 0,9 com média de  $0,79 \pm 0,10$ , conforme apresentado na figura 5.



**Figura 5.** Variação do índice ocorrência litológica na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

A Formação Serra Geral, encontra-se no mapa hidrogeológico da CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - (1995) subdividida entre os derrames ácidos compostos por riolitos e riodacitos com disjunção tabular e os derrames básicos, compostos por basaltos e andesitos toleíticos, que formam aquíferos locais restritos às zonas fraturadas e contatos interderrames.

Salienta-se que a Formação Botucatu e os Depósitos Aluvionares apresentam fator porosidade/permeabilidade elevado, o que se reflete em uma facilidade maior de circulação de contaminantes.

A Formação Sanga do Cabral, definida por Sommer & Scherer (2002), é constituída por rochas sedimentares de origem fluvial e aparece no extremo Sul da Bacia Hidrográfica, esta camada é permeável e possui aquífero livre e confinado.

A formação Membro Alemoa é praticamente impermeável, na parte superior apresenta-se impermeável enquanto os siltitos e arenitos argilosos da base caracterizam-se como semi-permeáveis.

### 3.4 Vulnerabilidade natural à

## contaminação dos recursos hídricos subterrâneos

O Índice de Vulnerabilidade na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim variou entre 0 e 0,81, sendo o valor médio de  $0,56 \pm 0,17$ , sendo que a vulnerabilidade variou de Insignificante a Extrema.

Sete fontes (7/121) foram consideradas pertencentes a áreas com vulnerabilidade insignificante, onde o índice GOD variou de 0 a 0,10, sendo que o Grau de confinamento (Confinado e Surgência) contribuíram para os baixos valores (Tabela 1).

**Tabela 1.** Fontes de captação de água com Classificação GOD considerada Insignificante.

Nº	Cadastro SIAGAS	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Grau de confinamento	G	Ocorrência Litológica	O	Nível da Água (m)	D	Índice GOD	Classe GOD
13	4300008468	Itaara	6719657	231745	Confinado	0.2	Serra Geral	0.8	87	0.6		
15	4300007768	Silveira Martins	6718357	250626	Confinado	0.2	Serra Geral	0.8	57.27	0.6	0.10	Insignificante
16	4300007769	Silveira Martins	6718131	249521	Confinado	0.2	Serra Geral	0.8	57	0.6	0.10	Insignificante
19	4300000766	Silveira Martins	6718000	249400	Confinado	0.2	Serra Geral	0.8	51	0.6	0.10	Insignificante
21	4300000762	Silveira Martins	6717900	250200	Confinado	0.2	Serra Geral	0.8	57.27	0.6	0.10	Insignificante
25	4300000726	S.J.do Polêsine	6717100	254800	Surgência	0	Serra Geral	0.8	0	0.9	0.00	Insignificante
111	4300000650	Santa Maria	6701800	252100	Surgência	0	Sanga do Cabral	0.7	0	0.9	0.00	Insignificante

Kemerich (2007) em estudo sobre vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro de Santa Maria – RS encontrou valores de vulnerabilidade aplicando a metodologia *GOD* variando entre média a alta. Vogel (2008) na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul na classe desprezível, encontrou 26 poços, 5 em Ivorá, 10 em Nova Palma, 3 em Pinhal Grande, 1 em Dona Francisca, 1 em Faxinal do Soturno, 2 em São João do Polêsine e 4 em Silveira Martins.

Todos os poços inseridos na classe de vulnerabilidade desprezível estão localizados em áreas da Formação Serra

Geral. Marion (2007) na cidade de Itaara – RS encontrou 4 poços com o índice de vulnerabilidade insignificante.

Kemerich (2010) em estudo sobre a vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea em áreas ocupadas por cemitérios no município de Santa Maria – RS, determinou a vulnerabilidade utilizando-se a metodologia *GOD*, sendo que esta variou entre insignificante e baixa.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim apenas quatro fontes (4/121) estão situadas em regiões com a vulnerabilidade considerada baixa, sendo que o Índice *GOD* variou entre 0,12 e 0,22, conforme demonstra a tabela 2.

Vogel (2008) na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul nas proximidades de Santa Maria, aplicando a metodologia GOD encontrou vulnerabilidade considerada baixa na área onde localizam-se 16 poços, 3 em Ivorá, 6 em Nova Palma, 1 em Pinhal

Grande e 6 em Silveira Martins. Esses poços estão localizados em áreas da Formação Serra Geral, formando aquíferos confinados, que impedem a infiltração de contaminantes. Marion (2007) na cidade de Itaara – RS encontrou 14 poços com vulnerabilidade baixa.

**Tabela 2.** Fontes de captação de água com Classificação GOD considerada Baixa.

Nº	Cadastro SIAGAS	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Grau de confinamento	G	Ocorrência Litológica	O	Nível da Água (m)	D	Índice GOD	Classe GOD
10	430000796	Santa Maria	6721000	233300	Semi-confinado	0.4	Serra Geral	0.8	43	0.7		
14	4300008464	Itaara	6718990	231961	Semi-confinado	0.4	Serra Geral	0.8	24.3	0.7	0.22	Baixa
52	430000586	Santa Maria	6711901	235100	Semi-confinado	0.4	Membro Alemoa	0.5	56.25	0.6	0.12	Baixa
59	430000563	Santa Maria	6711400	236800	Semi-confinado	0.4	Membro Alemoa	0.5	47.7	0.7	0.14	Baixa

Do total de 121 poços cadastrados, 23 tiveram a vulnerabilidade considerada média, uma vez que diversas fontes estão situadas em áreas onde o aquífero foi

considerado Não Confinado, recebendo nota  $G = 1$ , conforme demonstrado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Fontes de captação de água com Classificação GOD considerada Média.

Nº	Cadastro SIAGAS	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Grau de confinamento	G	Ocorrência Litológica	O	Nível da Água (m)	D	Índice GOD	Classe GOD
2	4300017733	Itaara	6731878	241140	Não Confinado (coberto)	0.6	Serra Geral	0.8	8	0.8	0.38	Média
3	4300008454	Itaara	6731209	235805	Não Confinado (coberto)	0.6	Serra Geral	0.8	6	0.8	0.38	Média
5	4300017732	Itaara	6726405	232430	Não Confinado (coberto)	0.6	Serra Geral	0.8	12	0.8	0.38	Média
6	4300008453	Itaara	6724931	232390	Não Confinado (coberto)	0.6	Serra Geral	0.8	12	0.8	0.38	Média
8	4300017731	Itaara	6723228	241528	Não Confinado (coberto)	0.6	Serra Geral	0.8	8	0.8	0.38	Média
9	430000772	Santa Maria	6722700	233000	Não Confinado (coberto)	0.6	Serra Geral	0.8	9	0.8	0.38	Média
27	430000728	S.J.do Polésine	6716800	255500	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	25	0.7	0.49	Média
30	430000654	Santa Maria	6715600	229700	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	28	0.7	0.49	Média
43	4300017137	Santa Maria	6712570	229403	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	80.8	0.6	0.48	Média
44	4300008871	Restinga Seca	6712543	263783	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	50.43	0.6	0.48	Média
45	430000557	Santa Maria	6712400	234200	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	59	0.6	0.48	Média
46	430000564	Santa Maria	6712400	233500	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	60	0.6	0.48	Média
48	430000583	Santa Maria	6712200	231700	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	50.45	0.6	0.48	Média
62	4300008865	Restinga Seca	6711092	268737	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	44	0.7	0.49	Média
70	430000569	Santa Maria	6710501	239100	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	58.8	0.6	0.48	Média
76	430000730	Santa Maria	6710200	255500	Não Confinado	1	Membro Alemoa	0.5	3	0.9	0.45	Média
79	4300008845	Restinga Seca	6709893	269378	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	26.24	0.7	0.49	Média
105	4300008855	Restinga Seca	6703242	272867	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	29	0.7	0.49	Média
108	4300008854	Restinga Seca	6702715	272188	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	24	0.7	0.49	Média

Nº	Cadastro SIAGAS	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Grau de confinamento	G	Ocorrência Litológica	O	Nível da Água (m)	D	Índice GOD	Classe GOD
113	4300008858	Restinga Seca	6701732	271649	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	30	0.7		
115	4300000652	Santa Maria	6701100	251900	Não Confinado	1	Sanga do Cabral	0.7	13	0.7	0.49	Média
117	4300008887	Restinga Seca	6698111	271108	Não Confinado	1	Sanga do Cabral	0.7	23.4	0.7	0.49	Média
118	4300008889	Restinga Seca	6697921	269703	Não Confinado	1	Sanga do Cabral	0.7	30	0.7	0.49	Média

Das 121 fontes cadastradas, 53 encontram-se em área considerada de alta vulnerabilidade natural a contaminação, com o Índice GOD variando entre 0,56 e 0,64, sendo que o aquífero foi considerado não confinado nas áreas de todas as fontes de captação (Tabela 4).

Vogel (2008) na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul, encontrou na classe média 8 poços, sendo 1 em Ivorá, 2 em Dona Francisca, 1 em Faxinal do Soturno e 4 em

São João do Polêsine. Esses poços estão localizados em áreas das formações geológicas Botucatu, Depósitos Aluvionares e Grupo Rosário do Sul. Na classe de vulnerabilidade alta em foram encontrados 16 poços sendo estes 5 em Ivorá, 7 em Faxinal do Soturno e 4 em São João do Polêsine.

**Tabela 4.** Fontes de captação de água com Classificação GOD considerada Alta.

Nº	Cadastro SIAGAS	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Grau de confinamento	G	Ocorrência Litológica	O	Nível da Água (m)	D	Índice GOD	Classe GOD
12	4300000712	Santa Maria	6720100	238700	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	0.2	0.9		
26	4300007671	S. J. do Polêsine	6717007	261108	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	12	0.8	0.63	Alta
29	4300000653	Santa Maria	6715900	230000	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	0.5	0.9	0.56	Alta
33	4300000729	S.J.do Polêsine	6714400	257800	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	30	0.7	0.63	Alta
36	4300000558	Santa Maria	6713400	236700	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	23.07	0.7	0.56	Alta
38	4300008869	Restinga Seca	6713060	266757	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	45	0.7	0.56	Alta
39	4300000717	Santa Maria	6712800	245400	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	32	0.7	0.56	Alta
40	4300000578	Santa Maria	6712700	229600	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	12	0.8	0.56	Alta
41	4300000629	Santa Maria	6712700	230700	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	29	0.7	0.56	Alta
50	4300000588	Santa Maria	6712100	232600	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	20	0.8	0.64	Alta
53	4300000584	Santa Maria	6711900	237800	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	8.27	0.8	0.64	Alta
54	4300000587	Santa Maria	6711700	234600	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	31.7	0.7	0.56	Alta
55	4300000626	Santa Maria	6711600	230600	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	22	0.7	0.56	Alta
56	4300000711	Santa Maria	6711500	240900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	10	0.8	0.64	Alta
57	4300000559	Santa Maria	6711400	238300	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	12.5	0.8	0.64	Alta
58	4300000562	Santa Maria	6711400	239900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	14.38	0.7	0.56	Alta
61	4300000560	Santa Maria	6711100	249209	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	40	0.7	0.56	Alta
63	4300008852	Restinga Seca	6710881	256733	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	12	0.8	0.56	Alta
64	4300000574	Santa Maria	6710800	237900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	36	0.7	0.56	Alta

Nº	Cadastro SIAGAS	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Grau de confinamento	G	Ocorrência Litológica	O	Nível da Água (m)	D	Índice GOD	Classe GOD
65	430000582	Santa Maria	6710800	237600	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	39.71	0.7		
66	4300001785	Santa Maria	6710675	239250	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	25.3	0.7	0.56	Alta
69	4300001784	Santa Maria	6710600	239275	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	25	0.7	0.56	Alta
71	4300000567	Santa Maria	6710500	239925	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	31	0.7	0.56	Alta
72	4300000581	Santa Maria	6710400	235900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	10	0.8	0.64	Alta
75	4300008850	Restinga Seca	6710263	264681	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	10	0.8	0.64	Alta
78	4300000603	Santa Maria	6709900	237100	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	14	0.8	0.64	Alta
81	4300001253	Santa Maria	6709800	237425	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	9.1	0.8	0.64	Alta
84	4300001252	Santa Maria	6709450	237350	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	17.54	0.8	0.64	Alta
85	4300008851	Restinga Seca	6709431	264048	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	18	0.7	0.63	Alta
87	4300000556	Santa Maria	6709200	237100	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	40	0.7	0.56	Alta
88	4300001254	Santa Maria	6709125	237500	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	9	0.8	0.64	Alta
89	4300000601	Santa Maria	6709050	238025	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	17	0.8	0.64	Alta
90	4300000602	Santa Maria	6709000	237400	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	8	0.8	0.64	Alta
92	4300008844	Restinga Seca	6708627	269346	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	11	0.8	0.56	Alta
93	4300001037	Santa Maria	6708500	237600	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	12	0.8	0.64	Alta
94	4300008848	Restinga Seca	6708430	264278	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	27	0.7	0.63	Alta
95	4300000719	Santa Maria	6708400	253000	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	35	0.7	0.56	Alta
96	4300000577	Santa Maria	6708300	236700	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	21	0.7	0.56	Alta
97	4300000608	Santa Maria	6708100	239600	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	5.3	0.8	0.64	Alta
98	4300000688	Restinga Seca	6706400	258200	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	44	0.7	0.56	Alta
101	4300000731	Santa Maria	6705400	242900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	14.7	0.8	0.64	Alta
102	4300000683	Santa Maria	6705100	244500	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	12	0.8	0.64	Alta
103	4300000741	Restinga Seca	6704300	258900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	35	0.7	0.56	Alta
104	4300000648	Santa Maria	6704200	252900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	22	0.7	0.56	Alta
107	4300000676	Santa Maria	6703100	242200	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	9.6	0.8	0.64	Alta
109	4300008853	Restinga Seca	6702535	271652	Não Confinado	1	Caturrita	0.7	17.63	0.8	0.56	Alta
110	4300000679	Santa Maria	6702200	243900	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	19.6	0.8	0.64	Alta
112	4300000651	Santa Maria	6701800	250800	Não Confinado	1	Sanga do Cabral	0.7	10.4	0.8	0.56	Alta
114	4300000674	Santa Maria	6701500	245600	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	13	0.8	0.64	Alta
116	4300000671	Santa Maria	6699100	248000	Não Confinado	1	Sanga do Cabral	0.7	0.5	0.9	0.63	Alta
120	4300008879	Restinga Seca	6690105	284795	Não Confinado	1	Sanga do Cabral	0.7	1	0.9	0.63	Alta
121	4300008881	Restinga Seca	6689798	284952	Não Confinado	1	Sanga do Cabral	0.7	7.37	0.8	0.56	Alta

Na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim 35 das 121 fontes foram consideradas localizadas em áreas de vulnerabilidade extrema. O índice GOD variou entre 0,72 e 0,81 com média de  $0,73 \pm 0,03$ , conforme pode ser visualizado na tabela 5. Dentre os fatores que contribuíram para a vulnerabilidade ser

considerada extrema estão o grau de confinamento da água subterrânea, nas áreas onde localizam-se todos os poços foi considerada não confinada e o nível da água que se apresentou próximo a superfície em todos os poços, o que facilita a entrada de contaminantes caso estes

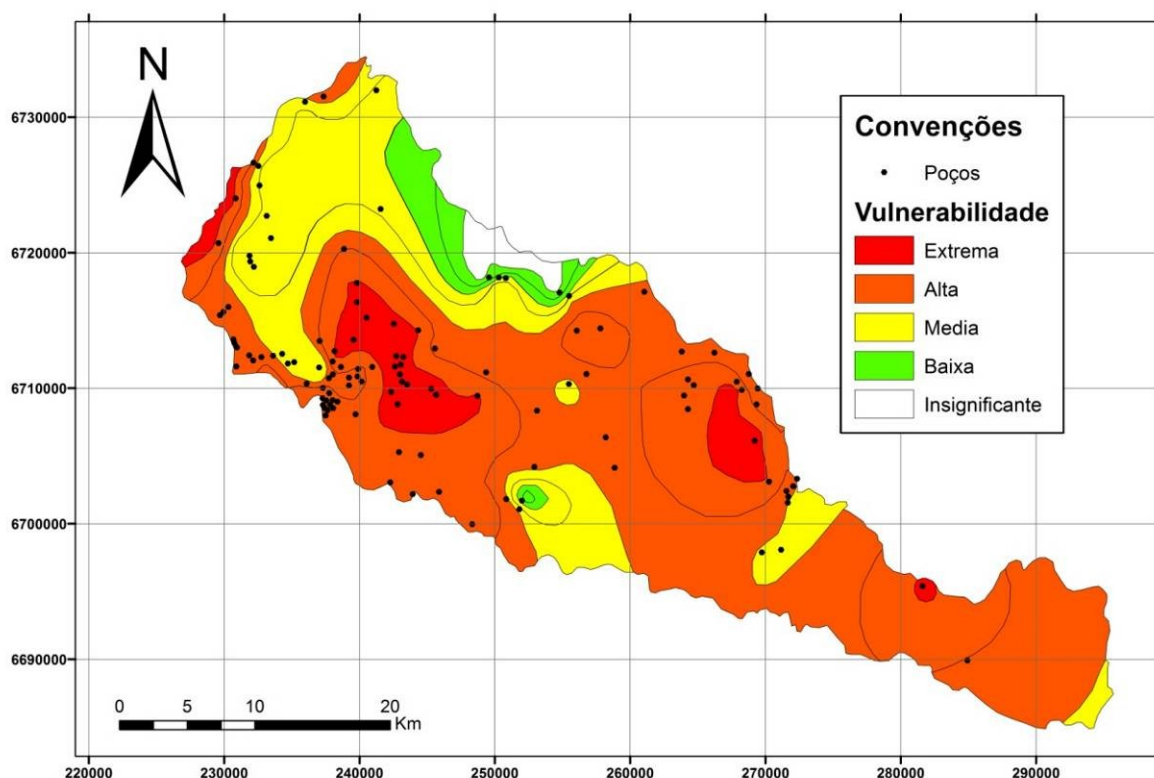
existam, recebendo assim nota “G” variando entre 0,8 e 0,9.

**Tabela 5.** Fontes de captação de água com Classificação GOD considerada Extrema.

Nº	Cadastro SIAGAS	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Grau de confinamento	G	Ocorrência Litológica	O	Nível da Água (m)	D	Índice GOD	Classe GOD
1	430000774	Santa Maria	6732200	236400	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	4	0.9	0.72	Extrema
4	430000776	Santa Maria	6726800	231800	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	0	0.9	0.72	Extrema
7	430000795	Santa Maria	6723900	230600	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	0	0.9	0.72	Extrema
11	4300008462	Itaara	6720601	229396	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	4.44	0.9	0.72	Extrema
17	430000764	Silveira Martins	6718100	250200	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	4.42	0.9	0.72	Extrema
18	4300007654	Silveira Martins	6718013	249703	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	2.37	0.9	0.72	Extrema
20	4300007767	Silveira Martins	6717903	250380	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	4.42	0.9	0.72	Extrema
22	430000763	Silveira Martins	6717900	250600	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	4	0.9	0.72	Extrema
23	430000765	Silveira Martins	6717900	249700	Não Confinado	1	Serra Geral	0.8	2.37	0.9	0.72	Extrema
24	430000713	Santa Maria	6717700	239700	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	13	0.8	0.72	Extrema
28	430000714	Santa Maria	6716200	239700	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	8	0.8	0.72	Extrema
31	430000715	Santa Maria	6715100	240400	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	2	0.9	0.81	Extrema
32	430000716	Santa Maria	6714600	242500	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	9	0.8	0.72	Extrema
34	430000724	Santa Maria	6714300	244300	Não Confinado	1	Terraços Fluviais	0.9	17.5	0.8	0.72	Extrema
35	4300008868	Restinga Seca	6714108	256107	Não Confinado	1	Passo das Tropas	0.8	4	0.9	0.72	Extrema
37	430000725	Santa Maria	6713400	239500	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	13	0.8	0.72	Extrema
42	430000576	Santa Maria	6712600	237900	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	14.65	0.8	0.72	Extrema
47	430000575	Santa Maria	6712200	237900	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	9.37	0.8	0.72	Extrema
49	430000707	Santa Maria	6712200	242700	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	3	0.9	0.81	Extrema
51	430000708	Santa Maria	6712100	243100	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	5	0.8	0.72	Extrema
60	430000720	Santa Maria	6711400	242900	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	5	0.8	0.72	Extrema
67	4300008849	Restinga Seca	6710646	264273	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	15	0.8	0.72	Extrema
68	430000721	Santa Maria	6710600	242900	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	4	0.9	0.81	Extrema
73	430000722	Santa Maria	6710400	243200	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	5.5	0.8	0.72	Extrem
74	430002022	Restinga Seca	6710360	267965	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	11	0.8	0.72	Extrema
77	430000718	Santa Maria	6710000	245200	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	2	0.9	0.81	Extrema
80	4300008847	Restinga Seca	6709812	268299	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	8	0.8	0.72	Extrema
82	430000677	Santa Maria	6709700	242300	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	9	0.8	0.72	Extrema
83	430000740	Santa Maria	6709600	245600	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	7	0.8	0.72	Extrema
86	430000723	Santa Maria	6709400	248700	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	20	0.8	0.72	Extrema
91	430000678	Santa Maria	6708900	242700	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	2	0.9	0.81	Extrema
99	4300008873	Restinga Seca	6706183	269134	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	1	0.9	0.81	Extrema
100	4300008872	Restinga Seca	6706047	269162	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	12	0.8	0.72	Extrema
106	4300008846	Restinga Seca	6703222	270332	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	14.93	0.8	0.72	Extrema
119	4300008876	Restinga Seca	6695491	281659	Não Confinado	1	Aluvião	0.9	20	0.8	0.72	Extrema

Vogel (2008) na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul, encontrou na classe de maior vulnerabilidade, denominada extrema, há 6 poços, 5 em Nova Palma e 1 em Faxinal do Soturno. Esses poços estão localizados em áreas da formação Botucatu, com aquíferos livres.

Marion (2007) na cidade de Itaara – RS encontrou 3 poços em área com vulnerabilidade classificada como extrema. A figura 6 ilustra a espacialização da vulnerabilidade natural à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí – Mirim.



**Figura 6.** Variação da Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea.

Da área total da Bacia Hidrográfica (1153,77 km<sup>2</sup>), 14,245 km<sup>2</sup> (1,23%) foram classificados como área de vulnerabilidade insignificante, 58,099 km<sup>2</sup> (5,03%) situam-se em área de vulnerabilidade baixa, 284,16 km<sup>2</sup> (24,62%) encontram-se em

área com vulnerabilidade considerada média, 718,50 km<sup>2</sup> (62,24%) situam-se em áreas com alta vulnerabilidade e 78,76 km<sup>2</sup> (6,82%) foram classificados como de vulnerabilidade extrema.



### 3.6 O cadastramento de fontes alternativas de abastecimento e as pressões sobre os recursos hídricos subterrâneos

Kemerich & Saucedo (2011) em cadastramento realizado no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro na Cidade de Santa Maria, cadastrou 54 fontes alternativas, sendo que 19 são poços escavados, 23 são poços tubulares, duas são fontes nascentes e 10 poços estão desativados.

Dos poços em atividade, 30 utilizam bombas submersas ou compressores e em 12, a água é retirada manualmente (poços com balde). Tais resultados demonstram a necessidade da ampliação do cadastro de fontes alternativas de água na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim que apresenta apenas 121 fontes distribuídas em seus municípios constituintes (Itaara, Restinga Seca, São João do Polêsine, Santa Maria e Silveira Martins).

Outro fator preocupante são as condições das fontes de abastecimento e o conhecimento da importância da manutenção e riscos a saúde em virtude da utilização de água fora dos padrões de qualidade, destacando-se principalmente o consumo humano. Kemerich & Saucedo (2011) relatam que foram observados diversos poços, como o ilustrado na Figura 5, os quais não apresentaram conformidades de construção e/ou conservação conforme a NBR 12224/2006. Dentre estas inconformidades estava o selo de vedação ou sanitário inadequado ou insuficiente, inexistência de laje de proteção, falta de tampa ou tampa inadequada, ausência de tubo guia, detectando-se também que em alguns locais havia presença de fezes de animais nos arredores, acumulação de lixo, embalagens de produtos químicos, conforme ilustrado na Figura 7.



**Figura 7.** Falta de manutenção e ocorrência irregularidades na disposição de resíduos especiais.

Todos esses fatores isolados ou em conjunto representam risco a saúde das pessoas que utilizam a água dessas fontes alternativas para consumo humano.

Tais condições construtivas, aliadas à falta de limpeza e conservação do entorno dos poços e fontes nascentes, são fatores preocupantes que podem gerar a contaminação da água subterrânea, especialmente em poços escavados com valores baixos de nível estático, os quais podem sofrer influência da água oriunda do escoamento superficial e posterior infiltração no subsolo.

#### 4. CONCLUSÃO

Da área total da Bacia Hidrográfica, 1,23% está em área de vulnerabilidade insignificante, 5,03% em área de vulnerabilidade baixa, 24,62% encontra-se em área com vulnerabilidade considerada média, 62,24% situa-se em áreas com alta vulnerabilidade e 6,82% da área foi classificada como de vulnerabilidade extrema.

Foi possível observar que existem áreas com vulnerabilidade extrema, em função dos níveis estáticos próximos a superfície incluindo surgências em alguns casos, e das formações geológicas com alta permeabilidade (Formação Serra Geral, Aluvião e Terraços Fluviais). Para essas áreas deve ser dada atenção especial, não

permitindo ou restringindo-se o uso destinado a atividades com potencial poluidor considerável.

Também ficaram evidenciadas as áreas de menor vulnerabilidade, que ocorrem principalmente nas formações geológicas com características físicas que não permitem a transmissão de possíveis contaminantes, e onde a água subterrânea se encontra a grandes profundidades, áreas essas passíveis de receberem atividades com maior potencial poluidor.

Faz-se necessária uma ampliação do cadastro de poços/fontes alternativas de abastecimento a fim de possibilitar um estudo mais aprofundado da vulnerabilidade, retratando-se de forma mais detalhada a realidade de cada região e suas peculiaridades.

#### 5. REFERENCIAS

- BRASIL. SERVIÇO DE INFORMAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA – SIAGAS. 2011. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>> Acesso em: 10 dez. 2011.
- CASAGRANDE, L. Avaliação do parâmetro da propagação de sedimentos do modelo de Williams (1975) na Bacia do Rio Vacacaí-Mirim com o auxílio de técnicas de geoprocessamento. 2004. 226 f. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa Hidrogeológico: folha de Santa Maria.** SH 22-V-C-IV.

- Escala 1:100.000. FTD: Porto Alegre, 1995.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Brasília: Ministério de Agricultura e do Abastecimento, 1999.
- FOSTER, S. Fundamental Concept in Aquifer Vulnerability Pollution Risk and Protection Strategy. **Proc. Intl. Conf. Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution**, 1987. Nordwijk: The Netherlands, 1987.
- FOSTER, S.; HIRATA, R. Determinação de Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas: um método baseado em dados existentes. **Boletim n.º 10**. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. p. 87.
- FOSTER, S. S. D. *et al.* **Protección de la calidad del agua subterránea**. Guia para empresas de água, autoridades municipais y agencias ambientales. Madri: Ediciones Mundi - Prensa, 2003.
- FOSTER, S. S. D. *et al.* Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais. São Paulo: **SERVMAR**, 2006. p. 114.
- KEMERICH, P.D.C. Qualidade da água subterrânea e a saúde da comunidade em bairro de Santa Maria/RS. Santa Maria, RS. 2007. 111 f. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- KEMERICH, P. D. C. *et al.* Influência dos cemitérios na contaminação da água subterrânea em cidade do sul do país. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v.24, n.1, p.129-141, 2010.
- KEMERICH, P.D.C.; SAUCEDO, E. M. Saúde e Condições Sócio-Ambientais de Usuários de Água Subterrânea no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro de Santa Maria – RS. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 038-050, jul./set. 2011.
- MARGAT, J. Ground water vulnerability to contamination (in French). **Bases de al cartographie**. (Doc.) BRGM, 68 SGC 198 HYD. Orleans: Institute European de l'Eau, 1968.
- MARION, F. A. Levantamento da Situação Atual dos Recursos Hídricos Subterrâneos em Itaara – RS e Sua Vulnerabilidade Natural. 2007. 47 f. **Monografia** (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- RIBEIRA, F. Calidad, contaminación y protección de acuíferos In: CURSO HISPANOAMERICANO DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA, 3., 2004, Montevideo. **Anais...** UY, 2004.
- SEPLAN. Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Levantamento dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.
- VOGEL, M. M. Avaliação da vulnerabilidade natural à Contaminação dos recursos hídricos Subterrâneos na região cultural da Quarta colônia de imigração italiana, RS. 2008. 138 f. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- SOMMER, M. G.; SCHERER, C. M. S. **Sítios Paleobotânicos do Arenito Mata** (Mata e São Pedro), RS – Uma das Mais Importantes Florestas Petrificadas do Planeta. Brasília: SIGEP, 2002.