

# AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA REGIÃO DE LAJEADO-RS-BRASIL

Eduardo Reckziegel de Sousa<sup>1</sup>, Rudi José Pereira de Sousa<sup>2</sup> & Jorge Roberto Hallmann<sup>2</sup>

**RESUMO** - A região do Alto Taquari situa-se na porção central do estado do Rio Grande do Sul, encontrando-se inserida no contexto hidrogeológico do Aquífero Guarani. Estudos hidrogeológicos realizados nesta região permitiram a caracterização hidrodinâmica e hidrogeoquímica do aquífero. Situada na borda sul do Aquífero Guarani, a região é expressa geologicamente pelas Formações Rio do Rasto/Santa Maria Indivisas, Botucatu e Serra Geral. O aquífero apresenta características de confinado, com valores de coeficiente de armazenamento de 3 a  $8 \times 10^{-4}$  chegando a  $10^{-3}$  em áreas restritas e valores de transmissividade que variam de 135 a 260 m<sup>2</sup>/dia. Os principais controles hidrogeoquímicos da área de estudo estão relacionados a espessura da Formação Serra Geral e proximidade às áreas de recarga. Os teores de Dureza variam de 10 a 210 mg/l, onde os maiores teores são encontrados próximos a escarpa do planalto, nas maiores espessuras da Formação Serra Geral. Os teores de Sólidos Totais variam de 200 a 300 mg/l, com padrão de distribuição de isotores similar ao de Dureza. Os baixos de teores de dureza existentes a noroeste da área de estudo podem ser indicativos de existência de recarga do aquífero pelo Rio Forqueta.

**ABSTRACT** - The Alto Taquari region is located in the central part of Rio Grande do Sul state and belong to the hydrogeologic context of the Guarani Aquifer. Hydrogeologic survey makes possible the aquifer hydrodynamic and hydrogeochemistry characterization. The region is located in the southernmost part of the Guarani Aquifer, composed by three volcano-sedimentary geological formations of Paraná Basin: Rio do Rasto/Santa Maria undivided formations, Botucatu formation and Serra Geral Formation. The aquifer present a confined behavior in the most part of region, with storativity values between  $10^{-4}$  and  $10^{-3}$ . The trasmissibility values are between 135 and 260 m<sup>2</sup>/day and pump rate values are between 5 and 120m<sup>3</sup>. The main hydrogeochemical controls in the region are related to the thickness of the Serra Geral formation and distance to local recharge areas. Hardness concentrations are between 10 and 210mg/l and the higher concentrations are found near to the higher thickness values of the Serra Geral Formation, while the lower concentrations are found near local recharge areas. Total Solids Dissolved (TDS) concentrations are between 200 and 300 mg/l, with the same pattern of hardness concentrations. Low hardness concentrations found at the northwest parte suggest local recharge areas near the Forqueta river.

---

<sup>1</sup> AmbiTerra – Tecnologia de meio ambiente

<sup>2</sup> ACQUA Geologia e Engenharia LTDA

**Palavras-chave:** Aquífero Guarani; Hidrogeologia

## **1. INTRODUÇÃO**

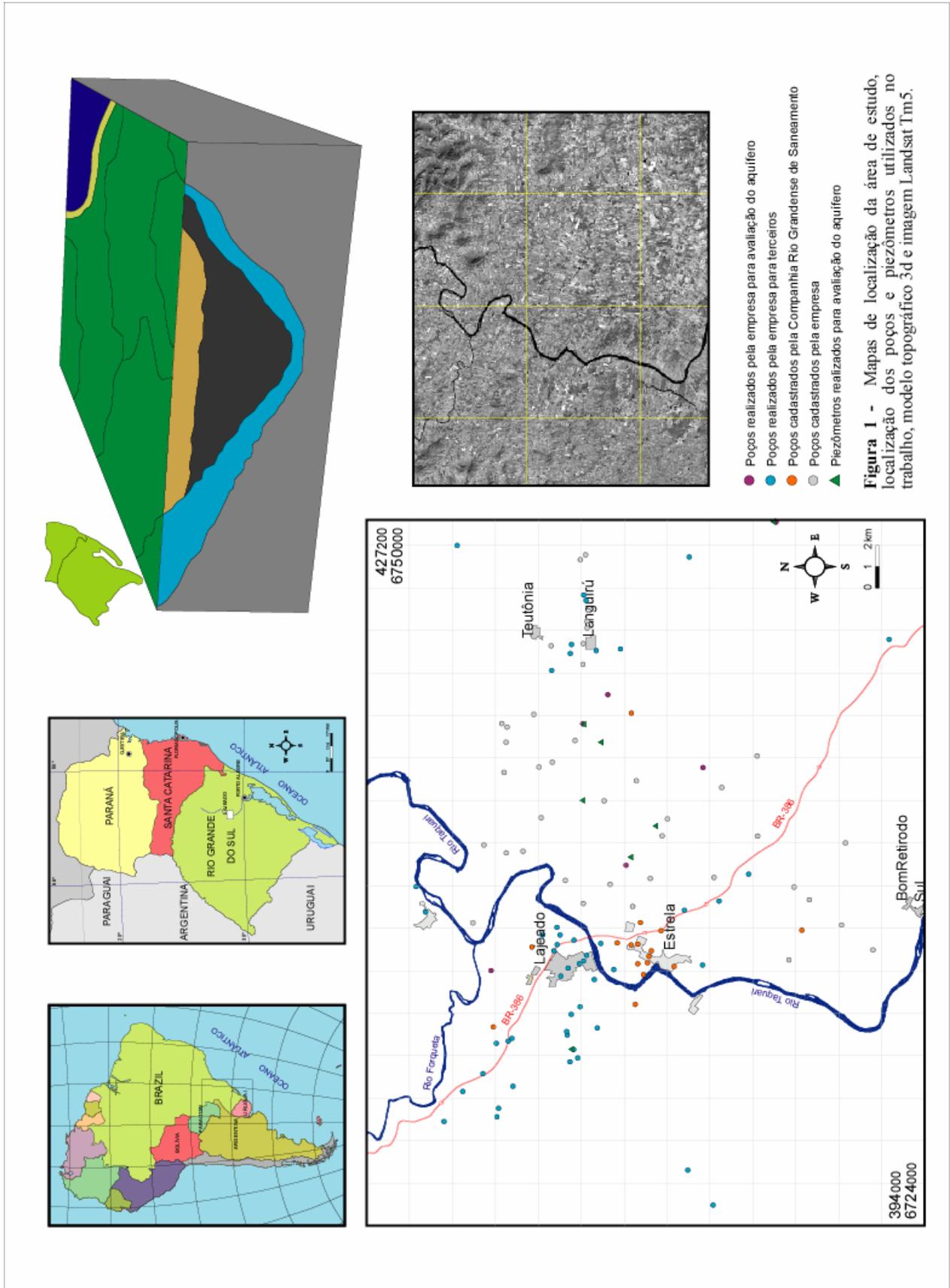
A região de Lajeado situa-se na porção central do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas UTM 394000 6724000 e 427200 6750000 (figura 1), abrangendo uma área aproximada de 865 Km<sup>2</sup> e encontrando-se inserida no contexto hidrogeológico do Aquífero Guarani. Estudos hidrogeológicos sistemáticos vem sendo realizados nos últimos 10 anos para construção de poços tubulares e avaliação do aquífero tornaram possível a caracterização hidrodinâmica e hidrogeoquímica do aquífero, delimitação de zonas de recarga, bem como áreas favoráveis a exploração em nível industrial e avaliação da vulnerabilidade do aquífero.

## **2. DADOS**

O presente trabalho foi realizado com base em dados de poços desde 1989, piezômetros regionais construídos no período de 1999-2000, dados de poços cadastrados pela CORSAN – Companhia Rio-grandense de Saneamento no municípios de Lajeado e Estrela, e poços cadastrados em toda a área de estudo, num total de 130 poços.

Trabalhos de mapeamento geológico em escala 1:25.000 foram realizados nas zonas de maior interesse, junto com aerofotointerpretação.

Todos os dados compilados e produzidos foram georeferenciados em AutoCAD para integração geral de dados e futura confecção de um mapa hidrogeológico.



### 3. GEOLOGIA DA ÁREA

As unidades geológicas da área de estudo pertencem ao intervalo Permo-Triássico da Bacia do Paraná, representadas pelas Formações Rio do Rasto/Santa Maria indivisas, Botucatu e Serra Geral (figura 2A). Sedimentos recentes são encontrados de maneira subordinada, e não possuem relevância no estudo do aquífero.

As Formações Rio do Rasto/Santa Maria indivisas pertencem ao intervalo Permiano-Triássico inferior e não encontram-se aflorantes na área de estudo, ocorrendo somente em profundidade (70-170m) subjacente à Formação Botucatu ou diretamente à Formação Serra Geral na porção sudoeste. Estas formações são constituídas por arenitos lenticulares finos bem selecionados, arenitos grosseiros e argilitos de coloração avermelhada, relacionados a ambientes fluviais na base (Formação Rio do Rasto) e lagunares no topo (Formação Santa Maria).

A Formação Botucatu é constituída por rochas sedimentares do Triássico Superior, subjacentes a Formação Serra Geral ou aflorantes em porções localizadas, com espessuras que variam de 20 a 120 metros. São arenitos arcóseos a quartzosos de coloração rosada, boa seleção e granulometria variando de média a fina. Como estrutura predominante, apresenta estratificações cruzadas de grande porte, características de ambiente eólico.

A Formação Serra Geral é representada por rochas vulcânicas aflorantes em praticamente toda a área de estudo, com espessuras que variam de 10 a 600 metros. Variam de basaltos vesiculados de coloração cinza-claro, associados a topo de derrame a basaltos isotrópicos de coloração cinza-escura com menor número de vesículas. Correspondentes sub-vulcânicas desta formação ocorrem de maneira localizada em na forma de *sills* e diques de diabásio, assim como lentes de arenitos *intertraps* com espessuras de até 40 metros.

Sedimentos aluvionares recentes estão presentes nas proximidades dos Rios Taquari e Forqueta, constituídos por argilas de coloração avermelhada, por vezes orgânicas, com seixos e cascalhos na base, junto ao *bed rock*, com espessura de até 20 metros.

Falhamentos encontram-se amplamente distribuídos na área de estudo, separados em falhamentos regionais com direções preferenciais NE e NW de até 20Km, e falhamentos de menor expressão com direções preferenciais E e NE de 500m a 4Km de comprimento. Zonas de disjunção horizontal estão presentes em toda a área da porção vulcânica da Formação Serra Geral.

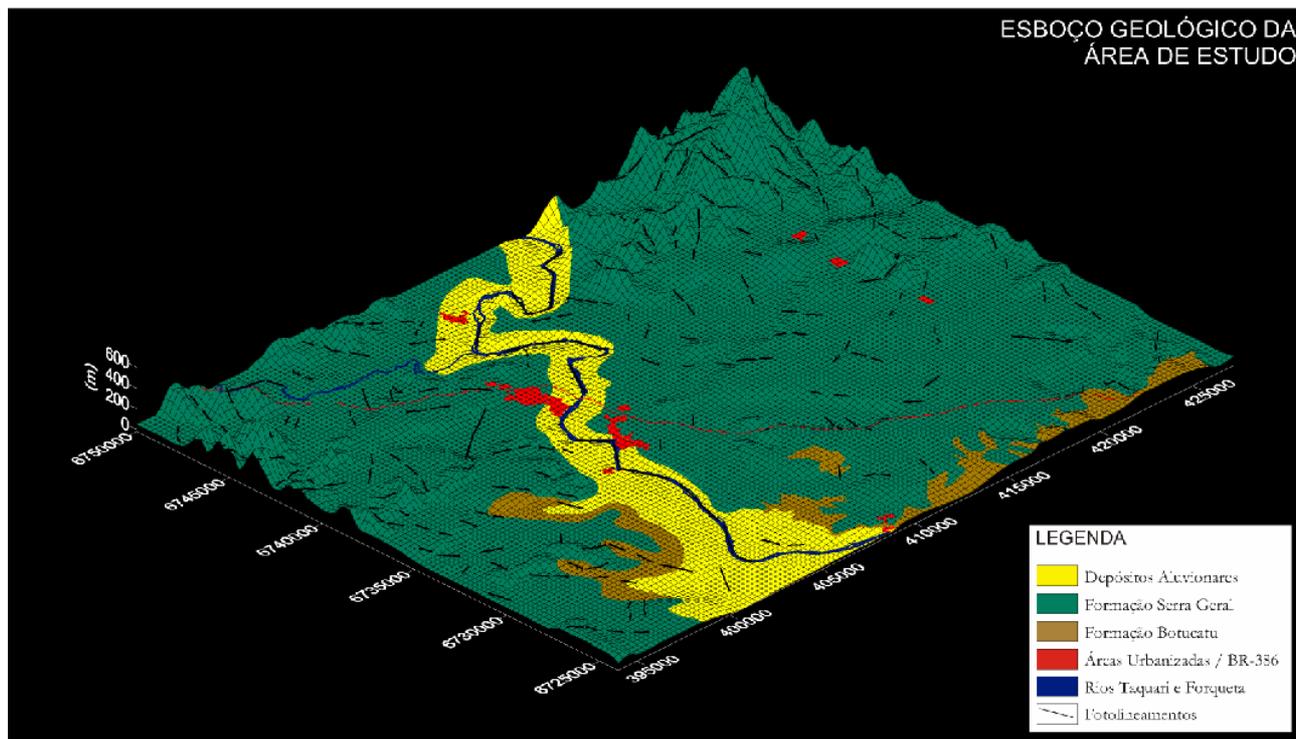


Figura 2 – Esboço geológico da área de estudo.

#### 4. RELEVO, CLIMA E VEGETAÇÃO

A área de estudo está inserida na porção ocidental da Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral (IBGE, 1986) e pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí, representada na região, pelo Rio Taquari e seus principais afluentes.

Representa o trecho de maior expressão territorial e maior recuo das vertentes da área serrana. É caracterizado por um relevo dissecado, onde as rochas basálticas da Formação Serra geral, e os terraços fluviais associados a Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, geram uma superfície aplainada com colinas rasas e vertentes levemente inclinadas.

O aprofundamento dos vales fluviais da ordem de 32 a 50 metros, por vezes, possibilita o afloramento dos arenitos da Formação Botucatu. Estes por sua vez, caracterizam diversos morros testemunho ao longo de toda a área de estudo.

O padrão de drenagem, em geral, é do tipo retangular a angular com diversas orientações, onde a rede fluvial, encontra-se adaptada as linhas estruturais dos sistemas de falhamentos regionais existentes na área.

A cobertura vegetal original, é caracterizada pela Floresta Estacional Decidual (IBGE, 1986), onde a atividade agrícola, caracterizada principalmente por minifúndios, praticamente a substituiu.

O clima na região é subtropical úmido, com temperaturas médias acima de 20°C nos meses de verão e inferiores a 15°C nos meses de inverno, o índice pluviométrico médio anual é da ordem de 1400mm.

## 5. POÇOS CADASTRADOS

Os poços cadastrados estão distribuídos em toda a área de estudo, com maiores concentrações nas cidades de Lajeado e Estrela (figura 1). Estes apresentam profundidades que variam entre 50 e 150 metros, com vazões de 2 a 120m<sup>3</sup>/h. Os poços de maior vazão estão na sua maioria relacionados aos falhamentos regionais e fraturamentos secundários, enquanto que os poços de menor produtividade encontram-se em áreas onde a Formação Serra Geral apresenta contatos diretamente com as Formações Rio do Rasto – Santa Maria indivisas.

## 6. HIDROGEOLOGIA

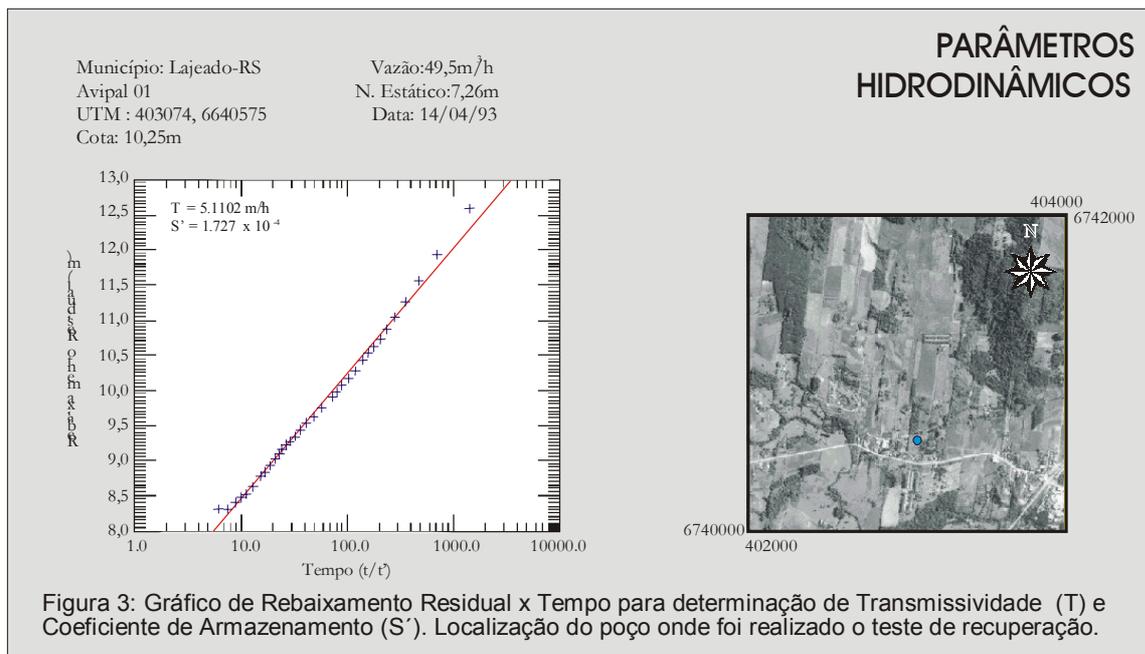
A área de estudo posiciona-se, a nível regional, na borda sul do Aquífero Guarani, próxima às áreas de recarga regional do aquífero.

O aquífero possui características de confinado, com áreas localizadas onde os parâmetros hidrodinâmicos evidenciam um comportamento semi-confinado, provavelmente relacionada a pouca espessura de basaltos junto com um intenso fraturamento dos mesmos. Os valores de coeficiente de armazenamento variam de 3 a 8 x 10<sup>-4</sup>, com valores da ordem de 10<sup>-3</sup> em áreas localizadas. Os valores de transmissibilidade variam de 135 a 260m<sup>2</sup>/dia.

Os poços de maior produtividade da região estão em áreas onde a Formação Botucatu encontra-se subjacente a Formação Serra Geral, com vazões entre 10 e 30m<sup>3</sup>/h. Adicionalmente, poços localizados sobre os falhamentos regionais apresentam vazões de até 120m<sup>3</sup>/h.

A Formação Botucatu apresenta espessuras entre 40 e 90 metros e um paleorelevo que varia de maneira muito irregular, apresentando cotas de topo entre -70 e 120m. Esta irregularidade é atribuída principalmente a erosão diferencial e basculamento de blocos como reflexo dos falhamentos regionais existentes.

As áreas onde a Formação Serra Geral recobre diretamente as Formações Rio do Rasto / Santa Maria indivisas em geral apresentam baixa produtividade, com vazões que não ultrapassam 10m<sup>3</sup>/h.



## 7. HIDROGEOQUÍMICA

Por estar situada na borda do Aquífero Guarani, próximo as áreas de recarga e sob espessura relativamente pequena de basaltos (Formação Serra Geral), as águas subterrâneas da região de Lajeado apresentam em geral uma ótima qualidade de água, não apresentando restrições para uso.

Os principais controles hidrogeoquímicos que atuam na qualidade das águas subterrâneas da região estão relacionados a espessura da Formação Serra Geral, proximidade aos falhamentos regionais e às áreas de recarga, fato este evidenciado pelos mapas de isotores (fig. 2B,2C e 2D).

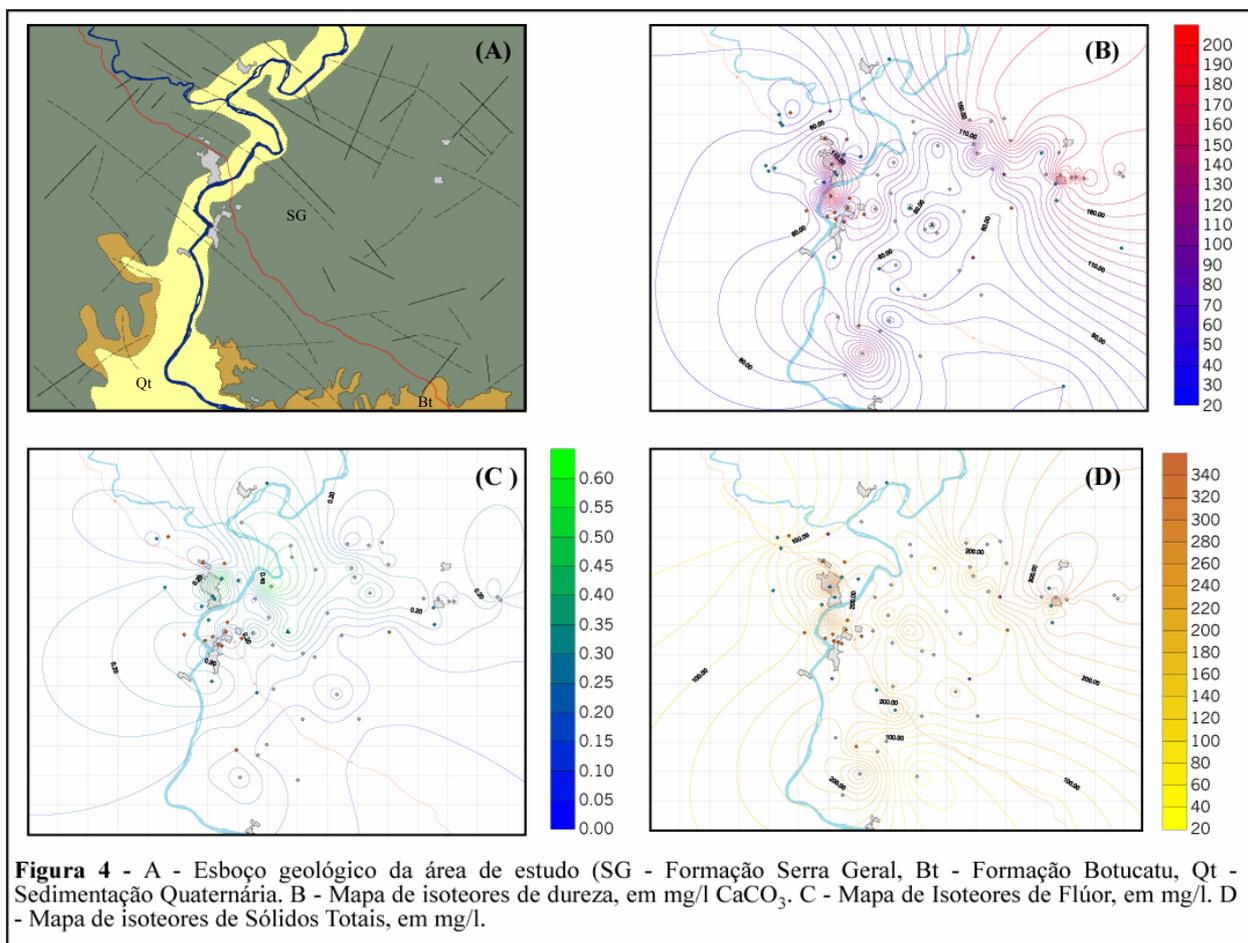
Os teores de Dureza variam de 10 a 210 mg/l ao longo da área de estudo. Observa-se que os altos teores são encontrados próximos a escarpa do planalto (regiões norte e nordeste da área de estudo), onde são encontradas as maiores espessuras da Formação Serra Geral. As áreas mais próximas as áreas de recarga e com menores espessuras da Formação Serra Geral (região sul da área de estudo) apresentam baixos teores, em torno de 70 mg/l. Valores anômalos para os teores de dureza são encontrados próximos às cidades de Lajeado, Estrela e Bom Retiro do Sul, provavelmente relacionadas a erros analíticos ou mineralizações secundárias em falhamentos.

Os teores de Sólidos Totais variam de 200 a 300mg/l. O padrão de distribuição de isotores é similar ao de Dureza, com teores altos (em torno de 200mg/l) nas proximidades da escarpa do planalto, e teores baixos (em torno de 60mg/l) próximos as áreas de recarga. Valores anômalos para os teores de Sólidos Totais são encontrados nos mesmos poços que apresentaram anomalias nos teores de Dureza, corroborando a hipótese de erro analítico. Os baixos teores de dureza existentes a noroeste da área de estudos podem ser indicativos que exista recarga do aquífero pelo Rio Forqueta.

O flúor apresenta distribuição homogênea em praticamente toda a área de estudo apresentando um *trend* de anomalia positiva NW nas regiões de Linha São José, Costão e Linha Geraldo, provavelmente associada a falhamentos de mesma orientação.

O pH possui teores que variam entre 6 e 8,6 distribuídos de maneira irregular ao longo da área de estudo. Observa-se no entanto que a região sul-sudeste da área apresenta valores menores, provavelmente devido a maior proximidade às áreas de recarga e menor tempo de residência no aquífero.

Os teores de magnésio variam de 5 a 40 mg/l e apresentam distribuição relativamente homogênea nas águas da Formação Botucatu, sendo que as águas explotadas da Formação Rio do Rasto apresentam teores mais elevados de até 90 mg/l.



## 8. ZONAS DE RECARGA

As principais zonas de recargas locais do aquífero estão situadas ao sul da área de estudo, onde a Formação Botucatu encontra-se aflorante (figura 2). Embora as zonas de recargas na região são relativamente pequena em relação a área coberta pela Formação Serra Geral, é importante salientar que esta estende-se por algumas dezenas de quilômetros a Sul, influenciando na dinâmica do aquífero tanto em termos regionais quanto locais.

Indícios de outras zonas de recarga são encontradas ao longo do Rio Forqueta, devido aos baixos teores de Dureza e Sólidos Totais encontrados nas proximidades deste rio, juntamente com o fato de que o Rio Forqueta situa-se sobre um lineamento regional de orientação W-NW, aumentando a potencialidade de recarga do aquífero por fraturamentos.

## **9. VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO**

Uma vez que a maioria da área de estudo é coberta pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, as áreas de maior vulnerabilidade do aquífero restringem-se a áreas onde a realização precária de poços possa gerar focos de contaminação. As áreas de recarga local do aquífero também constituem áreas de vulnerabilidade, uma vez que a contaminação superficial pode ser transportada a todo aquífero. Adicionalmente, se a contribuição do Rio Forqueta para recarga do aquífero for confirmada, constituirá uma zona de grande vulnerabilidade, onde a poluição deste rio ou seus afluentes resultarão na contaminação direta do aquífero.

## **10. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A realização deste trabalho permitiu a elaboração de um modelo conceitual de fluxo de águas subterrâneas, uma definição bastante precisa da geologia da região e potencialidade econômica bem como a elaboração de um amplo banco de dados e um Sistema Geográfico de Informações da região.

Observa-se que os poços de maior produtividade da região estão associados aos grandes falhamentos regionais da região nas áreas onde a Formação Serra Geral se faz presente. A unidade hidroestratigráfica mais importante é a Formação Botucatu, de caráter sedimentar, uma vez que as rochas da Fm. Rio da Rasto/Santa Maria apresentam baixa porosidade e permeabilidade.

Quanto a hidrogeoquímica, os maiores controladores estão relacionados à espessura da Fm. Serra Geral e zonas de recargas locais, se que as águas mais apropriadas para uso industrial se encontram próximas às zonas de recargas devido aos baixos teores de dureza e Sólidos Totais.

Trabalhos adicionais de monitoramento, análises químicas e mapeamento geológico de detalhe permitirão a realização de um mapeamento hidrogeológico de detalhe e modelamento matemático de fluxo de águas subterrâneas.

## 11. AGRADECIMENTOS

À ACQUA Geologia e Engenharia LTDA por tornar possível a realização deste trabalho, a CORSAN pelo fornecimento de dados dos poços, aos professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Evandro Fernandes de Lima, Nelson Amoretti Lisboa e Claiton Marlon dos Santos Scherer pelas sugestões e discussões.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS, H.C.N.S. 2000a. *Modelación conceptual y matemática del acuífero guaraní, cono sur*. Acta Geologica Leopoldensia. Série Mapas. XXIII(4). São Leopoldo. Pg 3-50.
- CUSTÓDIO, E. LLAMAS, M.R. 1983. *Hidrologia Subterrânea*. 2ª Edición, Ed. Ômega.
- GALLOWAY, W.E., SHARP JR., J.M. 1998. *Characterizing Aquifer Heterogeneity within Terrigenous Clastic Depositional Systems*. In: Fraser, G.S., Davis, J.M., 1998. Hydrogeologic Models of Sedimentary Aquifers. SEPM.
- HAUSMAN, A. 1962. *Aspectos hidrogeológicos das áreas basálticas do Rio Grande do Sul*. Anales de las Primeras Jornadas Geológicas Argentinas. Buenos Aires. Tomo II. Pg 103-136.
- IBGE, 1986. *Levantamento de recursos naturais – Folha SH 22 Porto Alegre e parte das folhas SH21 Uruguiana e SI 22 Lagoa Mirim*. V. 33.