

MAPA HIDROGEOLÓGICO DO RIO GRANDE DO SUL: UM AVANÇO NO CONHECIMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO

Marcos A. de Freitas¹; José L. F. Machado¹; Ana C. Viero¹; Douglas R. Trainini¹;
Andréa de O. Germano¹; Antonio P. Glugliotta¹; Bráulio R. Caye¹; Geraldo de B. Pimentel¹;
José L. Marques¹; Marcelo Goffermann¹ & Paulo R.R. da Silva¹

Resumo - Este trabalho apresenta os resultados preliminares da execução do Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. O mapeamento, na escala 1:750.000, vem sendo desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, através de convênio firmado com o Governo do Estado do Rio Grande do Sul. O Projeto reúne as informações hidrogeológicas existentes e levanta dados de campo nos trabalhos de cadastramento de poços e mapeamento hidrogeológico. Até o presente, foram cadastrados 3850 poços tubulares, que estão alimentando um banco de dados que utiliza o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS. A realização de seções hidroestratigráficas juntamente com as informações do cadastramento de poços resultou no mapa preliminar dos domínios hidrogeológicos. Os resultados deste Projeto constituirão subsídios técnicos indispensáveis para a gestão racional dos recursos hídricos subterrâneos do Rio Grande do Sul.

Abstract - This paper presents the preliminary results of the *Hydrogeological Map of Rio Grande do Sul State Project*. The mapping, in a 1:750,000 scale, is being developed by CPRM – Brazilian Geological Survey, as a partnership with the State Government of Rio Grande do Sul. The Project gathers the existing hydrogeological information and promotes field inspection data of the works done for the mapping of wells and hydrogeological conditions. Up to the moment, 3,850 wells have already been identified and all relevant information has been input into a database that uses the SIAGAS – Groundwater Information System. The use of hydrostratigraphic analysis together with the wells' mapping information resulted in a preliminary map of the hydrogeological domains. The output of this Project will be an essential source of information to promote the rational management of Rio Grande do Sul State water resources.

¹ CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rua Banco da Província 105, Porto Alegre, RS cep 90.840-030, tel.(51) 32337311, fax (51) 32337772, marcos@pa.cprm.gov.br

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Estado do Rio Grande do Sul vem enfrentando graves problemas envolvendo os seus recursos hídricos, entre os quais a contaminação dos mananciais superficiais e as freqüentes estiagens, intensificando a busca pelas águas subterrâneas. Em função desta situação, os governos federal e estadual estão promovendo, além de outras medidas emergenciais, programas de perfuração de poços visando aumentar a oferta de água para a população. No entanto, estas iniciativas podem ser melhor conduzidas se fundamentadas em um maior conhecimento da hidrogeologia do Estado.

Diante deste quadro, a CPRM - Serviço Geológico do Brasil e o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, através da Secretaria das Obras Públicas e Saneamento, com a interveniência do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento e do Fundo de Investimento em Recursos Hídricos, assinaram um convênio e executam um projeto, iniciado em setembro de 2003 com término previsto para o mês de julho de 2005, para elaboração do Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul, na escala 1:750.000. Um dos objetivos do convênio é fornecer informações e conhecimentos como subsídio ao gerenciamento de recursos hídricos, em nível de macroplanejamento. Como produto do cenário abrangente e integrado, serão destacadas as características gerais dos aquíferos e das províncias hidrogeológicas do Estado de forma acessível ao usuário planejador, aos técnicos envolvidos no setor e aos usuários do setor privado que também utilizam água subterrânea.

Este projeto, ao seu final, será uma grande ferramenta na gestão dos recursos hídricos subterrâneos, permitindo avaliar de modo regional a potencialidade dos aquíferos, suas condições de recarga, aspectos de qualidade das águas subterrâneas, grau de vulnerabilidade à contaminação, problemas de superexploração e esgotamento.

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO NO RIO GRANDE DO SUL

O Estado do Rio Grande do Sul, em relação ao conhecimento hidrogeológico do seu território, é marcado pela pequena produção de trabalhos relacionados com a pesquisa de água subterrânea.

Dos trabalhos mais aprofundados e pioneiros sobre os aquíferos, temos o apresentado por Abrão Hausmann, em 1965, intitulado “Esboço Hidrogeológico do Rio Grande do Sul”, que pode ser considerado como um marco na literatura hidrogeológica sul-rio-grandense, e por muitos anos permaneceu como a única fonte de informação sobre as províncias hidrogeológicas no Estado.

Outro trabalho considerado como um marco no conhecimento da potencialidade dos aquíferos e do Sistema Aquífero Guarani (SAG), foi o relatório denominado “Projeto Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul”, produzido pela CPRM em 1973. Este projeto mapeou uma área de 67.000 km², com levantamentos geológicos, hidrogeológicos, além de cadastramento de poços tubulares, escavados e fontes. Vários ambientes geológicos foram abrangidos, sendo que os principais aquíferos mapeados foram os sistemas basálticos e porosos do Triássico ao Cretáceo.

Com relação aos trabalhos regionais de nível acadêmico, temos os estudos dos aquíferos porosos e basálticos fraturados que pertencem à área de ocorrência do SAG e que foram objeto de dissertações de mestrado e teses de doutorado, as quais pela sua importância citaremos aquelas defendidas junto ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da UFRGS:

- Estudo Hidrogeológico para a instalação de captação de águas subterrâneas no arenito Botucatu, município de Alegrete (RS) de Schrader (1970);
- Pesquisa sobre o Aquífero Basáltico da Região Sudoeste do Rio Grande do Sul de Martins (1979);
- Estudo Hidrogeológico nas Províncias Litológicas do Estado do Rio Grande do Sul, de Sanberg (1980);
- Características Hidrodinâmicas dos Aquíferos Basálticos do Rio Grande do Sul, de Dewes (1980);
- Estudo Hidrogeoquímico das Águas Subterrâneas no Estado do Rio Grande do Sul, de Abreu (1981);
- Banco de Dados Hidrogeológicos e Análise Estatística da Vazão dos Poços do Estado do Rio Grande do Sul, de Pessôa (1982);
- Análise Estrutural e Hidrogeológica do Aquífero Fraturado da Formação Serra Geral Região Noroeste do Rio Grande do Sul, de Möbus (1987);
- Caracterização Morfoestrutural e Hidrogeológica de Aquíferos em Meio Fraturado através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Análise Estatística em setor do Planalto Meridional – RS, de Takahashi (1991);
- Análise Hidrogeológica da Região Sudoeste do Rio Grande do Sul através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, de Eilers (1993);
- Aplicações de Sensoriamento Remoto e Análise de Lineamentos em Estudos Tectônicos na Região de São Francisco de Assis, Porção da Borda Meridional da Bacia do Paraná, de Frasca (1996);
- Integração de Dados Geológicos para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS), de Reginato (2003).

Outra relevante pesquisa, intitulada “Fácies, estratificação hidrogeoquímica e seus controladores geológicos em unidades hidrogeológicas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul”, de Lisboa (1996).

Ainda com relação aos trabalhos regionais sobre os aquíferos no Rio Grande do Sul, deve ser mencionada a publicação da Acta Geologica Leopoldensia, Série Mapas, intitulada “Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul”, de Hausmann (1995).

Com relação aos mapeamentos hidrogeológicos em áreas de ocorrência do SAG, eles são ainda mais raros. Dentre estes mapeamentos pode ser citado o “Mapa de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos da Folha de Santa Maria”, em escala 1:100.000, de Machado (1994).

Machado (1998), com o trabalho intitulado “Hidroestratigrafia Química Preliminar dos Aquíferos da Região Central do RS”, confirma que o Membro Passo das Tropas, da Formação Santa Maria, é o aquífero mais importante da região central do estado.

Também são registrados vários artigos de hidrogeologia, publicados em revistas especializadas e congressos da ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas) e da ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos), que tratam de áreas dispersas nos diversos aquíferos do Rio Grande do Sul.

PROJETO MAPA HIDROGEOLÓGICO DO RIO GRANDE DO SUL

O Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul reúne as principais informações existentes nos trabalhos acima citados, somado aos dados levantados em campo nas atividades de cadastramento de poços e mapeamento hidrogeológico, que vêm sendo realizadas pelas equipes da CPRM.

O cadastramento de poços tubulares tem por objetivo a obtenção de informações para a elaboração do mapa hidrogeológico, além da geração de um banco de dados georreferenciado.

Inicialmente, foram consultados os arquivos e bancos de dados dos órgãos do Estado que perfuram poços tubulares, visando a orientação e qualificação do cadastramento no campo.

Adicionalmente, foram feitos contatos com empresas de perfuração de poços para obtenção de informações litológicas, construtivas e de qualidade de água dos poços tubulares. Os contatos mantidos são constantes na medida em que surgem novos dados ou se verificam pendências naqueles obtidos em campo.

Além destas fontes de informação, foram consultados cerca de 2300 poços no SIAGAS, perfurados por diferentes empresas e órgãos públicos.

A sistemática de trabalho adotada compreende a execução de uma varredura territorial completa, buscando cadastrar o máximo de poços possíveis nos municípios onde aflora o aquífero Guarani ou onde ele esteja mais próximo da superfície (Figura 1). Nas demais áreas, o objetivo é

cadastrar pelo menos 3 poços representativos por município. Os dados obtidos em campo são transcritos para os Boletins de Entrada de Dados – BED, do Sistema de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS.

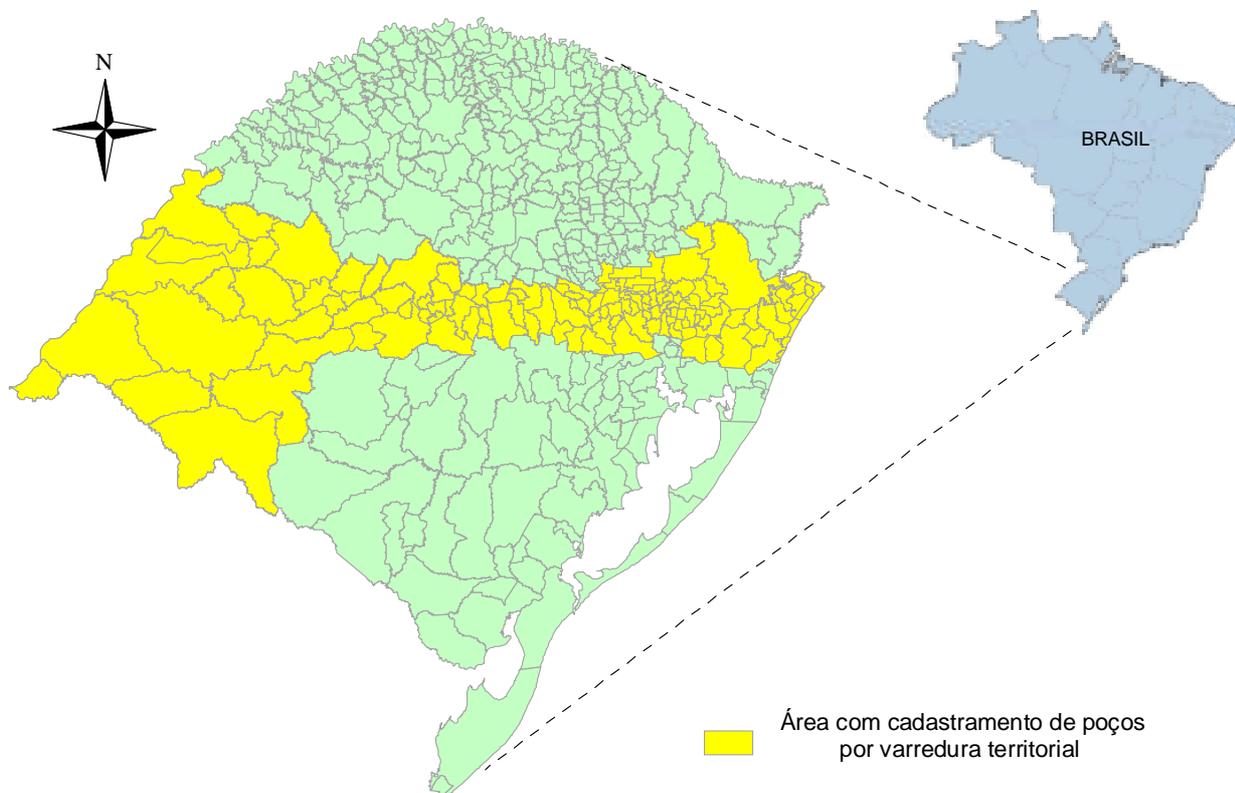


Figura 1 – Área selecionada para cadastramento de poços tubulares por varredura territorial.

O SIAGAS compreende um cadastro nacional de pontos de água desenvolvido pela CPRM, com o objetivo de subsidiar e apoiar a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Consiste em um sistema público e com acesso gratuito, que tem por meta aglutinar os dados e informações dispersas em bancos regionais e particulares, antes de difícil acesso aos usuários.

A alimentação do banco de dados é realizada pela Superintendência Regional de Porto Alegre (SUREG/PA) desde 1996, contando sempre com a colaboração das empresas de perfuração de poços e de órgãos públicos, como a Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, Secretaria de Desenvolvimento e Obras do Estado do Rio Grande do Sul - através do Projeto Açudes e Poços, e o Departamento de Comandos Mecanizados – DCM, da Secretaria de Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul. Projetos executados pela CPRM constituem outra importante fonte de alimentação da base de dados.

No cadastramento de campo, são verificados: as coordenadas do poço com receptor de navegação GPS - *Geographical Position System*; a situação do poço; dados do proprietário; níveis; dados de testes de bombeamento; equipamento de bombeamento; aspectos construtivos (revestimento, laje sanitária); uso da água e vazão mensal produzida. A cada poço é atribuída uma sigla e é realizado o seu registro fotográfico para mostrar as condições em que se encontram os poços na ocasião do cadastro (Figura 2). Dados de pH, condutividade elétrica e temperatura são medidos com laboratórios móveis (Figura 3). Quando disponíveis, são obtidas análises físico-químicas e bacteriológicas junto aos proprietários.



Figura 2 – Registro fotográfico do poço com placa de identificação



Figura 3 – Laboratório móvel constituído por medidor de pH e condutivímetro

Os trabalhos de coleta de dados geológicos, hidrogeológicos e mapeamento vêm sendo direcionados a fim de aprimorar e ampliar os conhecimentos dos diversos sistemas aquíferos no Rio Grande do Sul. Para isso, estão sendo realizadas seções geológicas e hidroestratigráficas com a finalidade de interpretar a distribuição das várias unidades litoestratigráficas.

RESULTADOS PRELIMINARES

Até o presente, foram cadastrados no campo 1550 poços localizados na porção centro-leste do Estado. Além destes, o banco de dados do Projeto já possui 2300 poços existentes na base do SIAGAS, totalizando 3850 poços cadastrados, que estão representados na Figura 4.

A cartografia hidrogeológica evoluiu a partir da realização de seções hidroestratigráficas e das informações do cadastramento de poços, resultando no mapa preliminar dos sistemas hidrogeológicos (Figura 5). Entende-se por sistemas hidrogeológicos um conjunto de unidades litoestratigráficas que apresentam comportamento hidrogeológico semelhante. O mapa foi elaborado a partir da interpretação hidrogeológica das unidades litoestratigráficas do Mapa Geológico do Rio Grande do Sul executado pela CPRM (no prelo) e representa o primeiro passo do mapeamento hidrogeológico na escala 1:750.000. As litologias foram agrupadas segundo suas semelhanças no comportamento hidrogeológico. Desta forma são apresentados 09 sistemas, descritos a seguir:

Aquíferos Fissurais do Escudo Cristalino – aquíferos descontínuos, relacionados a rochas ígneas e metamórficas fraturadas do escudo cristalino;

Aquíferos Porosos Permianos – aquíferos contínuos intergranulares relacionados às formações areníticas Rio Bonito e Grupo Itararé;

Aquitardos Permianos – aquitardos relacionados aos sedimentitos finos (argilitos e siltitos) das formações Palermo, Irati, Estrada Nova e Rio do Rasto;

Aquíferos Porosos Triássicos - aquíferos contínuos intergranulares relacionados às formações arenosas Pirambóia, Sanga do Cabral e Santa Maria;

Aquíferos Porosos Eo-Cretáceos - aquíferos contínuos intergranulares relacionados às formações areníticas Guará e Botucatu;

Aquíferos Fissurais Serra Geral – aquíferos descontínuos relacionados às lavas básicas e ácidas da Formação Serra Geral;

Aquíferos Porosos Cenozóicos Costeiros – aquíferos intergranulares relacionados aos depósitos arenosos costeiros;

Aquíferos Porosos Cenozóicos Coluvionares – aquíferos intergranulares relacionados aos colúvios e depósitos de encosta;

Aqüíferos Porosos Cenozóicos Aluvionares – aqüíferos intergranulares relacionados aos espessos depósitos aluvionares recentes.

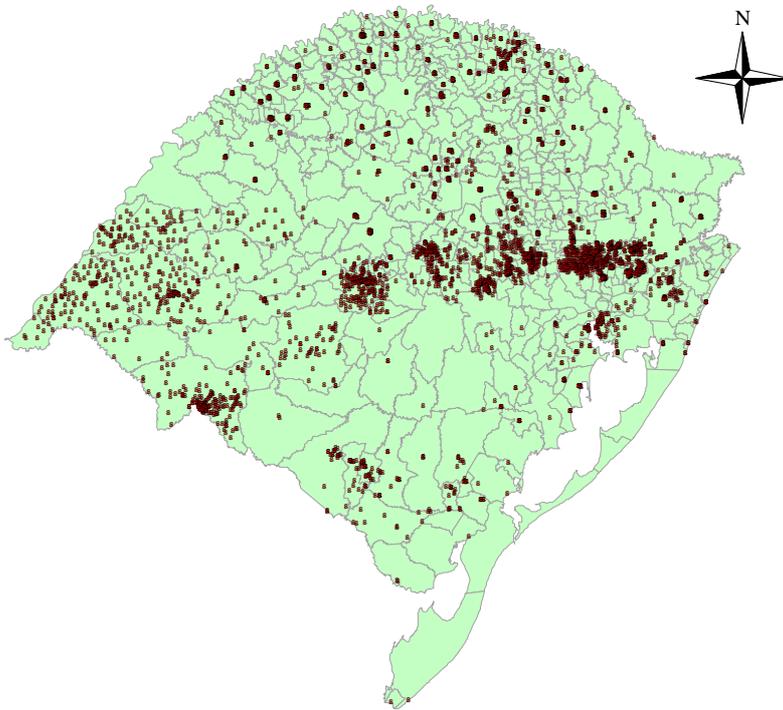


Figura 4 - Distribuição espacial dos poços tubulares cadastrados no Rio Grande do Sul

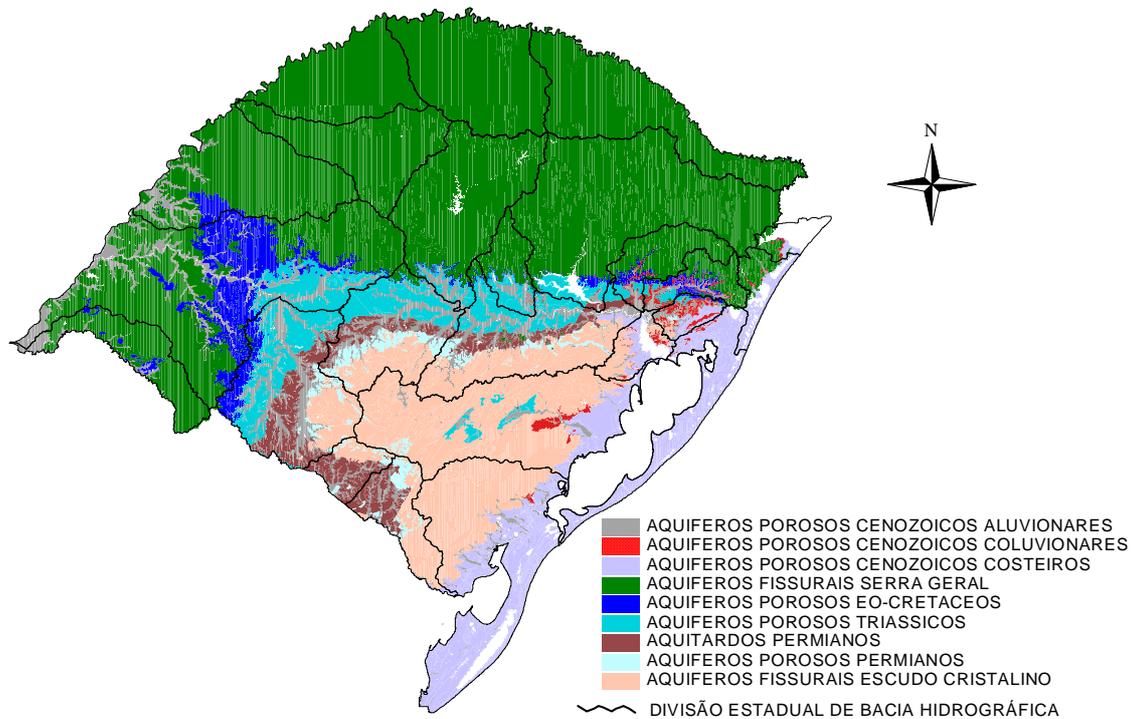


Figura 5 - Mapa preliminar dos sistemas hidrogeológicos do Estado do Rio Grande do Sul

As seções geológicas e hidroestratigráficas realizadas na primeira etapa do mapeamento hidrogeológico enfocaram as várias unidades, desde o período Triássico até o Cretáceo. Para um melhor entendimento das seções, foram visitados os poços que atravessam o basalto e atingem o aquífero Guarani, alguns deles de grande profundidade: Cotiporã - 2 poços (280m e 350m); Caxias do Sul - Vila Cristina (120m), Hotel Reynolds (trancado aos 660m), Vila Seca (600m) e CESA (733m); Veranópolis – Usina Velha (530m); Nova Prata – Atanásio N°1 (1.300m), Santa Bárbara (712m) e Aventura (636m).

As principais seções são descritas e interpretadas a seguir:

- *Seção Estância Velha – Picada Café – Nova Petrópolis – Vila Cristina – Caxias do Sul.*

Nesta região encontram-se as maiores alternâncias de afloramentos do topo da Formação Botucatu e base da Formação Serra Geral. A Formação Botucatu, composta por arenitos finos e médios com estratificação cruzada, ocupa praticamente todos os vales, em especial aqueles onde assentam-se a cidade de Picada Café e a localidade de Vila Cristina, pertencente ao município de Caxias do Sul.

As maiores altitudes invariavelmente são dominadas pelos derrames de lavas. Nas áreas de menor altitude, como em Estância Velha, ocorrem rochas correlacionadas com a Formação Pirambóia. Os poços que atravessam esta formação, apesar das litologias eólicas, apresentam menor potencialidade hídrica quando comparados com aqueles perfurados na Formação Botucatu. Em Caxias do Sul a profundidade do topo do SAG está no entorno de 700 metros, com cotas do nível estático em +160 metros. O aquífero com porosidade específica em torno de 20%, possui água termal que, no entanto, devido a grande profundidade apresenta altos custos para a captação.

- *Seção Cotiporã – Veranópolis – Nova Prata – Nova Bassano*

Esta região é a mais nova fronteira do Estado do Rio Grande do Sul com relação à ocorrência de águas termais, próprias para a instalação de estâncias turísticas. As cotas dos níveis estáticos dos poços perfurados estão aproximadamente entre +200 e +130 metros e em todos eles ocorrem litologias correlacionáveis aos arenitos da Formação Botucatu capeadas pelos derrames vulcânicos. As temperaturas encontradas oscilam entre 33°C e 41°C, prestando-se para a utilização em aproveitamentos geotérmicos e balneários.

- *Seção Lajeado – Estrela – Bom Retiro do Sul – Taquari*

A região abrangida por esta seção mostrou-se extremamente complexa do ponto de vista estrutural, litológico e hidroestratigráfico. Do ponto de vista estrutural, ela encontra-se afetada pelo

sistema de falhamentos de direção nordeste, associados com a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu, estando na fronteira do bloco alçado da Fachada Atlântica.

Quanto às litologias, os poços atravessam ora arenitos eólicos capeados por derrames de lavas, ora intercalações de leitos fraturados e leitos porosos, tornando difícil a visualização e individualização do topo da Formação Botucatu. Também ocorrem aquíferos predominantemente argilosos com lentes finas arenosas, aflorantes e em grande parte da área recobertos por litologias basálticas.

A hidroestratigrafia pode ser resumida como aquíferos porosos confinados por litologias fraturadas do Serra Geral. Os aquíferos são representados pelas Formações Botucatu, Caturrita e Passo das Tropas.

- *Seção Cruzeiro do Sul – Venâncio Aires – Santa Cruz do Sul*

A região de Cruzeiro do Sul até Santa Cruz do Sul caracteriza-se pela quase total ausência de arenitos eólicos da Formação Botucatu. Predominam aqui os poços em que o aquífero basáltico está em contato direto com aquíferos do Grupo Rosário do Sul, destacando-se o Aquífero Passo das Tropas.

- *Seção Pantano Grande – Rio Pardo – Santa Cruz do Sul*

Nas proximidades de Pantano Grande, sentido de Rio Pardo, afloram litologias das Formações Rio do Rasto e Pirambóia. A Formação Rio do Rasto, considerada um aquífero que limita a base do Sistema Aquífero Guarani, apresenta-se como uma sucessão de pelitos arroxeados ou levemente avermelhados e acinzentados com muitas concreções pequenas e elipsoidais e uma estrutura geral plano-paralela. A Formação Pirambóia apresenta-se francamente arenosa, avermelhada e com estruturas acanaladas e de convolução, além de, no topo do afloramento, apresentar arenitos mais finos com estruturação eólica cruzada. Até as proximidades de Rio Pardo, apesar da falta de afloramentos, supõe-se, pela morfologia, que predominem as rochas sedimentares da Formação Pirambóia. Nesta região, com a presença de litologias arenosas, esta formação comporta-se como o primeiro nível aquífero do Sistema Aquífero Guarani.

Nas imediações da entrada da cidade de Rio Pardo aparecem as melhores exposições da Formação Sanga do Cabral, com arenitos finos a muito finos, siltitos arenosos e argilosos de cores avermelhadas e rosadas, em que predominam estruturas acanaladas de origem fluvial. A presença predominante de frações arenosas finas e de pelitos faz com que esta formação seja considerada mais como um aquífero do que propriamente um aquífero.

Nas proximidades de Santa Cruz do Sul ocorrem litologias do Membro Alemoa da Formação Santa Maria e da Formação Caturrita. Na região do Distrito Industrial afloram os sedimentos siltico-argilosos do Membro Alemoa com coloração avermelhada, homogêneos e aspecto erosivo bastante característico. Ao norte da cidade, a Formação Caturrita aflora sob a forma de lentes sigmoidais de

arenitos finos, formando uma fácies deltáica em conjunto com os pelitos avermelhados. Observam-se também muitas concreções calcíferas na base das camadas arenosas. Além destas unidades, ocorre em subsuperfície o Membro Passo das Tropas, da Formação Santa Maria, que constitui o principal aquífero captado na região.

- *Seção Santa Maria – São Pedro do Sul – Mata*

Na cidade de Santa Maria situam-se afloramentos considerados representativos do Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria, que é um dos principais aquíferos da região central. Entre estes, um dos mais importantes é a Seção-Tipo do Membro Passo das Tropas (Bortoluzzi, 1974), nas proximidades do arroio de mesmo nome, na estrada Santa Maria - São Sepé, além de outros afloramentos com relações de contato da Formação Sanga do Cabral com o Membro Passo das Tropas.

Nesta região foram identificados poços tubulares que captam águas do Membro Passo das Tropas e outros que captam águas provenientes do aquífero Pirambóia, neste caso com artesianismo jorrante e águas de maior salinidade.

Entre São Pedro do Sul e Mata observam-se afloramentos da Formação Botucatu, inclusive com relações de contato do mesmo com o Arenito Mata, que ocorre no topo da Formação Caturrita. Em um desses afloramentos pode ser avaliada uma fonte de contato entre as duas formações.

O Arenito Mata, aflorante na cidade de mesmo nome, caracteriza-se pela ocorrência de troncos silicificados e origem fluvial, com faciologia muito semelhante ao Membro Passo das Tropas. Em direção ao município de Jaguari, após cruzar o Sistema de Falhamentos Jaguari-Mata, ocorrem os primeiros afloramentos da Formação Guará. Os arenitos apresentam-se silicificados, esbranquiçados, com granulometria fina e muito semelhantes a um quartzito.

- *Seção Jaguari – Santiago – São Francisco de Assis - Manoel Viana.*

Entre os municípios de Jaguari e Santiago ocorre o contato entre as litologias ácidas da Formação Serra Geral e as rochas gonduânicas. Em Nova Esperança do Sul, encontra-se o mais importante conjunto de cavernas nos arenitos eólicos da Formação Botucatu, com extensão total de galerias da ordem de 500 metros e com pelo menos duas nascentes de água em fraturas do arenito. No município de Unistalda, ocorre novamente o contato entre as litologias arenosas eólicas e basálticas em cotas superiores a 300 metros, sendo que a situação topo-estrutural dos aquíferos mostra-se muito desfavorável ao armazenamento de água.

Entre Santiago e São Francisco de Assis, após o contato das litologias da Formação Serra Geral com as gonduânicas, vislumbra-se uma morfologia de mesetas, algumas de extensão superior a um quilômetro, que correspondem ao topo silicificado da Formação Guará, de origem fluvial

nesta região. De São Francisco de Assis em direção ao município de Manoel Viana, predominam as litologias arenosas da Formação Guará, muito alteradas inclusive com a formação de bossorocas e arenização (campos de areia). Na cidade de Manoel Viana voltam a aparecer as litologias arenosas da Formação Botucatu, capeadas por derrames vulcânicos da Formação Serra Geral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas próximas etapas estão previstas: a conclusão do cadastramento por varredura na área de ocorrência do SAG e dos poços representativos no restante do Estado (Banco de Dados); interpretação dos dados de hidrodinâmica (fluxos de água nos diversos domínios aquíferos), hidráulica (vazões esperadas e potencialidade dos domínios aquíferos) e hidroquímica (caracterização dos tipos químicos e qualidade das águas dos domínios aquíferos), e plotagem em mapa, na escala 1:750.000, dos principais domínios aquíferos delimitados através da compilação, cadastramento, interpretação e integração dos dados.

Com a conclusão deste projeto, o Estado do Rio Grande do Sul irá dispor de um sistema de informações hidrogeológicas composto por um mapa e banco de dados georreferenciado, o que constituirá um subsídio técnico indispensável para a gestão e uso racional dos seus recursos hídricos subterrâneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abreu I. B. 1981. *Estudo hidrogeológico das águas subterrâneas no estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 145 p.
- [2] Dewes R.. 1980. *Características hidrodinâmicas dos aquíferos basálticos do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 145 p.
- [3] 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, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1 v.
- [4] Frasca A . A . S. 1996. *Aplicações de sensoriamento remoto e análise de lineamentos em estudos tectônicos na região de São Francisco de Assis, porção borda meridional da bacia do Paraná, RS* Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 105 p.

- [5] Hausman A. 1965. Esboço Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. In: *Semana de Debates geológicos*. Porto Alegre, RS. Centro Acad. Est. Geol, UFRGS. P.37 –71.
- [6] Hausman A. 1995. Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*. Série Mapas. São Leopoldo, RS.
- [7] 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*. Curso de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. 135 p.
- [8] Machado J.L.F. 1994 Mapa Hidrogeológico da Folha de Santa Maria, RS. Escala 1:100.000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos. Projeto Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos. CPRM. SUREG/PA.
- [9] Machado J.L.F. 1998 Hidroestratigrafia Química Preliminar dos Aquíferos da Região Central do Rio Grande do Sul. In: 10º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ABAS. São Paulo, SP.
- [10] Martins J. C. S. 1979. *Pesquisa sobre o aquífero basáltico da região sudoeste do Rio Grande do Sul* Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1 v.
- [11] Möbus G. 1987. *Análise estrutural e hidrogeológica do aquífero fraturado da Formação Serra Geral região noroeste do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 124 p.
- [12] Pessôa M. S. 1982. *Banco de dados hidrogeológicos e análise estatística da vazão dos poços do estado do Rio Grande*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1 v.
- [13] Presotto C. A.; Dias A. de A.; Kirchner C. A.; Garcia P. F. 1973 *Projeto Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul* : relatório final. Porto Alegre, DNPM/CPRM. 3 v. (Inédito)
- [14] Reginato P. A . R.. 2003. *Integração de dados geológicos para prospecção de aquíferos fraturados em trecho da bacia hidrográfica Taquari-Antas, RS*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 254 p.
- [15] Sanberg J. R. D. 1980. *Estudo hidrogeológico nas províncias litológicas do estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1 v.
- [16] Schrader G. O. 1970. *Estudo hidrogeológico para a instalação de uma estação de captação de águas subterrâneas no arenito Botucatu, município de Alegrete*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 43 p.

- [17] 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*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 145 p.