

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA PROSPECÇÃO DE AQUÍFEROS FRATURADOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL

Pedro Antonio Roehe Reginato¹; Adelir J. Strieder²

Resumo – Este trabalho tem por objetivo apresentar o estudo de prospecção de aquíferos fraturados com base na aplicação de técnicas de geoprocessamento. A área de estudo está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Nessa região há a ocorrência de aquíferos fraturados que estão associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Os condicionantes desses aquíferos (estruturas tectônicas, litologia, relevo e solos) foram considerados como diferentes planos de informação e integrados com base no emprego de rotinas de medidas de classe, tabulação cruzada e técnicas AHP disponíveis no programa SPRING do INPE. Os resultados da integração permitiram determinar que as regiões que apresentam lineamentos, menor declividade ($< 30\%$), relevos de baixo grau de dissecação, solos do tipo Neossolo, Cambissolo e Argilossos e rochas vulcânicas ácidas, correspondem às áreas mais favoráveis. A orientação dos lineamentos deve ser levada em consideração, pois diferentes direções estão associadas a poços produtivos e nulos.

Abstract – This work has for objective to present the study of aquifers search fractured with base in the application of geoprocessing techniques. The study area is located in the northeast area of the state of Rio Grande do Sul. In that area there is the aquifers occurrence fractured that the volcanic rocks of the Formation are associated Saws General. The subjected of those aquifers (structures tectonicss, litology, relief and soils) they were considered as different plans of information and integrated with base in the job of routines of class measures, crossed tabulation and techniques AHP available in the program SPRING of INPE. The results of the integration allowed to determine that the areas that present lineaments, smaller steepness ($< 30\%$), reliefs of low dissection degree, soils of the type Neosol, Cambisol and Argisol and acid volcanic rocks, correspond the most favorable areas. The orientation of the lineaments should be taken into account, because different directions are associated to productive and null wells.

Palavras-Chave – aquíferos fraturados, geoprocessamento, prospecção de aquíferos fraturados

¹ Universidade de Caxias do Sul, DCBI, Setor de Geociências/MUS. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP95070-560, Tel/Fax: 54-32182100, e-mail: parregin@pressa.com.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Escola de Engenharia (EE), Departamento de Engenharia de Minas (DEMIN). Av. Osvaldo Aranha, 99 sala 502B. Porto Alegre/RS. CEP90035-190. e-mail: adelir@ufrgs.br

1 – INTRODUÇÃO

Os aquíferos fraturados estão associados, principalmente, a rochas cristalinas (ígneas e metamórficas) e apresentam características distintas dos outros tipos de aquíferos como os porosos e cársticos. Em geral, são descontínuos, heterogêneos e anisotrópicos, sendo que a porosidade e permeabilidade está associada a existência de zonas de descontinuidades dessas rochas (fraturas).

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul é caracterizada pela presença de rochas ígneas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral. Essa formação é caracterizada por uma seqüência de derrames de lava de composição ácida (principais litologias representadas por riolitos, riodacitos e dacitos) e básica (basaltos).

Associado as rochas vulcânicas há a ocorrência de aquíferos fraturados que possuem como condicionantes principais a estruturação tectônica e, como secundários, as estruturas de resfriamento das rochas vulcânicas, o relevo e os solos (Reginato e Strieder, 2006). Esses aquíferos são captados por meio de poços tubulares e possuem grande importância na região sendo utilizados para abastecimento público (cidades de pequeno e médio porte e comunidades rurais), no desenvolvimento de atividades industriais, agrícolas (irrigação e dessedentação) e recreativas.

A prospecção dos aquíferos fraturados associados à Formação Serra Geral, em geral, é realizada com base na avaliação de lineamentos (tamanho, cruzamento, densidade e orientação) obtidos por meio de interpretação de fotografias aéreas (escalas entre 1:60.000 e 1:110.000) ou análise de imagens de satélite (diferentes escalas). Há diversos trabalhos, como o de Giardin (1997), Takahashi, (1991) que utilizam essa metodologia. O emprego de técnicas de geoprocessamento, na prospecção de aquíferos fraturados também já foi utilizado, o que pode ser evidenciado pelos trabalhos de Mobus (1987), Eilers (1993) e Reginato (2003), tendo sido obtidos resultados diferentes, em função da utilização dados e técnicas diferenciadas.

Esse trabalho tem por objetivo apresentar o estudo desenvolvido sobre a prospecção de aquíferos fraturados da Formação Serra Geral com base no emprego de técnicas de geoprocessamento. Para isso, foram utilizados dados estruturais (caracterização das estruturas tectônicas), geológicos (tipos de rochas, relação entre derrames e estruturas de resfriamento), geomorfológicos (graus de dissecação do relevo) e pedológicos (tipologia e espessura dos solos) que foram integrados através da utilização de técnicas de geoprocessamento disponíveis no programa SPRING.

2 – LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, abrangendo cerca de onze municípios (Veranópolis, Cotiporã, Bento

Gonçalves, Monte Belo do Sul, Nova Roma do Sul, Antônio Prado, Nova Pádua, Flores da Cunha, Farroupilha, Caxias do Sul e São Marcos – Figura 1).

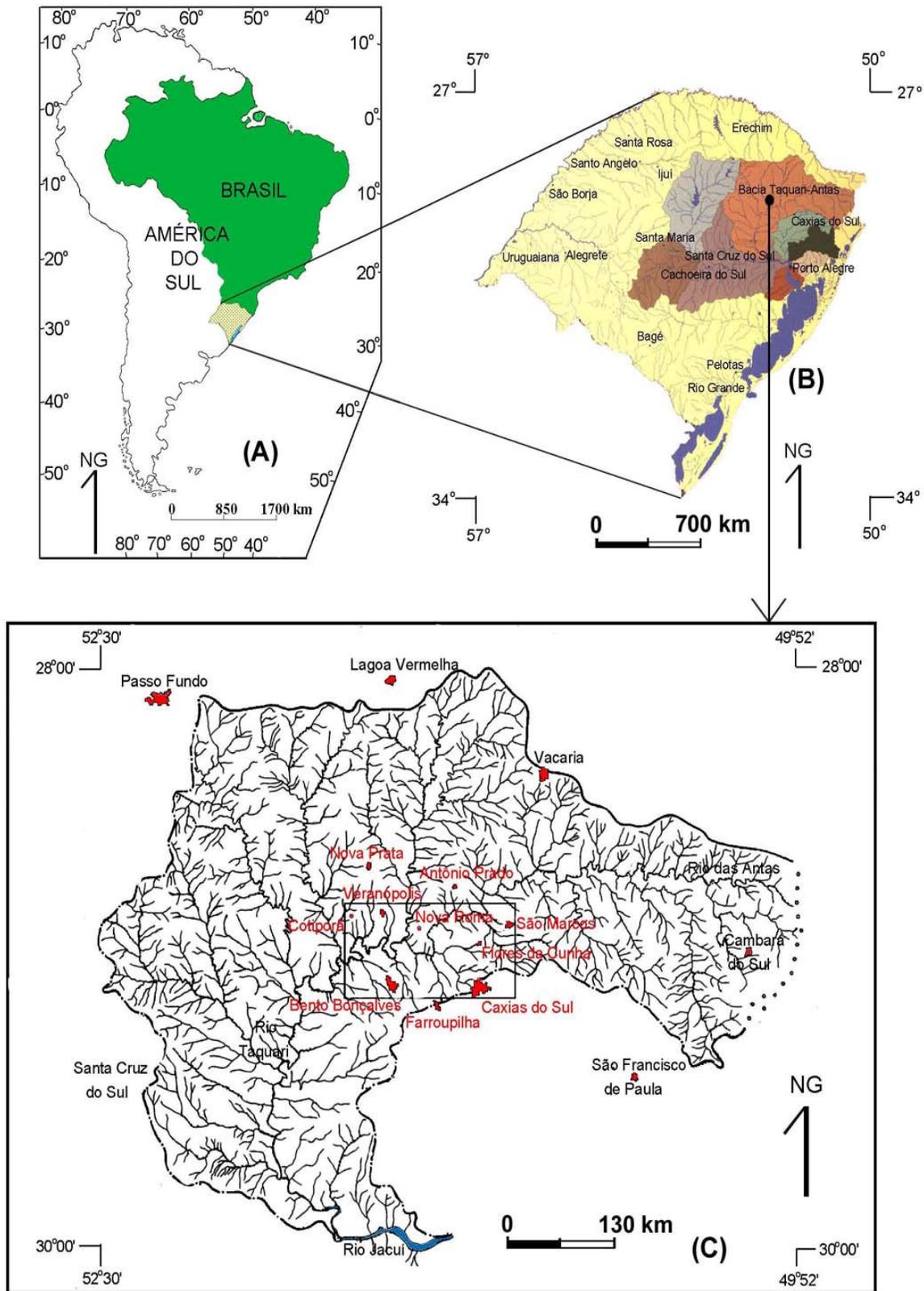


Figura 1 – Localização da área de estudo.

3 – GEOLOGIA REGIONAL

Na região, as rochas existentes, consistem de litologias vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral dispostas em diferentes seqüências de derrames de composição ácida e básica.

Conforme levantamento realizado pela CPRM (1998), ocorrem dois tipos principais de litologias na área de estudo: basaltos do tipo Gramado e vulcânicas ácidas do tipo Palmas/Caxias.

A seqüência vulcânica básica (basaltos do tipo Gramado) está associada a derrames que apresentam espessuras entre 30 e 50 metros, caracterizados por uma ampla zona basal (constituída por rochas maciças com ou sem vesículas e amigdalas), uma zona de disjunção vertical e no topo rochas vesiculares a amigdalóides.

A seqüência vulcânica ácida (Palmas/Caxias) é caracterizada pela presença de riocacitos, dacitos e riolitos que estão dispostos em derrames com espessuras médias de 50 metros, marcadas por uma zona basal vítrea (vidros vulcânicos), por uma zona de disjunção horizontal ampla e por pequenas camadas de rochas vesiculares a amigdalóides.

Segundo Reginato et. al. (2007) as estruturas associadas aos derrames de lava que podem ser consideradas como condicionantes de aquíferos na Formação Serra Geral, segundo grau de importância são: contato entre rochas vulcânicas e zonas vesiculares a amigdalóides e/ou brechadas; rochas vulcânicas fortemente vesiculares a amigdalóides e, estruturas horizontais dos riocacitos.

4 – HIDROGEOLOGIA REGIONAL

A região está inserida na província hidrogeológica denominada de “Província Basáltica” (Hausman, 1995). Conforme Lisboa (1993) a área está inserida na unidade morfotectônica denominada de Fachada Atlântica e nas unidades hidrogeológicas denominadas de Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas.

Segundo Machado (2005) na área há a ocorrência dos Aquíferos Fissurais Serra Geral. Esses aquíferos estão associados às rochas vulcânicas ácidas e básicas e apresentam porosidade, predominantemente por fraturas.

Conforme Reginato (2003), nessa região, há a ocorrência de dois aquíferos principais: o livre ou freático e o fraturado. O primeiro está localizado no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas e o segundo está associado às estruturas tectônicas.

A formação e circulação da água subterrânea no aquífero fraturado, está diretamente relacionada com a estruturação tectônica (presença de fraturas, zonas de fraturas) e, em segundo plano, com a estruturação primária da rocha. Assim, esse aquífero é caracterizado por uma forte anisotropia responsável por vazões variáveis e por capacidades específicas, em geral baixas.

Segundo Reginato & Strieder (2005) os poços tubulares associados aos aquíferos fraturados da Formação Serra Geral apresentam vazões variáveis, mas em geral, baixas. Para a região nordeste do estado do Rio Grande do Sul 72,1% dos poços tubulares apresentam vazões abaixo de 10 m³/h, 12,7% possuem vazões entre 10 e 15 m³/h, 5,9% entre 15 e 20 m³/h e 9,3% apresentam vazões acima de 20 m³/h. Além disso, a profundidade média dos poços é de 110 metros, há a ocorrência de uma a duas entradas de água, o nível estático, na maior parte dos casos está localizado entre 0 e 10 metros, as transmissividades médias são da ordem de 0,4931 m²/h e, as capacidades específicas (q) apresentam valores médios de 0,3954 m³/h/m. Essas características comprovam a existência de um aquífero de forte anisotropia.

5 – PROSPECÇÃO DOS AQUÍFEROS FRATURADOS COM BASE NA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

O estudo de prospecção dos aquíferos fraturados com base no emprego de Geoprocessamento teve como base a análise dos fatores condicionantes dos aquíferos fraturados que estão associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Os condicionantes desses aquíferos foram considerados como diferentes planos de informações (PI's) e integrados visando a geração de novos PI's e a definição das áreas mais favoráveis a ocorrência dos aquíferos fraturados (Tabela 1). Esse estudo foi realizado com o emprego do programa SPRING do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Tabela 1 - Planos de informações, dados utilizados e suas respectivas fontes.

Condicionantes	Tipos de Planos	Atributos/Dados	Fonte
Estrutural	Temático	Fraturas (Grupos) Análise Estrutural	Fotografia aéreas - 1:60.000
Litologia	Temático	Derrames/Litologia	Mapeamento geológico
Relevo	Numérico	Curvas de Nível e pontos cotados	Cartas topográficas da DSG Fatiamento do MNT
Solos	Temático	Tipos de Solo	Mapas de Solos (RADAM e EMBRAPA). Campo
Cadastro	Temático	Situação e Localização do Poço - Vazão	Relatórios técnicos das empresas de perfuração

Os dados referentes a cada um dos condicionantes foi obtido por meio da fotointerpretação de fotografias aéreas (identificação dos lineamentos), mapeamento estrutural de campo (análise

geométrica, cinemática e dinâmica das estruturas), mapeamento geológico (identificação das diferentes litologias, derrames e estruturas primárias), caracterização geomorfológica (interpretação de cartas topográficas em escala 1:50.000 e mapas de declividade), mapeamento pedológico e hidrogeológico (cadastro de poços tubulares e caracterização hidrodinâmica e hidoquímica).

5.1 – Técnicas de Geoprocessamento

As técnicas de geoprocessamento utilizadas na prospecção dos aquíferos fraturados consistiram de rotinas temáticas denominadas de “Medidas de Classes”, “Tabulação Cruzada” e “Suporte a Decisão” (Técnica AHP) disponíveis no programa SPRING (Tabela 2).

Tabela 2 – Categorias e diferentes planos de informações gerados no SPRING para desenvolvimento dos processos de integração (medidas de classe e tabulação cruzada).

Categorias	Classificação	Classes	PIs	Novos PIs
Estrutural	Temático	Fraturas	Lesteoste nordeste noroeste nortesul	buffer_lesteeoste buffer_nordeste buffer_noroeste buffer_nortesul
Relevo	Numérico	_____	curvas	
Solo	Temático	Neossolo Argissolo Latossolo	solo	
Geologia	Temático	Ácida básica	Geologia	
Cadastro	Temático	Vazão5 Vazão10 Vazão20 Vazão30 seco	Cadastro	buffer_vazao5 buffer_vazao10 buffer_vazao20 buffer_vazao30 buffer_seco
Base	Temático	Estradas Cidades	Base	
Drenagem	Temático	_____	Drenagem	
Limite	Temático	_____	limite	

A rotina denominada de “Medida de Classes” foi utilizada com o objetivo de determinar a área de cada uma das classes que constituem os diferentes PIs. Assim, foi possível definir as áreas das classes de solos, litologias e declividades (Tabela 3).

Tabela 3 – Área das diversas classes que constituem os diferentes PIs e sua distribuição em %.

Categorias	Classes	PIs	Tamanho da Área 197.200 ha	Porcentagem da Área
Solo	Neossolo/Cambissolo	Solo	148405,84	75,26%
	Argissolo		41202,42	20,89%
	Latosolo		7591,74	3,85%
Geologia	Ácida	Geologia	143.338,89	72,69%
	Básica		53.861,11	27,31%
Classes de Declividade	0 – 10	Classes de declividade	60.324,915	30,59%
	10 – 20		38.883,295	19,72%
	20 – 30		32.953,415	16,71%
	30 – 40		22.980,975	11,65%
	40 – 50		16.497,685	8,37%
	50 – 60		11.059,865	5,61%
	60 – 70		6.942,955	3,52%
	70 – 80		4.019,105	2,04%
	80 – 90		2.211,605	1,12%
90 – 100	1.326,185	0,67%		

A rotina “Tabulação Cruzada” foi utilizada com o objetivo de identificar áreas comuns entre PIs. Nesse caso foram cruzados os seguintes dados:

- geologia e solos: a classe de litologias ácidas possui a maior ocorrência das diferentes classes de solos, perfazendo um total de 72,63%, enquanto que, na classe de rochas básica, estão associados 27,37% dos solos;
- classes de declividade e solos: para o intervalo de declividade entre 0 e 30%, há uma maior ocorrência de vários tipos de solos: neossolos, cambissolos e argissolos;
- classes de declividade e geologia: áreas com declividade entre 0 e 30% apresentam a ocorrência de 80,27% da classe de rochas ácidas;

- solos e cadastro de poços: maior parte dos poços produtivos está localizada em áreas onde há a ocorrência da associação de solos neossolos e cambissolos (60,93%). Além disso, observa-se que poços que apresentam vazões acima de 20 m³/h estão relacionados com regiões constituídas por neossolos/cambissolos e cambissolos/argissolos;
- geologia e cadastro de poços: pode-se verificar que a classe de rochas ácidas possui as maiores ocorrências de poços tubulares produtivos (79,12%). O intervalo de vazão entre 0 e 10 m³/h é o que apresenta a maior associação;
- classes de declividade e cadastro de poços: a maior ocorrência de poços tubulares está associada às classes de declividade entre 0 e 30%; acima de 30% de declividade há uma redução significativa da ocorrência de poços tubulares produtivos.
- Fraturas e cadastro de poços: os lineamentos de orientação nordeste e noroeste apresentaram maior correlação com poços tubulares produtivos. No entanto essa tabulação cruzada permitiu identificar que há lineamentos associados a poços nulos, evidenciando que cada estrutura possui um comportamento diferenciado.

Após essa primeira etapa de integração de dados foi utilizada a técnica denominada de AHP (Processo Analítico Hierárquico) visando definir mapas de favorabilidade a ocorrência de aquíferos fraturados. Essa técnica consiste em atribuir pesos diferenciados a cada uma das variáveis (PI's) visando com isso determinar a influência das diferentes variáveis e a integração das mesmas. Com o emprego dessa técnica foi gerado:

- PI: cruzamento de lineamentos: foram integrados as diferentes PI's da classe fraturas, visando definir as áreas onde as interceptação de estruturas.
- PI: mapa de favorabilidade de áreas: nesse caso foi integrado os PI's: geologia, solos, classes de declividades e estruturas, com o objetivo de gerar um mapa de classes de favorabilidade a ocorrência de aquíferos fraturados.

5.2 – Resultados Obtidos

A análise dos produtos obtidos com o geoprocessamento permitiu identificar a importância dos diferentes fatores condicionantes dos aquíferos. Os resultados indicaram que:

- a) Solos: as classes de solos do tipo Neossolos/Cambissolos possuem a maior correlação com poços tubulares produtivos que possuem diferentes vazões, enquanto que a classe de Argissolos possui maior associação a poços com vazões até 20m³/h.
- b) Geologia: a maior ocorrência de poços está associada às regiões das rochas vulcânicas ácidas;

c) Classes de declividade: a maior ocorrência de poços produtivos está associada a declividades inferiores a 30%. Acima dos 30% há uma redução significativa e, acima de 60% poucos são os poços produtivos e não há ocorrência de vazões superiores a 20m³/h.

d) Estruturas: os lineamentos dos grupos nordeste e noroeste apresentaram maiores correlações com poços produtivos, sendo que as estruturas noroeste estão mais relacionadas a poços com vazões acima de 20m³/h. Além disso, pode-se determinar que dependendo da orientação da estrutura há maior ou menor favorabilidade a ocorrência de aquíferos fraturados (Tabela 4).

Tabela 4 – Relação entre poços tubulares produtivos e as orientações dos diferentes lineamentos.

Grupo 1 – Lineamentos de orientação N-S								
Range °	N0 - 10E		N10 - 14E		N10 - 14W		N00 - 10W	
%	24,39		24,39		2,44		48,78	
Grupo 2 – Lineamentos de orientação NE								
Range °	15 a 20	20 a 30	30 a 40	40 a 50	50 a 60	60 a 70	70 a 80	80 a 84
%	2,41	22,58	12,90	24,20	8,87%	5,65%	18,55%	4,84%
Grupo 3 – Lineamentos de orientação NW								
Range °	15 a 20	20 a 30	30 a 40	40 a 50	50 a 60	60 a 70	70 a 75	
%	3,75	15,04	18,8	18,05	22,56	12,78	9,02	
Grupo 4 – Lineamentos de orientação E-O								
Range °	N85 - 90E		N80 - 90W		N75 - 80W			
%	24,39%		51,22%		24,39%			

e) Cruzamento de Fraturas: possuem uma pequena relação com a ocorrência de poços produtivos (33 ocorrências para um total de 407 poços), sendo que também foi possível identificar a existência de poços secos associados a cruzamento de fraturas. Essa identificação permite definir que o cruzamento de fraturas (técnica empregada na prospecção de aquíferos fraturados) nem sempre é um indicador de existência desses aquíferos, visto que dependendo da orientação do lineamento o mesmo irá apresentar comportamento diferenciado.

f) Mapa de Favorabilidade de áreas: esse mapa possui três classes de declividade denominadas de: muito favorável, favorável e pouco favorável (Figura 2). Na integração desse mapa com o cadastro dos poços tubulares, pode-se evidenciar uma forte correlação entre poços tubulares produtivos e as classes denominadas como favoráveis e muito favoráveis (Tabela 5).

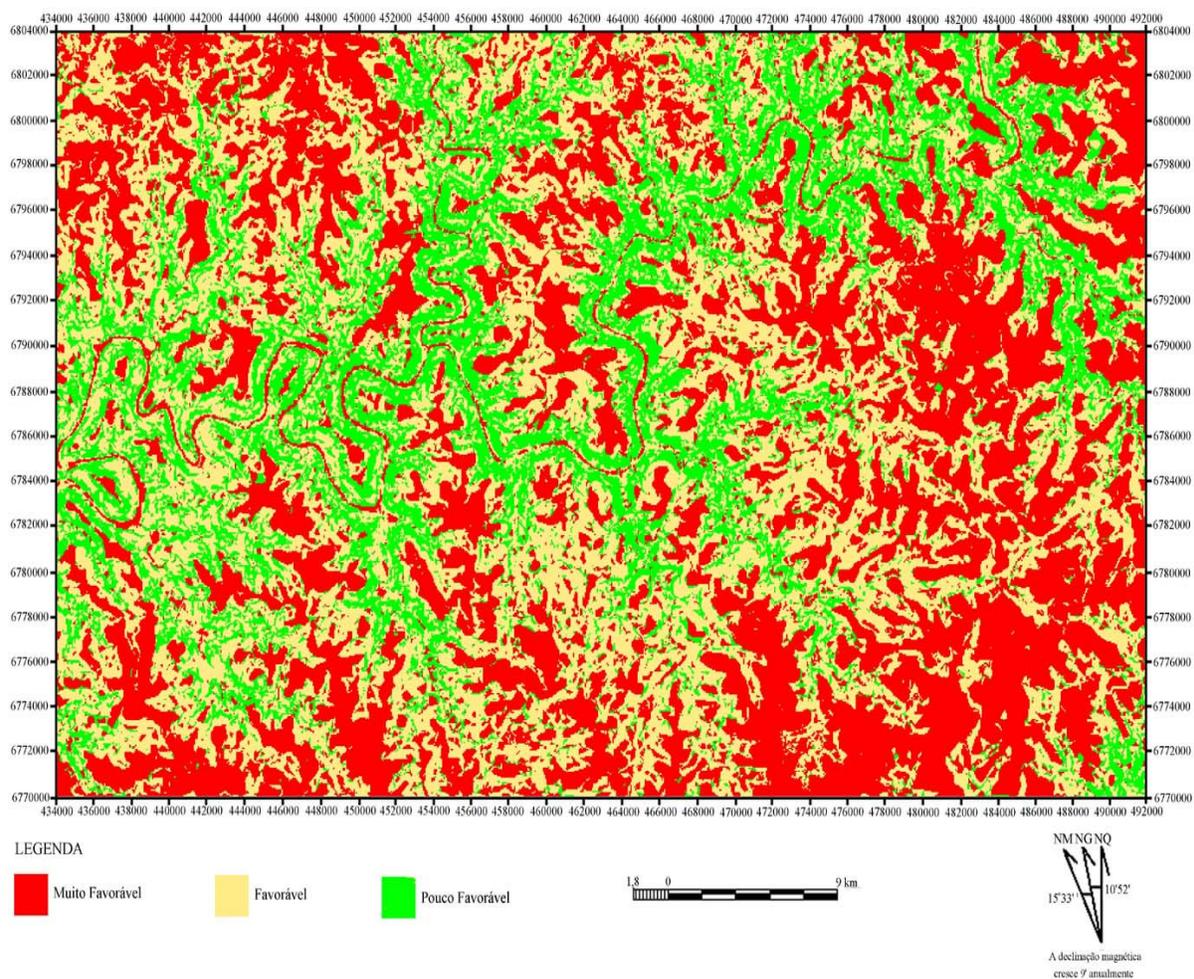


Figura 2- Mapa de favorabilidade a ocorrência de aquíferos fraturados.

Tabela 5 – Relação entre a ocorrência de poços e as classes de favorabilidade.

PI Cadastro ↓	PI Mapa de Favorabilidade ⇒	Classe Muito Favorável	Classe Favorável	Classe Pouco Favorável
buffer_vazão5 (139 poços) Intervalo de vazão 0 a 5m ³ /h		82 poços	54 poços	3 poços
buffer_vazão10 (121 poços) Intervalo de vazão 5 a 10m ³ /h		84 poços	36 poços	1 poço
buffer_vazão20 (64 poços) Intervalo de vazão 10 a 20m ³ /h		45 poços	19 poços	nenhuma ocorrência
buffer_vazão30 (21 poços) Intervalo de vazão > 20m ³ /h		10 poços	10 poços	1 poço
buffer_seco (62 poços) poços tubulares nulos		31 poços	27 poços	4 poços

No entanto, observa-se a ocorrência de poços tubulares nulos, associado a classes consideradas como muito favoráveis e favoráveis. Isso evidencia que a locação deve ser realizada próxima dos lineamentos e que deve ser levada em consideração a orientação dos lineamentos, pois muitas dessas estruturas são “fechadas” e, nesse caso, os poços serão nulos.

6 – CONCLUSÕES

Os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul tem grande importância, pois são utilizados para abastecimento e no desenvolvimento de atividades industriais, agrícolas e recreativas. Em função do grande desenvolvimento econômico e social da região, a utilização desses aquíferos é cada vez maior, tornando necessário o desenvolvimento de estudos voltados para a prospecção dos aquíferos fraturados.

A prospecção desses aquíferos é realizada de diversas formas, sendo os resultados variados. Nesse caso, a utilização de técnicas de geoprocessamento consiste numa ferramenta de grande importância, pois permite a integração de diversos dados (geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos e pedológicos).

Com a utilização de diferentes técnicas de geoprocessamento (medidas de classe, tabulação cruzada e Análise de Suporte a Decisão) pode-se identificar que os condicionantes (estrutural, relevo, solos e litologias) possuem diferentes graus de importância que devem ser levados em consideração na prospecção de aquíferos fraturados.

Os resultados evidenciaram que as regiões que apresentam lineamentos, menor declividade (inferiores a 30%), relevos de baixo grau de dissecação, solos do tipo Neossolo, Cambissolo e Argilossos e rochas vulcânicas ácidas, correspondem às áreas mais favoráveis à ocorrência de aquíferos fraturados. No entanto, a orientação dos lineamentos deve ser levada em consideração, pois diferentes direções estão associadas a poços produtivos e nulos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM.1998 Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: FolhaSH.22-V-D – Caxias do Sul. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. . Porto Alegre (Brasil), 1998. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.
- EILERS, V.H.M. 1993. Análise Hidrogeológica da Região Sudoeste do Rio Grande do Sul Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Recursos Hídricos e Saneamento, IPH/UFRGS. 143p. (inédito).

- GIARDIN, A. 1997. Hidrogeologia das Rochas Fraturadas. DNPM/ABAS. Florianópolis. Apostila. 43p.
- HAUSMAN, A. 1995 Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS. Estudos Tecnológicos: Acta Geológica Leopoldensia, Série Mapas. Nº 2. P-1-127, 1995.
- LISBOA, N.A..1993 Compartimentação Hidrogeológica e Diferenciação Hidrogeoquímica em Aquíferos do Extremo Sul do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS 10^o, Gramado/RS, 1993. Anais. p. 539-548. 1993.
- MOBUS, G. 1987. Análise Estrutural e Hidrogeológica do Aquífero Fraturado da Formação Serra Geral Região Noroeste do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Recursos Hídricos e Saneamento, IPH/UFRGS 124p. (inédito)
- MACHADO, J. L. F. 2005. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. José Luiz Flores Machado; Marcos Alexandre de Freitas. Porto Alegre. CPRM. 2005. 65p.il.mapa.
- REGINATO, P.A.R.. 2003 Integração de Dados para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS). Porto Alegre, 2003. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais. UFRGS. 254p.
- REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. 2005. Caracterização Hidrogeológica dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: 1º SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL. Santa Maria. RS, Anais. (CdRoom).
- REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. 2006 Condicionantes Geológicas Dos Aquíferos Fraturados Da Formação Serra Geral E Sua Relação Com A Locação De Poços Tubulares. In: XIV Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas. Curitiba. Anais Do Xiv Cabas (2006).
- REGINATO, P.A.R.; FINOTTI, A.R.; MICHELON, C.. 2007. Comportamento Hidrogeológico De Poços Tubulares Associados Às Estruturas Primárias Das Rochas Vulcânicas Da Formação Serra Geral. In: XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sul e Sudeste. 2007. Gramado-RS. CdRoom (2007).
- TAKAHASHI, H.A. 1991. Caracterização Morfoestrutural e Hidrogeológica de Aquíferos em Meio Fraturado Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Análise Estatística, Em Setor do Planalto Meridional-RS. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Recursos Hídricos e Saneamento, IPH/UFRGS 126p. (inédito)