

ANÁLISE ESTRUTURAL VISANDO A LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES EM AQUIFEROS FRATURADOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL

Pedro Antônio Roehe Reginato¹ & Adelir José Strieder²

Resumo – Este trabalho tem por objetivo apresentar a relação existente entre estruturas tectônicas e aquíferos fraturados da Formação Serra Geral, na região nordeste do estado do RS. A caracterização estrutural foi realizada com base na análise e interpretação de dados geológicos obtidos em campo e pela análise de lineamentos extraídos de fotografias aéreas. Na região, as principais estruturas estão representadas por fraturas, zonas de fraturas, veios e diques. Essas estruturas resultaram da atuação de dois campos tensionais, que formam um padrão ortogonal com orientação próxima a norte-sul e leste-oeste. Os resultados da integração de dados evidenciaram uma maior correlação com lineamentos de orientação nordeste e noroeste, sendo que os nordeste estão mais associados a poços com vazões de 10 a 20 m³/h, e os noroeste a poços com vazões acima de 20 m³/h. Além disso, observou-se que os poços nulos possuem maior correlação com estruturas nordeste (orientações N30 – 40E e N50 – 60E). Na análise detalhada entre as diferentes orientações, observou-se que poços produtivos com vazões acima de 20 m³/h estão mais correlacionados com os rumos N30 – 40W, N50 – 60W, N20 – 30E, N00 – 14E e N80 – 90W.

Abstract – This paper aims has for objective to present the existent relationship between tectonic structures and fractured aquífers of the Serra Geral Formation, in the northeast area of the state of RS. The structural characterization was accomplished with base in the analysis and interpretation of geological data obtained in field and for the analysis of extracted lineaments of aerial photograph. In the area, the main structures are represented by fractures, fractures zones, veins and dikes. Those structures resulted of the action of two tension fields, that form a pattern orthogonal with close orientation to north-south and east-west. The results of the data integration evidenced a larger correlation with lineaments of northeast and northwest orientation, and the northeast is more associated to wells with flows from 10 to 20 m³/h, and the northwest to wells with flows above 20 m³/h. Besides, it was observed that the null wells possess larger correlation with structures northeast (orientations N30 - 40E and N50 - 60E). In the detailed analysis among the different orientations, it was observed that productive wells with flows above 20 m³/h are more correlated with the directions N30 - 40W, N50 - 60W, N20 - 30E, N00 - 14E and N80 - 90W.

Palavras-Chave – Locação de Poços, Aquíferos Fraturados, Formação Serra Geral

¹ Universidade de Caxias do Sul (UCS), Departamento de Ciências Biológicas (DCBI/CCBS), Setor de Geociências (MUCS). Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130. Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel/FAX. 54-32182100. e-mail: parregin@ucs.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

INTRODUÇÃO

Na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul há a ocorrência de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e de aquíferos fraturados que estão associados a essas litologias. Em função do crescimento sócio-econômico acelerado que essa região apresenta, há um aumento cada vez maior na utilização de recursos hídricos subterrâneos. Esses recursos são utilizados principalmente no abastecimento público (urbano e rural), na indústria (pólos industriais de Caxias do Sul, Farroupilha, Flores da Cunha e Bento Gonçalves) e no setor agropecuário (Reginato, 2003).

A crescente necessidade de utilização de água subterrânea gera um aumento significativo na perfuração de poços tubulares na região. Essa perfuração é realizada em diversos pontos, cuja definição é realizada com base em diferentes técnicas de prospecção (geológica, geofísica e empírica) e cujos resultados nem sempre são positivos, o que faz com que o número de poços nulos venha a aumentar.

Como os aquíferos fraturados, da Formação Serra Geral, são condicionados pela existência de estruturas tectônicas (fraturas e zonas de fraturas) é necessário que os estudos de locação levem em conta a caracterização estrutural de uma determinada área, visando definir quais estruturas possuem maiores chances de ocorrência de aquíferos.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização estrutural da região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, visando definir quais estruturas apresentam maior correlação com aquíferos fraturados.

LOCALIZAÇÃO

A área de estudo envolveu onze municípios (Veranópolis, Cotiporã, Bento Gonçalves, Farroupilha, Caxias do Sul, Flores da Cunha, São Marcos, Nova Pádua, Nova Roma do Sul, Monte Belo do Sul e Antônio Prado) que estão localizados na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e, inseridos na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (Figura 1).

GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA REGIONAL

Na área de estudo há a ocorrência de uma seqüência de rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral. As principais litologias são representadas por basaltos toleíticos, andesitos, riódacitos, riolitos e dacitos (Radam/Brasil, 1986; Roisenberg, 1990).

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.

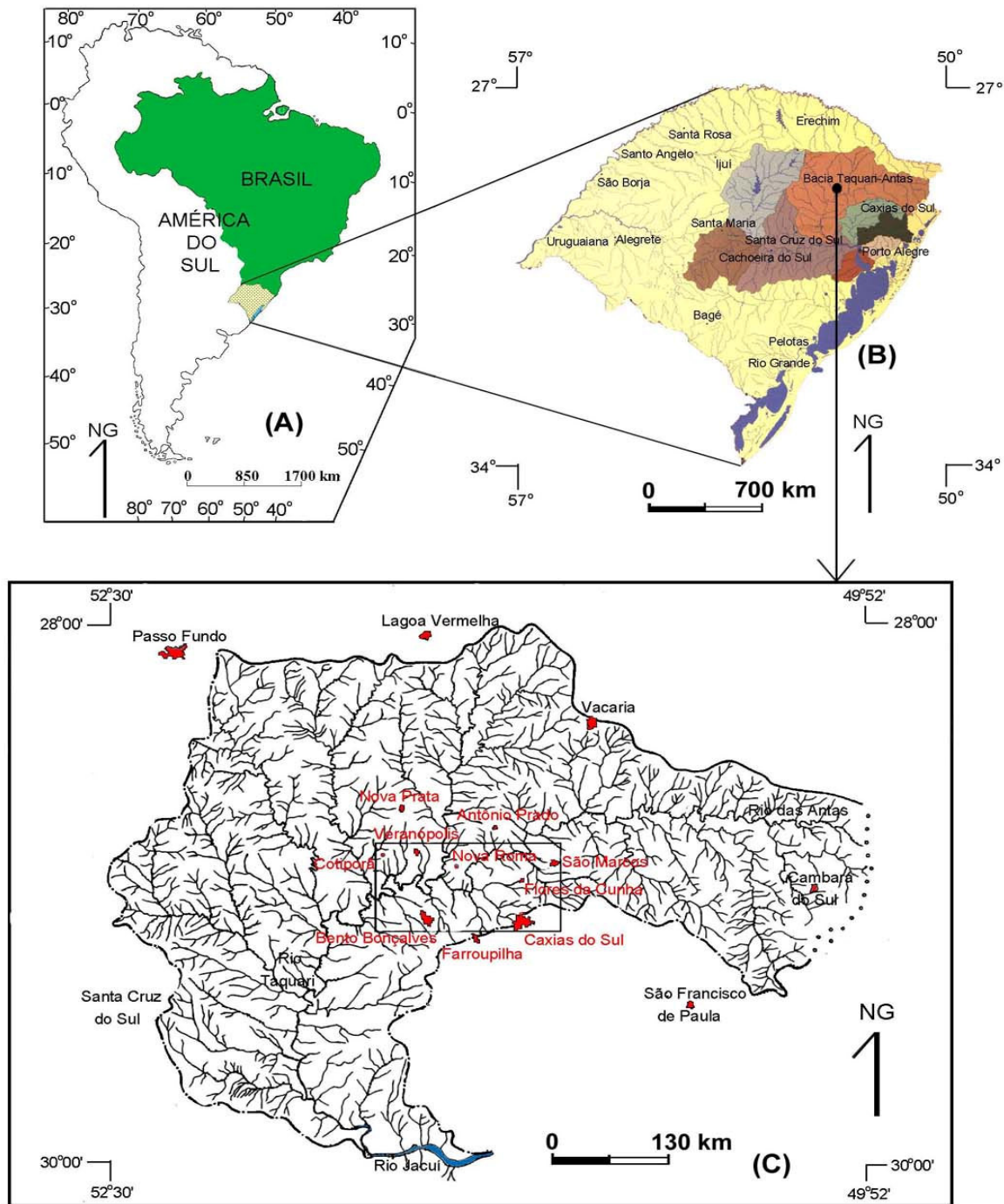


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Segundo Reginato e Strieder (2006) a região é caracterizada por uma seqüência de rochas vulcânicas ácidas e básicas dispostas em nove derrames principais. As rochas básicas são representadas por basaltos e constituem seis derrames de lavas principais (a estruturação primária consiste de zonas maciças, de disjunção vertical e por zonas vesiculares a amigdalóides intercaladas por brechas vulcânicas). Já as rochas ácidas são caracterizadas pela presença de riodacitos, dacitos,

riolitos e vidros vulcânicos e formam três derrames principais (a estruturação primária é marcada por zonas basais, de disjunção horizontal, zonas vesiculares a amigdalóides e de brechas vulcânicas).

Com relação a hidrogeologia, a área de estudo está inserida na província hidrogeológica denominada de “Província Basáltica” (Hausman, 1995). Conforme Lisboa (1993, 1996) a área está localizada na unidade morfotectônica denominada de Fachada Atlântica e nas unidades hidrogeológicas denominadas de Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas. A primeira unidade é caracterizada por rochas ígneas vulcânicas ácidas associadas a um relevo pouco dissecado e a um manto de alteração de espessura média. Os lineamentos são de médio a pequeno porte com orientação preferencial para nordeste. Essa unidade possui um bom potencial com relação à presença de aquíferos. A segunda unidade apresenta um relevo com grau de dissecação forte, solos com pequena espessura e lineamentos de pequeno a médio porte, o que a torna uma área com baixo potencial de ocorrência de aquíferos.

O aquífero fraturado está localizado nas rochas vulcânicas, sendo seu principal condicionante as estruturas tectônicas. Os condicionantes secundários consistem na estruturação primária da rocha, o relevo e o solo (tipo e espessura). A formação e a circulação da água subterrânea 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. A Tabela 1 apresenta as principais características hidrogeológicas do aquífero fraturado.

Tabela 1 – Características hidrogeológicas do aquífero fraturado (dados de 238 poços tubulares)

Características	Resultados		
Profundidade Média	110 m		
Número de Entradas de Água	1 (43,5%)	2 (39,1%)	3 ou + (17,4%)
Profundidade das Entradas de Água	Intervalo de 0 até 70 metros (76%)		
Nível Estático (NE)	0 - 10 m (66,4%)	10 - 20 m (16,4%)	>20 m (17,2%)
Transmissividades (T)	Média	Mínima	Máxima
	0,4931 m ² /h	0,1325 m ² /h	1,4578 m ² /h
Capacidades Específicas (q)	Média	Mínima	Máxima
	0,3954 m ³ /h/m	0,106 m ³ /h/m	1,1663 m ³ /h/m
Vazões (Q)	> 10 m ³ /h (72,1 %)	10-20 m ³ /h (18,6 %)	> 20 m ³ /h (9,3%)

Com base na caracterização hidroquímica, Reginato e Strieder (2004, 2005) as águas subterrâneas que circulam por esses aquíferos são águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (80,1%), bicarbonatas sódicas (18,4%) e sulfatadas cálcicas ou magnesianas (1,4%). O campo predominante das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas está de acordo com a composição química das litogias da Formação Serra Geral, evidenciando que a fonte original dos cátions Ca^{+2} , Na^{+1} e Mg^{+2} está associada à alteração dos silicatos que formam as rochas vulcânicas da região.

ANÁLISE ESTRUTURAL

A análise estrutural visou caracterizar o principal condicionante dos aquíferos fraturados que são as estruturas tectônicas. Essa análise foi realizada com base no levantamento e interpretação de dados de campo e de lineamentos extraídos de fotografias aéreas (Reginato, 2003, Reginato; Strieder 2001, 2006). Os levantamentos de campo foram realizados ao longo de quatro perfis principais que envolveram diferentes setores (Caxias do Sul – São Marcos; Caxias do Sul – Antônio Prado; Farroupilha – Nova Roma e Bento Gonçalves – Veranópolis).

Levantamento de Campo

O levantamento estrutural de campo foi realizado com base na identificação e análise geométrica e cinemática de estruturas que foram identificadas em afloramentos (cortes de estrada e pedreiras) localizadas ao longo de quatro perfis principais. As principais estruturas identificadas nesse levantamento consistiram de fraturas, zonas de fraturas, veios e diques. Salvo, algumas exceções, os planos de fraturas são verticais a sub-verticais e, quando preenchidos, apresentam mineralizações de zeolitas e sílica (quartzo microcristalino e calcedônia). Com relação às estruturas que apresentam preenchimento, observou-se que as mineralizações por zeolitas são mais comuns nos basaltos, enquanto que nos riolitos, riodacitos e dacitos (derrames ácidos) há um predomínio de quartzo.

As fraturas têm orientação geral para o quadrante NE e, as direções principais são N70 - 80E e N80 – 90E. As direções secundárias são N20 – 30W e N80 – 90W. Considerando as direções principais e secundárias, pode-se identificar um padrão de fraturas ortogonal (Figura 2).

As fraturas com preenchimento apresentam orientações diversas, sendo que as direções preferenciais são: N70 – 80E, N00 – 10E, N10 – 20W e N60 – 90W. Além disso, parece haver uma tendência para que os planos com preenchimento de zeolitas tenham uma orientação preferencial

próxima a N-S, enquanto que os planos preenchidos por sílica teriam direções preferenciais para NE.

As zonas de fraturas apresentam orientações diversas, mas a preferências são para: N70 -90, N00 - 10E e N70 - 90W. Essa geometria é semelhante àquela apresentada pelos planos de fratura e pelos planos com preenchimento, o que evidencia a presença de um sistema, aproximadamente, ortogonal.

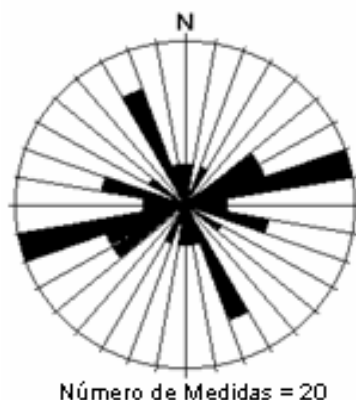


Figura 2- Histograma de frequência circular do total das medidas dos planos de fraturas do Perfil Caxias do Sul – São Marcos.

Os veios são caracterizados por planos que formam conjugados e ramificações. A orientação preferencial é N20 - 60W, que pode estar associada a planos de cisalhamento. Por outro lado, há uma orientação secundária próxima a Norte-Sul, que corresponde a planos considerados como alimentadores de geodos.

Os diques são estruturas caracterizadas pela presença de planos de dimensões variadas, preenchidos por arenitos e diabásios, com orientação preferencial marcada pelo rumo N20 – 70E. Observa-se que as direções N20 – 30E estão associadas a diques de dimensões milimétricas a centimétricas preenchidos por arenitos, enquanto a direção N50 – 60E está relacionada a diabásios.

Essa análise mostra que, na região, há um padrão aproximadamente ortogonal de fraturas, com orientação próxima a Norte-Sul e Leste-Oeste. Observou-se, porém, que há variações nesse padrão, dependendo dos setores onde foram realizados os levantamentos (exemplo: Caxias do Sul – São Marcos e Bento Gonçalves – Veranópolis).

As estruturas que apresentam orientações diferentes do padrão ortogonal, provavelmente correspondem a planos de cisalhamento, onde se alojam os veios e diques. Isso pode ser evidenciado pelo padrão geométrico apresentado pelos sistemas de veios e pela orientação dos sistemas de conjugados de fraturas.

A análise cinemática permitiu identificar que, na região, atuaram dois campos tensionais principais. O primeiro campo tensional caracteriza-se por apresentar uma direção de compressão sigma 1 horizontal de orientação 082° e uma direção de tração sigma 3 horizontal de orientação 352°.

Para o primeiro campo tensional, as estruturas paralelas e sub-paralelas a sigma 1 são denominadas de trativas (T), enquanto as estruturas oblíquas seriam as fraturas híbridas e de cisalhamento, dependendo do ângulo diedro com as fraturas T. Nesse caso, as fraturas trativas, em geral, apresentam preenchimento, enquanto que as oblíquas podem ou não apresentar.

O segundo campo tensional é marcado por uma direção de compressão sigma 1 horizontal, orientada para 174° e de tração sigma 3 horizontal orientada para 264°. No caso desse campo, as fraturas trativas são as estruturas paralelas e sub-paralelas a direção sigma 1 (174°) e se apresentam, em geral, com preenchimento. Da mesma forma, as estruturas oblíquas entre os eixos de compressão sigma 1 e tração sigma 3, correspondem às fraturas híbridas e de cisalhamento. Em parte dessas estruturas há alojamento de veios, como pode ser identificado no campo.

Esse dois campos atuaram na região como um todo, pois dependendo do setor observado, podem ser identificados os dois, ou somente um dos campos tensionais. Isso implica na necessidade de estudos locais adicionais para a caracterização do regime predominante e da sua ordem temporal.

Análise dos Lineamentos

A extração de lineamentos foi realizada com base na interpretação de fotografias aéreas em escala 1:60.000, visando com isso identificar estruturas do tipo 2, que são caracterizadas por feições geomorfológicas negativas, representadas, em geral, por drenagens controladas por fraturas (Strieder; Amaro, 1997). Para a área de estudo foram identificados, 4154 lineamentos que foram separados em quatro grupos principais (Figura 3):

- Grupo 1: 663 lineamentos de orientação entre N00 – 14E e N00 – 14W;
- Grupo 2 : 1751 lineamentos com orientação entre N15 – 84E;
- Grupo 3 – 1316 lineamentos com orientação entre N15 – 75W;
- Grupo 4 – 424 lineamentos com orientação entre N85 -90E e N75 – 90W.

A análise dos lineamentos foi realizada com base no emprego de técnicas de estatística vetorial visando identificar orientações preferenciais e comprimentos médios dos lineamentos. Na análise dos quatro grupos, observa-se que os comprimentos médios dos vetores estão próximos e variam entre 855 a 892 metros. Somente o grupo dos lineamentos leste-oeste apresenta um comprimento um pouco superior aos outros, na faixa dos 930 metros. Com relação aos azimutes médios de cada um dos grupos, verifica-se que os mesmos estão associados às orientações

preferenciais e secundárias identificadas em campo. Por outro lado, na análise dos diferentes setores, observa-se que ocorrem variações mais significativas com relação aos comprimentos médios dos vetores e menores com relação aos valores dos azimutes médios. Isso comprova as evidências de campo, que mostram a existência de uma variação do comportamento estrutural para cada região.

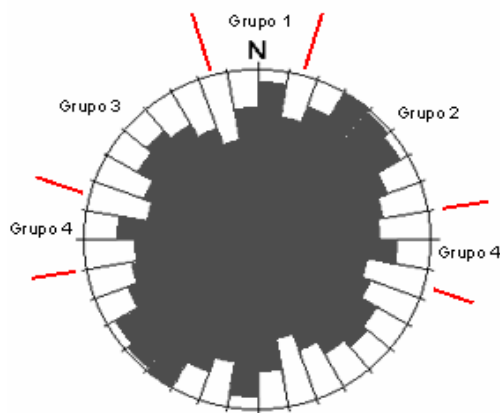


Figura 3 – Histograma de freqüência circular com os 4154 lineamentos obtidos com a fotointerpretação.

ANÁLISE ESTRUTURAL E A LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES

A determinação da correlação existente entre os diferentes tipos de estruturas tectônicas e a ocorrência de poços tubulares foi realizada com base em processos de integração de dados referentes ao cadastro de poços (produtivos e nulos) e mapa de lineamentos.

Como resultado geral, observa-se que há uma forte correlação dos poços tubulares com lineamentos, sendo que as estruturas nordeste e noroeste apresentam associações semelhantes com poços produtivos. No entanto, para o intervalo de vazões maiores que $10 \text{ m}^3/\text{h}$ há uma tendência de maior correlação com estruturas noroeste. Os lineamentos leste-oeste e norte-sul possuem ocorrências de poços em proporções variadas, sendo que o segundo grupo apresenta maior correlação com poços produtivos. Por outro lado, quando analisamos a distribuição dos poços nulos, identifica-se uma relação com os diferentes grupos, mas com uma tendência maior para os lineamentos com orientação nordeste. Isso mostra que as estruturas representantes dos diferentes grupos apresentam comportamentos diferenciados quanto a ocorrência de água subterrânea.

As áreas de cruzamento de lineamentos possuem uma pequena relação com a ocorrência de poços tubulares produtivos, sendo que os intervalos de vazões que apresentaram maior coincidência foram os de 0 a $5 \text{ m}^3/\text{h}$, seguidos pelos de 5 a $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Em menor proporção ocorrem poços com

10 a 20 m³/h e acima de 20 m³/h. Além disso, foi evidenciada a correlação entre poços secos e áreas com cruzamentos de estruturas. Essa correlação entre os poços tubulares produtivos, os diferentes grupos de lineamentos e as áreas de cruzamento de estruturas, evidencia que, além de haver graus de importância diferenciados para cada um dos grupos (noroeste>nordeste>norte-sul>leste-oeste), há estruturas dentro de cada grupo que apresentam graus de correlação variados com a ocorrência de aquíferos fraturados. Essa distinção deve estar relacionada com a orientação dos lineamentos e sua relação com os campos paleotensionais.

Na análise de cada um dos quatro grupos de lineamentos, observou-se que há orientações preferenciais para a ocorrência de poços tubulares produtivos. Os resultados indicaram que:

- para o grupo noroeste as orientações preferenciais são N30 – 60W, sendo que as orientações N30 – 40W e N50 – 60W estão mais associados com poços tubulares produtivos que possuem vazões acima de 20 m³/h;
- para o grupo nordeste as direções preferenciais são N40 – 50E, N20 – 30E e N70 – 80E, sendo que os rumos N20 – 30E apresentam maior correlação com poços com vazões acima de 20 m³/h;
- para o grupo norte-sul as orientações N00 – 10E e N00 – 14E são as preferenciais e os poços com vazões superiores a 20 m³/h estão correlacionados com os rumos N10 – 14E;
- para o grupo leste-oeste a maior correlação está associada à direção N80 – 90W.

Essa análise também foi realizada tendo como base os poços tubulares nulos, sendo que os resultados encontrados indicaram que a maioria dos poços nulos associados a estruturas estão correlacionados com lineamentos nordeste (N30 – 40E e N50 – 60E). Há também poços nulos associados a estruturas noroeste (N40 – 50W); as estruturas norte-sul (N00 – 10E) e as estruturas leste-oeste (N75 – 80W).

Da mesma forma que os poços produtivos, as relações identificadas servem para verificar que existem estruturas com comportamentos diferenciados.

CONCLUSÕES

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul é caracterizado pela ocorrência de aquíferos fraturados que estão associados as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. O principal condicionante desses aquíferos corresponde a estruturação tectônica que é caracterizada na região pela presença de fraturas, zonas de fraturas, veios e diques. Essas estruturas, em geral, são verticais a sub-verticais e, quando preenchidas, apresentam mineralizações de zeolitas e sílica.

Com a análise cinemática foi possível identificar dois campos tensionais principais que atuaram na região. Em ambos os campos paleotensionais, as fraturas paralelas e sub-paralelas a sigma 1 são trativas, enquanto as estruturas oblíquas (entre os eixos de compressão e tração) são as fraturas híbridas e de cisalhamento. Essas características indicam que o sistema estrutural da região é representado por um padrão ortogonal com orientação próxima a norte-sul e leste-oeste. Em geral, as estruturas trativas apresentam preenchimento, enquanto as oblíquas podem ou não apresentar preenchimento.

Com a integração dos dados, observou-se que há uma forte correlação entre os lineamentos e a ocorrência de poços tubulares produtivos. Nesse caso, as estruturas de orientação nordeste e noroeste são as principais. O intervalo de vazão 10 a 20 m³/h possui maior correlação com os lineamentos de orientação nordeste, enquanto que vazões acima de 20 m³/h possuem maior relação com estruturas noroeste. As orientações N30 – 40W, N50 – 60W, N20 – 30E, N00 -14E e N80 – 90W são os rumos que apresentaram maior associação com poços produtivos que tinham vazões maiores que 20 m³/h.

Esses resultados evidenciam a existência de estruturas que apresentam comportamentos diferenciados, pois há orientações preferenciais que estão associadas a poços produtivos ou nulos. Além disso, observou-se que dependendo da região há uma estruturação tectônica diferenciada o que evidencia a necessidade de uma análise estrutural local das áreas que estão sendo analisadas visando a locação de poços tubulares.

BIBLIOGRAFIA

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). 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.

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.*

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 10º, Gramado/RS, 1993. p. 539-548.

LISBOA, N.A. (1996). *Fácies, estratificações hidrogeoquímicas e seus controladores geológicos, em unidades hidrogeológicas do sistema aquífero Serra Geral, na bacia do Paraná, Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1996. Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 135p. il. (Inédito).

RADAM/BRASIL. (1986). *Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra*. 1986. Rio de Janeiro: IBGE 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, v..33).

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. (2001). *Extração de Lineamentos visando a prospecção de aquíferos fraturados – fotografias aéreas ou imagens de satélite?* In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia. XXCBC. Porto Alegre- Anais. CdRoom.

REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. (2004). *Caracterização Hidrogeológica e Potencialidades dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul*. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá, Anais (CdRoom).

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. 2006. Curitiba. Anais do XIV CABAS.

ROISENBERG, A. (1980). *Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Ácido Mesozóico da Província Meridional da Bacia do Paraná*. Porto Alegre, 1990. Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Inédito).