



## Os Recursos Hídricos Subterrâneos Utilizados na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul: Caracterização Hidrogeológica e Subsídios Técnicos para o Gerenciamento

Pedro Antonio Roehe Reginato<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Setor de Geociências- Museu de Ciências Naturais, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade de Caxias do Sul (parregin@ucs.br)

### Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidrogeológica dos recursos hídricos subterrâneos utilizados na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e dados técnicos necessários para o gerenciamento desses recursos. Nessa região a água subterrânea é muito utilizada por diferentes usuários, sendo que esses recursos são captados de aquíferos fraturados por poços tubulares. Esses aquíferos estão localizados nos sistemas de fraturas das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e se caracterizam por uma forte anisotropia e por apresentarem comportamentos hidrodinâmicos variáveis. Assim, a utilização desses recursos tem que ser feita com cautela para evitar problemas de exaustão. O gerenciamento desses recursos deve iniciar desde a etapa de perfuração do poço, seguido pelo desenvolvimento de testes de vazão e projetos de bombeamento que permitirão uma melhor avaliação dos volumes que podem ser explotados. Além disso, o monitoramento, deve ser sempre adotado, pois o mesmo fornece importantes parâmetros que podem ser utilizados para avaliar o comportamento dos aquíferos e garantir o volume projetado.

Palavras-chave: água subterrânea, aquíferos fraturados, gerenciamento de recursos hídricos

Área Temática: Recursos Hídricos

### Abstract

The paper aims has for objective to present the hidrogeological characterization of the groundwater resources used in the northeast area of the state of Rio Grande do Sul and data necessary for the administration of those resources. In that area the groundwater is very used by different users, and those resources are captured of aquifers fractured by tubular wells. Those aquifers are located in the systems of fractures of the volcanic rocks of the Serra Geral Formation and they are characterized by a strong anisotropy and for presenting behaviors hydrodynamic variables. In that way, the use of those resources has to be done with caution to avoid problems of exhaustion. The administration of those resources should begin from the stage of perforation of the well, following for the development of flow tests and pumping projects that they will allow a better evaluation of the volumes than they can be exploited. Besides, the monitoring, should always be adopted, because the same supplies important parameters that can be used to evaluate the behavior of the aquifers and to guarantee the projected volume.

*Key words:* groundwater, fractured aquifers, water resources management

*Theme Area:* Hydric Resources



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

### 1 Introdução

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul consiste numa das áreas de maior desenvolvimento do estado, caracterizada por um elevado grau de urbanização, densidade demográfica e taxas de crescimento populacionais altas. As principais atividades econômicas estão associadas ao setor industrial (pólo metal-mecânico do estado) e ao setor agropecuário (Leite; Haase, 1999).

Em função dessas características, a utilização da água subterrânea nos diferentes setores passa a ser cada vez mais importante, visto que os recursos hídricos superficiais em algumas áreas são escassos e em outras estão no limite de capacidade de produção. A importância dessa utilização é melhor evidenciada quando analisamos a quantidade de municípios que dependem dos recursos hídricos subterrâneos para abastecimento da população. Além disso, levando em conta o abastecimento das comunidades rurais vemos que todas são abastecidas por esses recursos (através de poços tubulares, fontes ou poços cacimbas). Por outro lado, a região possui um alto índice de crescimento industrial, o que acarreta numa maior utilização dos recursos hídricos subterrâneos por parte das indústrias.

Em função dessa crescente necessidade de utilização da água subterrânea, há um aumento significativo da perfuração de poços tubulares na região. Essa perfuração é realizada em diferentes locais, definidas por variadas técnicas de prospecção (geológica, geofísica e empírica) e por diferentes empresas. Após a perfuração, esses poços passam a ser gerenciados pelos contratantes da perfuração (empresas, associações comunitárias, entre outros) que, em geral, só se preocupam com o volume a ser extraído e não fazem o monitoramento do recurso e do aquífero que está sendo explotado. Como resultado, com o tempo, surgem problemas relacionados ao poço, ao aquífero, à qualidade de água e até ao esgotamento total dos recursos subterrâneos. Essa falta de gerenciamento está associada, principalmente, à falta de conhecimento e à falta de dados técnicos que deveriam ser fornecidos ou obtidos com o processo de perfuração.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidrogeológica dos recursos hídricos subterrâneos e dados técnicos necessários para o seu gerenciamento pelos diferentes usuários da região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

### 2 Revisão Teórica

Os recursos hídricos subterrâneos existentes na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul estão associados a diferentes aquíferos.

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

Conforme Reginato (2003) e Reginato, Strieder (2006), nessa região, há a ocorrência de dois aquíferos principais: o livre ou freático e o fraturado.

O primeiro deles está localizado no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas e possui como principais condicionantes os seguintes fatores: solo (tipo e espessura), relevo, litologia (tipo e estruturação primária) e clima. As águas subterrâneas desse sistema são captadas por meio de poços escavados (poços cacimba) ou através de fontes (bastante comuns na região em função da topografia). Essas águas são utilizadas para abastecimento público, doméstico e no desenvolvimento de atividades agropecuárias, nas zonas rurais.

O segundo está localizado nas rochas vulcânicas, sendo seu principal condicionante, as estruturas tectônicas. Os condicionantes secundários consistem na estruturação primária da rocha, no relevo e no solo (tipo e espessura). A formação e circulação da água subterrânea,



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

nesse aquífero, está diretamente relacionada com a estruturação tectônica (presença de fraturas, zonas de fraturas) e, em segundo plano, com a existência de estruturas primárias da rocha. Assim, esse aquífero é caracterizado por uma forte anisotropia responsável por vazões variáveis e por capacidades específicas, em geral baixas. A forma de captação das águas subterrâneas nesse ambiente ocorre por meio de poços tubulares.

O aquífero fraturado é a principal fonte de recursos hídricos da região, utilizado para abastecimento da população urbana e rural e no desenvolvimento de diversas atividades da indústria, pois possuiu maiores volumes de água do que o aquífero livre, além do que, as águas são de melhor qualidade.

A captação do aquífero fraturado é realizada através da perfuração de poços tubulares, popularmente denominados de artesianos, que são construídos com o emprego de duas técnicas principais, a percussora e a rotopneumática, sendo a segunda técnica a mais utilizada na região. Em geral, a empresa que efetua a perfuração, após a construção do poço, realiza um teste de produção com o emprego de sistema de compressão, sendo que o resultado é fornecido como a vazão que pode ser explotada pelo contratante. Isso não é correto, pois o volume real só pode ser obtido com a análise de dados de testes de vazão de no mínimo 24 horas. Dessa forma, a maior parte dos usuários de recursos hídricos subterrâneos da região acaba por explotar de maneira errada os aquíferos, provocando superexplotação e, por fim, a exaustão dos recursos.

### 3 Metodologia

O presente trabalho envolveu a análise de dados de poços tubulares que foram cadastrados na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, envolvendo a área de 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).

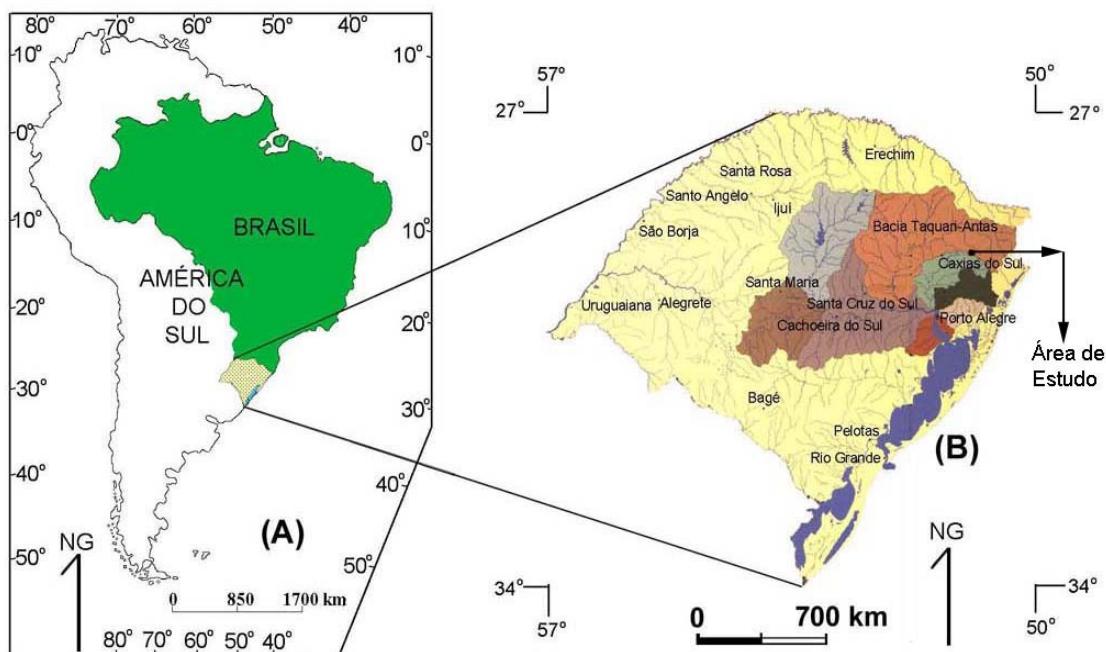


Figura 1 – Localização da Área de Estudo.

O cadastro dos poços iniciou com a busca de informações existentes junto ao programa SIAGAS (Sistema de Informação de Água Subterrânea da CPRM), a prefeituras, a



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

empresas de perfuração e usuários, visando com a obtenção de informações sobre poços existentes na região e quais os tipos de dados que estavam disponíveis para cada poço. Posteriormente, foram realizadas campanhas em campo, visando à identificação e georreferenciamento dos poços.

Em campo os poços foram cadastrados com o emprego de GPS, objetivando obter as coordenadas de localização dos pontos de captação.

Os dados obtidos com o cadastramento e levantamento de campo foram analisados visando definir as principais características hidrodinâmicas associadas aos aquíferos e os principais problemas.

### 4 Resultados

#### 4.1 – Caracterização Hidrogeológica

Com o levantamento foram cadastrados 690 poços tubulares na área de estudo, sendo que somente 252 poços possuíam dados confiáveis sobre os aspectos construtivos e geológicos do poço, bem com dados de testes de vazão que permitiram definir parâmetros hidrodinâmicos (transmissividade, capacidade específica e vazão). A maior parte dos dados disponíveis foi obtida de poços pertencentes a empresas de abastecimento. Por outro lado, a falta de informações, em geral, estava associada a poços pertencentes a proprietários particulares.

Os resultados permitiram definir que a profundidade média dos poços produtivos na região de estudo é de 110 metros, enquanto que os poços nulos apresentam profundidades médias em torno de 150 metros. No entanto, observa-se, na região, a existência de poços produtivos com profundidades acima de 150 metros e, em alguns casos, acima de 200 metros.

A análise das entradas de água identificadas na perfuração dos poços tubulares mostra que a maior parte deles apresenta uma (43,5%), ou duas (39,1%) entradas de água. A ocorrência de três (14,5%) ou quatro (2,9%) entradas de água se dá em proporções menores. Além disso, a comparação entre a ocorrência de entradas de água com a profundidade mostra que, no intervalo de profundidade entre 10 e 70 metros, há o maior número de ocorrências. Nesse caso, a localização das entradas de água tem relação com o sistema estrutural, pois dependendo do tipo de estrutura (fraturas, zonas de fraturas), mergulho das mesmas e da posição do poço haverá diferentes números de entradas de água.

O nível estático identificado nos poços tubulares também apresentou variação com relação a profundidade. Nesse caso, 66,4% dos poços apresentaram o nível na profundidade entre 0 e 10 metros, 16,4% no intervalo de 10 a 20 metros, e acima de 20 metros houve uma menor ocorrência desses níveis. Essa relação evidencia que a circulação da água nos sistema de fraturas ocorre sobre pressão, fato mais fortemente marcado quando da ocorrência de artesianismo.

As transmissividades médias ( $T_m$ ) obtidas foram de  $0,4931 \text{ m}^2/\text{h}$ , sendo a média das mínimas igual a  $0,1325 \text{ m}^2/\text{h}$  e a média das máximas igual a  $1,4578 \text{ m}^2/\text{h}$ . Já o parâmetro capacidade específica ( $q$ ) apresentou valores médios de  $0,3954 \text{ m}^3/\text{h/m}$ , sendo os valores mínimos iguais a  $0,106 \text{ m}^3/\text{h/m}$  e os máximos igual a  $1,1663 \text{ m}^3/\text{h/m}$ . Essa variabilidade encontrada nos valores de transmissividade e de capacidade específica está de acordo com o tipo de aquífero, no caso fraturado, pois esses parâmetros refletem a sua forte anisotropia.

As vazões são variáveis, mas em geral, baixas. Para a área de estudo, 72,1% dos poços tubulares apresentam vazões abaixo de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ , 12,7% possuem vazões entre  $10$  e  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ , 5,9% entre  $15$  e  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  e 9,3% apresentam vazões acima de  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Na tabela 1 podem ser encontradas as principais características hidrodinâmicas de cada uma das regiões de estudo.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

Tabela 1 – Principais características hidrogeológicas das regiões de estudo.

Região Município	Nº de Poços	Prof. (m)	Entradas de água	Nível Estático	Vazão (m³/h)	T (média) (m³/h)	q (média) (m³/h/m)
Região 1 Antônio Prado	23	123,32	n.i.	0 a 10 m (56,5%)	0-10 (56,5%) >20 (26,1%)	0,7493	0,5995
Região 2 Bento Gonçalves	59	91,19	1 (23,8%) 2 (71,4%)	0 a 10 m (62%)	0-10 (72,9%) >20 (16,9%)	0,7736	0,6221
Região 3 Caxias do Sul	22	101,49	1 (36,4%) 2 (27,3%)	0 a 10 m (78,9%)	0-10 (77,3%) >20 (4,5%)	0,728	0,582
Região 4 Cotiporã	6	105	1 (80%) 2 (20%)	10 a 20 m (50%)	0-10 (100%)	0,2183	0,174
Região 5 Farroupilha	40	117,43	1 (77,8%) 2 (11,1%)	0 a 10 m (71%)	0-10 (32,5%) >20 (40%)	1,4578	1,1663
Região 6 Flores da Cunha	39	113,82	1 (50%) 2 (31,3%)	0 a 10 m (71,4%)	0-10 (51,3%) >20 (23,1%)	0,4293	0,3433
Região 7 Monte Belo	8	116,57	n.i.	0 a 10 m (71,4%)	0-10 (62,5%) >20 (0%)	0,1901	0,1521
Região 8 Nova Pádua	13	111,08	n.i.	0 a 10 m (83,3%)	0-10 (76,9%) >20 (7,7%)	0,1483	0,1246
Região 9 Nova Roma	8	101	n.i.	0 a 20 m (75%)	0-10 (37,5%) >20 (12,5%)	0,2423	0,1983
Região 10 São Marcos	17	110,62	1 (50%) 2 (50%)	0 a 10 m (87,5%)	0-10 (82,4%) >20 (5,9%)	0,3529	0,2811
Região 11 Veranópolis	17	110,26	n.i.	0 a 10 m (68,4%)	0-10 (76,5%) >20 (0%)	0,1325	0,106

As águas desse aquífero podem ser classificadas como bicarbonatadas cárnicas ou magnesianas (80,2%), bicarbonatas sódicas (18,4%) e sulfatadas cárnicas ou magnesianas (1,4%). Em geral, apresentam boa qualidade, podendo ser utilizadas para diversos fins (abastecimento, industriais e agrícolas). As alterações na qualidade de água mais comuns, que tem origem natural, estão associadas à presença de ferro e manganês e fluoretos, que podem ocorrer acima dos padrões de potabilidade, tornando as águas impróprias para consumo ou com restrições para alguns tipos de usos.

A caracterização hidrodinâmica evidencia que os aquíferos fraturados apresentam comportamentos variados marcados pela forte anisotropia e pela possibilidade de apresentar variações nos parâmetros e volumes explotados com o tempo. Dessa forma, se a maioria dos poços é explorado sem que tenha sido feito um projeto correto de bombeamento, haverá sérios problemas com relação a perdas de vazão e até o esgotamento dos aquíferos. Infelizmente, esse problema foi evidenciado em campo, pois vários poços foram abandonados em função da diminuição brusca de vazão ou então porque secaram.

Outro fato constatado é que algumas empresas, mesmo tendo um projeto de vazão dimensionado, com base em testes de vazão de 24 horas, passam a retirar um volume superior ao dimensionado, acabando por provocar, com o tempo, o rebaixamento dos níveis e a diminuição da vazão.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

### 4.2 – Principais Problemas Associados aos Aquíferos Fraturados

Na análise dos dados obtidos com o cadastramento dos poços observa-se que os principais problemas estão relacionados a:

- ausência de informações sobre a empresa responsável pela perfuração;
- ausência de dados relacionados a aspectos construtivos e geológicos do poço (profundidade do poço e do revestimento, entradas de água, nível estático e dinâmico, entre outros);
- construção de poços tubulares fora nas normas;
- ausência de testes de bombeamento e projetos de bombeamento;
- superexploração;
- poços abandonados que passam a ser vetores de contaminação.

Em função desses problemas, os aquíferos fraturados passam a sofrer grandes impactos que afetam a disponibilidade, bem como a qualidade desses recursos.

Por exemplo, no caso de bombeamento contínuo, sem vazão definida por teste e projeto de bombeamento, os aquíferos passam a ser superexplorados e isso acaba por provocar um rebaixamento dos níveis até a exaustão completa do sistema, ou seja, o poço seca. Além disso, poços abandonados passam a ser vetores de contaminação, pois muitos foram encontrados abertos sem nenhuma proteção.

Outro ponto a destacar é que poços construídos fora das normas ou com problemas estruturais, geralmente, apresentam alterações com relação à qualidade de água, visto que a água do freático pode acabar infiltrando pela base do revestimento ou por fraturas muito superficiais que não foram isoladas.

### 4.3 – Gerenciamento dos Aquíferos Fraturados e Poços Tubulares

Com base nas características hidrogeológicas e nos problemas encontrados, pode-se definir uma sequência de passos que deveriam ser seguidos pelas usuárias de água subterrânea, quando da utilização de poços tubulares na região.

Esses passos são:

#### a) Legislação:

Inicialmente deve-se destacar que há legislação específica para a parte de recursos hídricos subterrâneos no estado do Rio Grande do Sul, sendo que atualmente é necessário solicitar autorização para a abertura de poços, bem como solicitar outorga para a utilização da água subterrânea. Essa solicitação pode ser feita pela empresa que está sendo contratada para realizar a perfuração, mas isso deve constar em um contrato para garantia da solicitação.

No caso de poços que já foram perfurados e estão sendo utilizados é necessário efetuar a regularização da outorga desses poços. Esses pedidos podem ser feitos por empresas de perfuração ou de consultoria na área do meio ambiente, desde que tenham profissional habilitado para isso.

O pedido de autorização para perfuração e para a outorga ou regularização deve ser feito junto ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH) da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA).

#### b) Perfuração:

A perfuração deve ser feita por empresa habilitada, registrada no CREA e DRH, que tenha profissional habilitado para a execução da obra e que siga as normas brasileiras para a construção de poços. Deve-se solicitar um projeto de perfuração e, após a conclusão da obra, um relatório contendo informações sobre as características construtivas do poço (profundidade total, revestimento, diâmetro, profundidades da entrada de água, perfil construtivo e geológico, laje sanitária, filtros e pré-filtros utilizados, etc...), assinado por responsável técnico habilitado com ART.

#### c) Projeto de Bombeamento:



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

Deve-se solicitar a empresa que vai realizar a perfuração, ou se esta não tem equipamento ou profissional habilitado, a outras empresas, que realizem um teste de vazão por um período de 24 horas, visando com isso obter informações sobre o rebaixamento dos níveis de água e a vazão. Após o término do teste de vazão, deve-se realizar o teste de recuperação que consiste na medição do nível de água, até que o mesmo retorne à posição original ou próxima desta. Somente com os dados desses testes é possível definir a vazão ideal a ser utilizada no bombeamento, pois como destacado anteriormente, os valores fornecidos por testes de produção (realizadas pelas empresas quando da perfuração de poços) geralmente superestimam os valores de vazão.

### d) Monitoramento e Manutenção:

Todos os poços devem ser monitorados, mas principalmente, os poços em aquíferos fraturados, visto que estes são caracterizados por fortes anisotropias e podem apresentar variações no comportamento hidrodinâmico.

Os parâmetros a serem monitorados consistem de: níveis de água (estático e dinâmico), vazão explotada e tempo de funcionamento da bomba. A análise desses parâmetros permite definir se o poço está sendo bombeado dentro do planejado ou se estão ocorrendo alterações no poço ou no aquífero, que possam ser responsáveis por uma queda da vazão ou outros problemas. Também esses parâmetros podem fornecer informações sobre a necessidade de manutenção dos poços.

Além disso deve ser elaborado um programa de manutenção dos poços, voltados para evitar problemas com o equipamento de bombeamento, com o poço (desobstrução de filtros e/ou entradas de água), entre outros.

## 5 Conclusões

Os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral têm grande importância, pois são utilizados para diversos fins (abastecimento, desenvolvimento de atividades industriais, agrícolas e recreativas). Esse tipo de aquífero é caracterizado por uma forte anisotropia e por apresentar variações em diversos parâmetros hidrodinâmicos, bem como na vazão. Dessa forma, os poços tubulares que captam água desses aquíferos devem ser operados e gerenciados de forma correta, evitando problemas que podem estar associados ao rebaixamento dos níveis de água, diminuição da vazão, ou mesmo ao esgotamento total do aquífero.

A forma correta de gerenciar esses recursos inicia com o cumprimento da legislação (necessidade de autorização para perfuração e de outorga para utilização da água subterrânea); com a contratação de empresa capacitada, com responsável técnico e que siga as normas brasileiras de construção dos poços, quando da perfuração; com a elaboração e execução de um projeto de bombeamento e com o monitoramento constante dos poços. Com isso, os poços terão uma vida útil maior e não haverá problemas ambientais como o esgotamento das reservas subterrâneas provocados pela superexplotação.

## Referências

LEITE, E.H.; HAASE, J.F. (Coord). **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas e Rio Taquari**. Fundação de Proteção Ambiental (FEPAM) do Estado do RS. Relatório Técnico. 1999. 55p.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

MACHADO, J. L. F. **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.. **Integração de Dados para Prospecção de Aqüíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS).** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais. UFRGS. Porto Alegre, 2003. 254p.

REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. **Caracterização Estrutural dos Aqüíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Geociências. 36(1):13-22, março de 2006.

REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. **Integração de Dados Geológicos na Prospecção de Aqüíferos Fraturados na Formação Serra Geral.** Águas Subterrâneas – Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 20(1):1-14, junho de 2006.