

Figura 7.17 Poço 7 QU - 02 - RS em Quarai, perfurado nas Unidades Hidroestratigráficas Botucatu e Guar captando exclusivamente a segunda unidade.

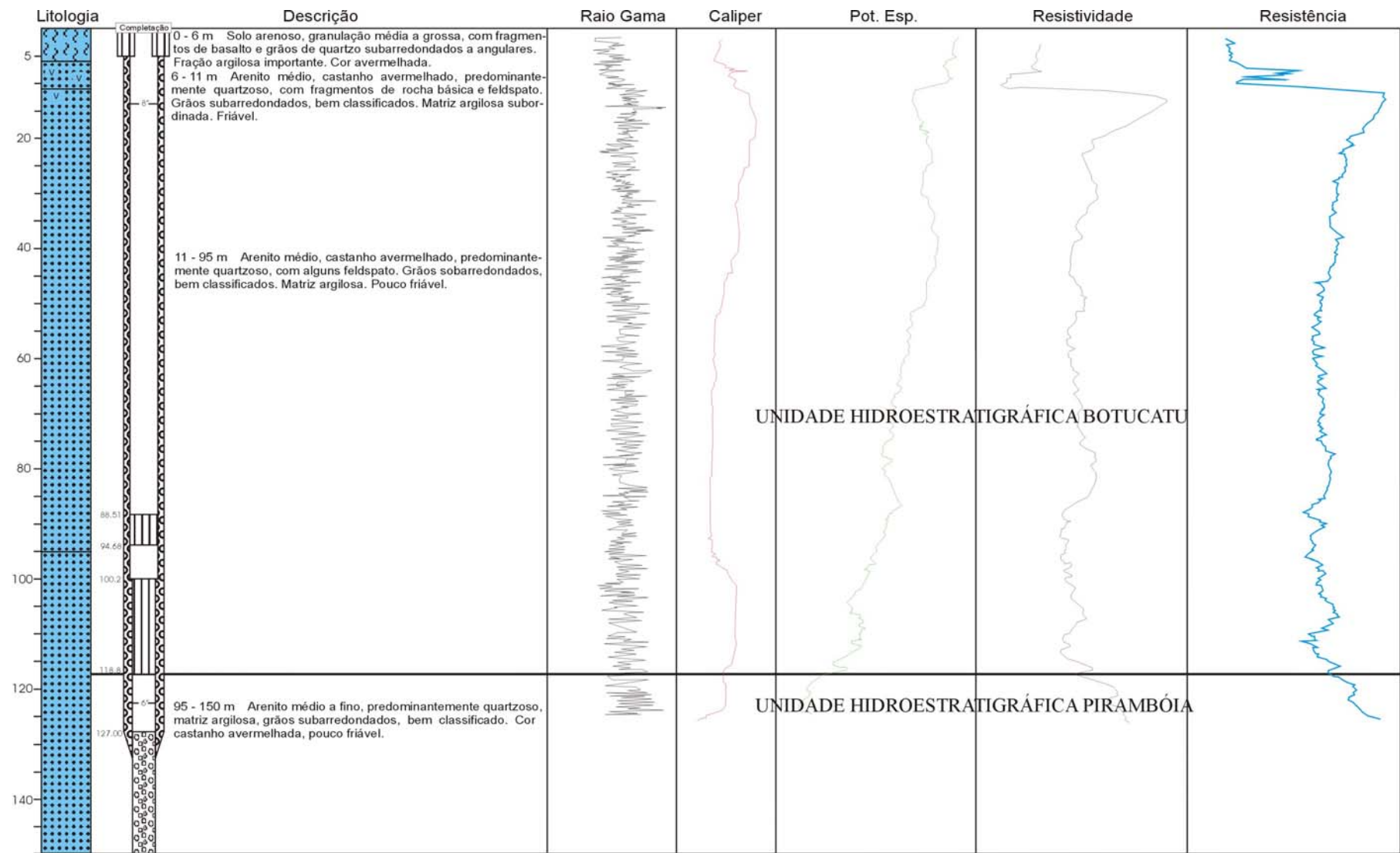


Figura 7.18 Poço tubular 9 FE - 01 - RS na cidade de Feliz, atravessando as Unidades Hidroestratigráficas Botucatu e Pirambóia, mostrando uma grande uniformidade granulométrica na primeira unidade.

100 m na área de afloramento, onde está afetada por intensa erosão. Seu comportamento em subsuperfície é de difícil definição, pois existem poucas perfilações geofísicas nos poços tubulares que captam o conjunto aquífero, sendo as amostras de calha descritas de modo a não possuir detalhamento suficiente para a separação das duas unidades aquíferas. O contato discordante com a Formação Botucatu, sua equivalência à Formação Tacuarembó no Uruguai e a inversão no sentido das paleocorrentes dos depósitos fluviais, indicam que provavelmente sua sedimentação tenha ocorrido no final do Jurássico. A descoberta recente de pegadas de dinossauros ornitópodes, saurópodes e terópodes, reforçam essa idade (Schultz *et al.*, 2002). A sua área de ocorrência começa no município de Jaguari e finaliza em Santana do Livramento (na porção brasileira).

Scherer & Lavina (1997) a descrevem como uma sucessão de arenitos finos a conglomeráticos, de cores esbranquiçadas a avermelhadas, com estratificações cruzadas de pequeno a grande porte e laminação plano-paralela, intercalados ocasionalmente com níveis centimétricos de pelitos, representando ambientes eólicos e fluviais. No município de Santana do Livramento, os arenitos de origem fluvial mostram-se maciços e com cores creme a amareladas muito características. As granulometrias tendem a diminuir desde os municípios de Jaguari e São Francisco de Assis até Santana do Livramento, onde predomina arenitos finos com estratificação cruzada de grande porte, de natureza eólica.

A feição geomorfológica resultante da presença de crostas endurecidas no topo das Unidades Hidroestratigráficas Guará e Botucatu, sempre dificulta a sua separação a partir de mapeamento fotogeológico e de campo, porém o exame detalhado das estruturas remanescentes, indica claramente a presença ou não de estratificações eólicas de grande porte da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu ou as superfícies plano-paralelas ou acanaladas da Unidade Hidroestratigráfica Guará. A ocorrência de arenitos com feições de dunas eólicas de grande porte nas duas unidades hidroestratigráficas dificultam a sua individualização em subsuperfície, e freqüentemente dá origem a enganos na identificação de qual aquífero está sendo captado, pois as unidades caracterizam-se pelo excelente comportamento hidráulico.

O exame dos perfis geofísicos geralmente possibilita uma clara divisão entre as sedimentações dessas unidades hidroestratigráficas. Os valores de radioatividade gama da Unidade Hidroestratigráfica Guará são maiores que aqueles encontrados nos arenitos eólicos (Unidade Hidroestratigráfica Botucatu) devido a maior proporção de argilas nos sedimentos. Também são típicos os picos radioativos rítmicos que indicam variações litológicas, devido a uma sucessão de sedimentações fluviais, eólicas e lacustres associadas.

Poços perfurados integralmente nessa unidade hidroestratigráfica e que apresentam boas descrições litológicas, podem ser encontrados nas cidades de São Francisco de Assis e Santana do Livramento.

Existem duas situações geológicas para os poços perfurados em São Francisco de Assis: a) poços que estão em uma cota topográfica de aproximadamente 100 m, atravessam intrusões de diabásio de espessura variável e na base podem atingir litologias da Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral. Nesse caso, as capacidades específicas são predominantemente baixas, com valores variando entre 0,24 e 1,46 m³/h/m e as vazões captadas entre 9,0 e 15,0 m³/h; b) poços em que as cotas estão acima de 120 m até aproximadamente 180 m. As captações estão exclusivamente na fácies fluvial, com arenitos médios e grossos, o que resulta em uma capacidade específica de 1,60 a 13 m³/h/m. As vazões captadas nesses poços situam-se entre 25 e 75 m³/h, o que confirma a boa porosidade e permeabilidade das litologias atravessadas.

No município de Santana do Livramento, essa unidade hidroestratigráfica é captada por poços tubulares, com projetos e construção bem orientados e, em alguns casos, as obras contam com perfilagens geofísicas. De modo geral, os poços da área urbana captam quase exclusivamente a Unidade Hidroestratigráfica Guará e, apenas em raros casos, perfuram a base dos arenitos eólicos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Nos perfis geofísicos podem ser detectadas porções do aquífero em que existe maior homogeneidade granulométrica, porém o que caracteriza os perfis é a variação do teor das argilas.

De modo semelhante à cidade de São Francisco de Assis, as litologias apresentam boa porosidade e permeabilidade. As capacidades específicas nos poços variam entre 0,90 e 6,23 m³/h/m e as vazões de captação alcançam a

100 m³/h. Duas situações podem ser observadas com relação à produção dos poços: a) fora da zona urbana, na parte leste do município, diminuí as espessuras da Unidade Hidroestratigráfica Guará e os poços começam a captar arenitos muito finos e siltitos que pertencem a Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral. Nessas condições os poços apresentam capacidades específicas inferiores a 0,5 m³/h/m e baixas vazões; b) no sopé do Cerro Registro, os poços mesmo sendo perfurados quase integralmente na Unidade Hidroestratigráfica Guará, mostram condições hidrogeológicas especiais, podendo captar vazões que excedem a 200 m³/h. Nesse caso, a produtividade dos poços pode ser explicada pelas condições estruturais que afetaram o aquífero, sendo que o fato de existirem essas vazões excepcionais, sugeriu durante muito tempo que o aquífero presente em Santana do Livramento fosse a Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. As características dessa unidade em afloramentos podem ser visualizadas nas Figuras 7.20, 7.21 e 7.22 e as condições em subsuperfície na Figura 7.23. A área de ocorrência conhecida atualmente está limitada pelo Sistema de Falhas Jaguari – Mata, como pode ser visto na Figura 7.24.



Figura 7.20 Morros aplainados formadas pela silicificação dos arenitos do topo da Unidade Hidroestratigráfica Guará, visualizados da estrada que liga Santiago a São Francisco de Assis.



Figura 7.21 Detalhe do arenito de origem fluvial com seu topo silicificado mantendo a topografia e formando morros aplainados, localizado próximo da cidade de São Francisco de Assis.



Figura 7.22 Arenitos eólicos da Unidade Hidroestratigráfica Guarú sobrepostos por pelitos e arenitos de interdunas. Afloramento na estrada que liga São Francisco de Assis a Manoel Viana.

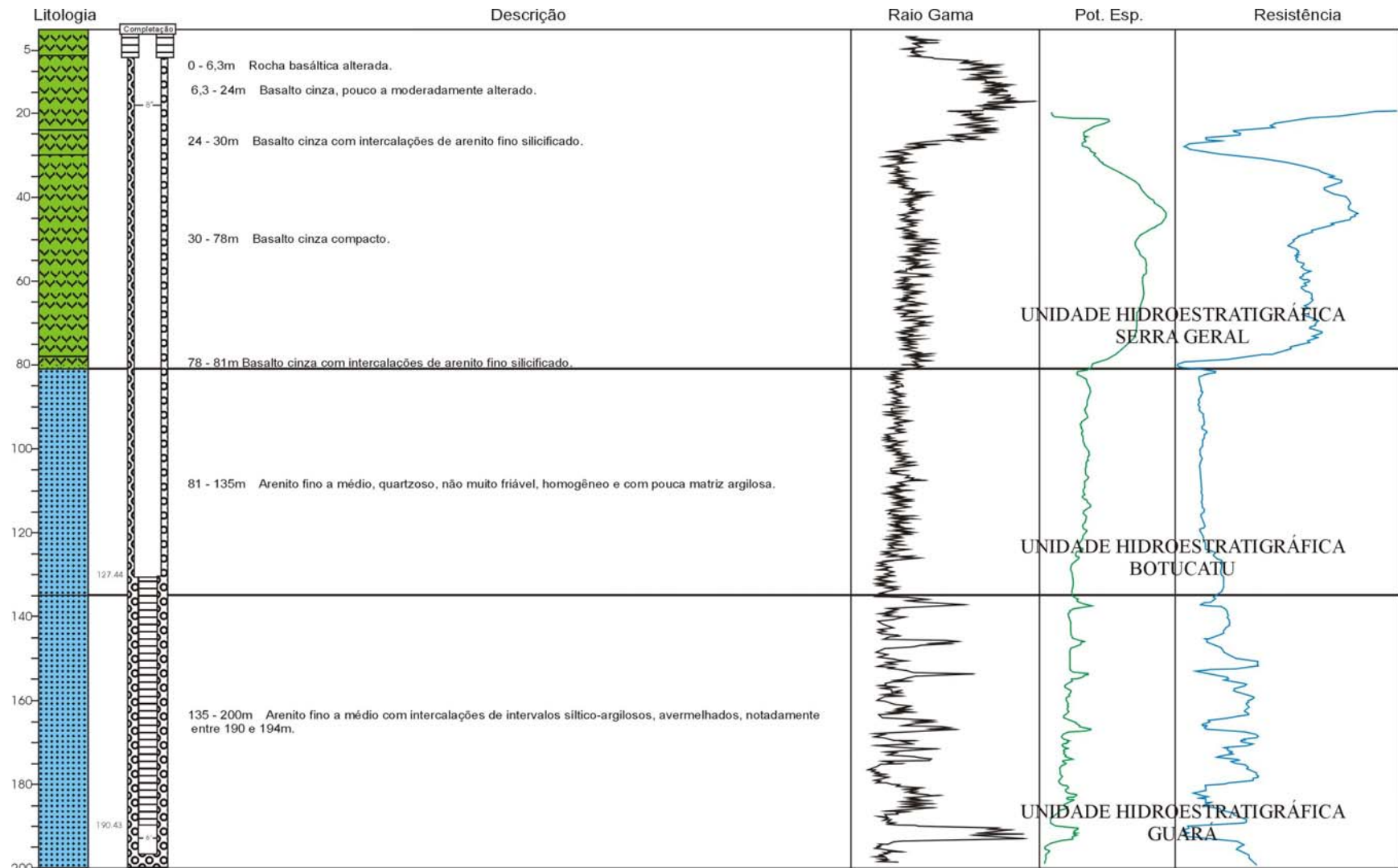


Figura 7.23 Poço tubular 9 UR - 14 - RS de Uruguaiana, seccionando as Unidades Hidroestratigráficas Botucatu e Guará, captando somente esta última unidade. No perfil gama/resistência é possível visualizar grandes diferenças no conjunto litológico, nem sempre perceptíveis em amostras de calha.

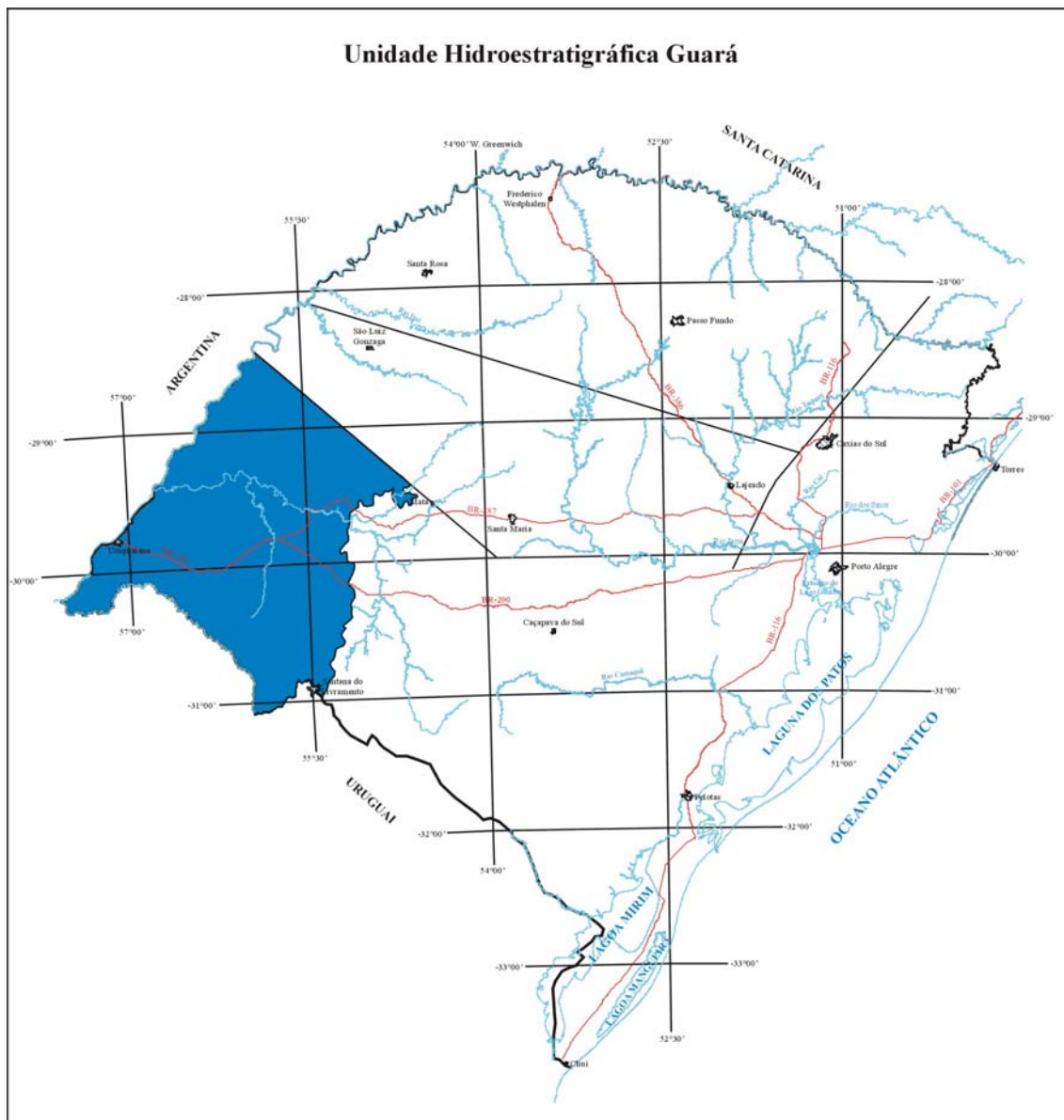


Figura 7.24 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Guará dentro do Compartimento Oeste, limitada pelo Sistema de Falhas Jaguari - Mata.

7.5 Unidade Hidroestratigráfica Arenito Mata

Esta unidade possui seus principais afloramentos na região localizada entre os municípios de São Pedro do Sul e Mata, fazendo parte da Sub-Província Rosário, de Hausmann (1995), e ocupando a menor área aquífera dentro do conjunto litológico do SAG.

Ela é constituída por sedimentos arenosos grossos a conglomeráticos, quartzosos, avermelhados e com abundantes estratificações cruzadas planares e tangenciais, tendo sido descrita e interpretada por Faccini (1989, 2000). Associados com esses arenitos também estão presentes pelitos laminados de cores cinza a tons de vinho, sílticos, intercalados com arenitos oriundos dos depósitos de canais fluviais, evidenciando a deposição em planície de inundação. Os poços que apresentam descrição litológica mostram que os arenitos assentam-se sobre a Unidade Hidroestratigráfica Alemoa. Uma das características mais marcantes e que identifica essa unidade em afloramentos é a presença de um abundante conteúdo de madeira silicificada.

O perfil geofísico do poço G SPS 3b da CORSAN em São Pedro do Sul, mostra uma grande similaridade com a sedimentação da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 (que será descrita adiante). As condições de porosidade e permeabilidade são muito favoráveis para o fluxo de água subterrânea. O fator topo-estrutural, entretanto, compromete negativamente essa unidade como reservatório de águas subterrâneas. Nos poços observa-se o “efeito cascata”, quando não revestidos ou com filtros nesse intervalo. Devido a pequena espessura que a Unidade Hidroestratigráfica Alemoa possui nessa região, é também possível uma recarga indireta para a Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1.

Nas Figuras 7.25 e 7.26 visualiza-se seu comportamento nas áreas de afloramento. Na Figura 7.27 o perfil geofísico mostra sua relação com as demais unidades hidroestratigráficas e na Figura 7.28 está sua área de ocorrência.



Figura 7.25 Lenhos fósseis característicos da Unidade Hidroestratigráfica Arenito Mata em afloramento próximo de São Pedro do Sul.



Figura 7.26 Detalhe dos arenitos fluviais grosseiros, que apresentam lenhos fósseis em afloramento próximo a cidade de Mata.

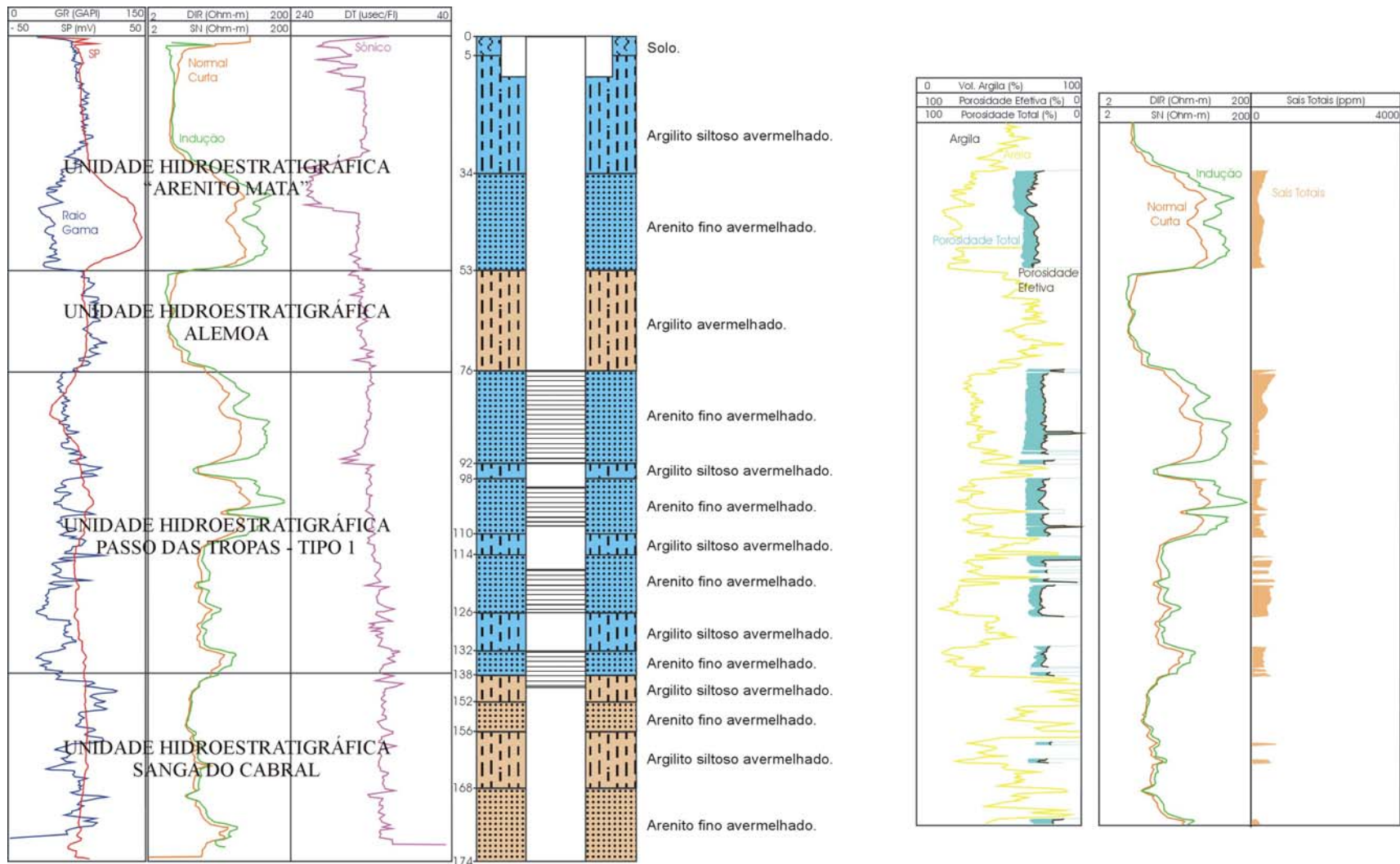


Figura 7.27 Perfil geofísico composto do poço G SPS 3b de São Pedro do Sul, onde se observa a relação da Unidade Hidroestratigráfica Arenito Mata com as litologias das Unidades Hidroestratigráficas Passo das Tropas 1 e Alemoa.

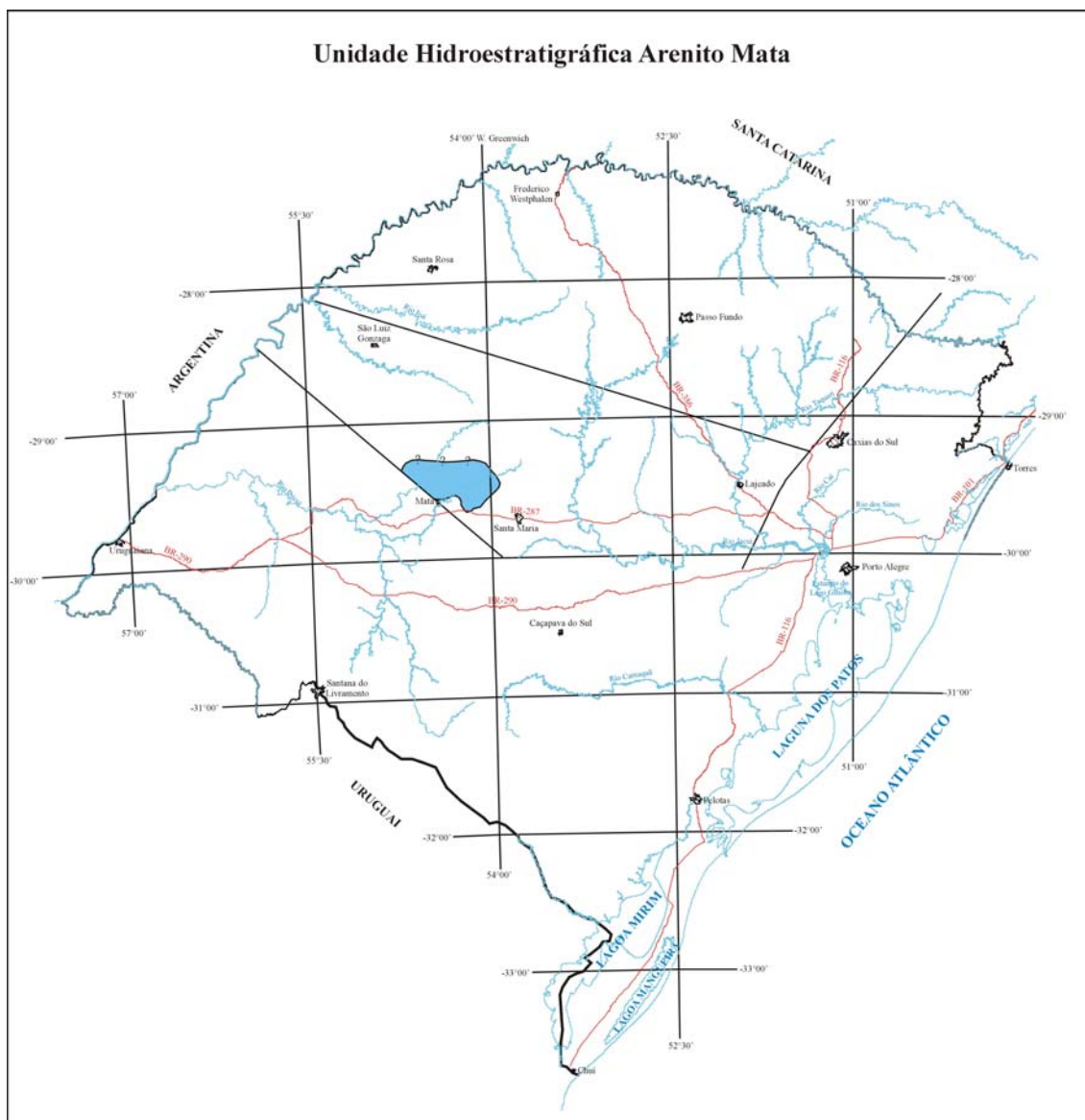


Figura 7.28 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Arenito Mata junto ao Sistema de Falhas Jaguari - Mata.

7.6 Unidade Hidroestratigráfica Caturrita

Este conjunto aquífero corresponde ao conjunto de camadas arenossiltíticas fluviais e deltáicas, correspondentes à Formação Caturrita, que ocorrem acima do Membro Alemoa da Formação Santa Maria. Considerada inicialmente por Bortoluzzi (1974) como pertencente à Formação Botucatu como seu membro inferior, foi elevada à categoria de formação por Andreis *et al.* (1980), passando a constituir para estes autores, o topo do Grupo Rosário do Sul.

Apresenta uma grande percentagem de arenitos, predominantemente finos, além de uma pequena participação de pelitos. Dominam as cores avermelhadas e castanho-avermelhadas, mas os tons lilás são igualmente comuns. Sua espessura pode ser superior a 50 m.

As estruturas primárias mais freqüentes são as estratificações cruzadas planares e acanaladas, de pequeno a médio porte. Laminações plano-paralelas cruzadas cavalgantes também ocorrem. Esta formação marca o estabelecimento de condições tipicamente fluviais, que variam de uma região para a outra de um padrão fluvial do tipo anastomosado para o de rios que apresentam um sistema de canais meandantes culminando com canais entrelaçados no topo.

A composição litológica, com a ocorrência de espessas camadas de arenitos, em uma área extensa, habilita a Unidade Hidroestratigráfica Caturrita como potencialmente aquífera. Apesar de todas as condições favoráveis, poucos dados existem sobre este aquífero. Os poços que o atravessam, em sua maioria, captam águas conjuntamente de outros aquíferos, em especial a Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 e 2. Segundo Machado (1990) na cidade de Santa Maria a vazão dos poços que captam este aquífero raramente ultrapassam a 5 m³/h. Nas regiões próximas ao rio Ibicuí-Mirim, e localidades de Arroio Grande e Faxinal do Soturno, apresentam potencialidade para poços com 20 m³/h. Os níveis estáticos são pouco profundos variando de 4 a 12 m. A água é de excelente qualidade, com baixo teor de sais dissolvidos.

A Unidade Hidroestratigráfica Caturrita apresenta uma grande heterogeneidade com respeito às suas características de porosidade e permeabilidade. Desse modo, no município de Agudo a capacidade específica varia entre 0,23 a 0,60 m³/h/m e os poços captam vazões entre 3,0 e 6,6 m³/h, ocorrendo também poços nulos. Em Nova Palma parte do aquífero está confinada pela Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral e as vazões oscilam entre 5 e 40 m³/h.

Os estudos evidenciam que, ao lado das condições litológicas mais promissoras, encontram-se condições adversas ao fluxo subterrâneo devido ao posicionamento topo-estrutural ou geomorfológico. Em grande parte da área de afloramento, e por consequência de recarga do aquífero através das chuvas, o mesmo ocupa posições de encosta, onde predomina o escoamento superficial. As diferenças de permeabilidade entre este aquífero e o Botucatu, superior, proporciona que nos contatos das litologias ocorram descargas de águas subterrâneas através de fontes.

As relações entre as frações arenosas e pelíticas em afloramentos pode ser vistas nas Figuras 7.29 a 7.32. Sua relação com outras unidades está apresentada nos perfis geofísicos da Figura 7.33. O mapa da Figura 7.34 apresenta a sua localização dentro do Compartimento Central – Missões.



Figura 7.29 Porção predominantemente pelítica da Unidade Hidroestratigráfica Caturrita próxima de Candelária, neste caso são esperados poços de pequena vazão ou secos.



Figura 7.30 Arenitos finos sigmoidais junto a litologias pelíticas proporcionando pequena potencialidade aquífera para a Unidade Hidroestratigráfica Caturrita. Afloramento próximo ao Distrito Industrial da cidade de Santa Cruz do Sul.



Figura 7.31 Arenitos fluviais da Unidade Hidroestratigráfica Caturrita com maiores possibilidades de armazenamento de água subterrânea. Afloramento no município de Agudo.



Figura 7.32 Seqüência de arenitos tabulares da Unidade Hidroestratigráfica Caturrita na região entre Faxinal do Soturno e Agudo. A predominância de litologias arenosas propicia maiores vazões nos poços tubulares.

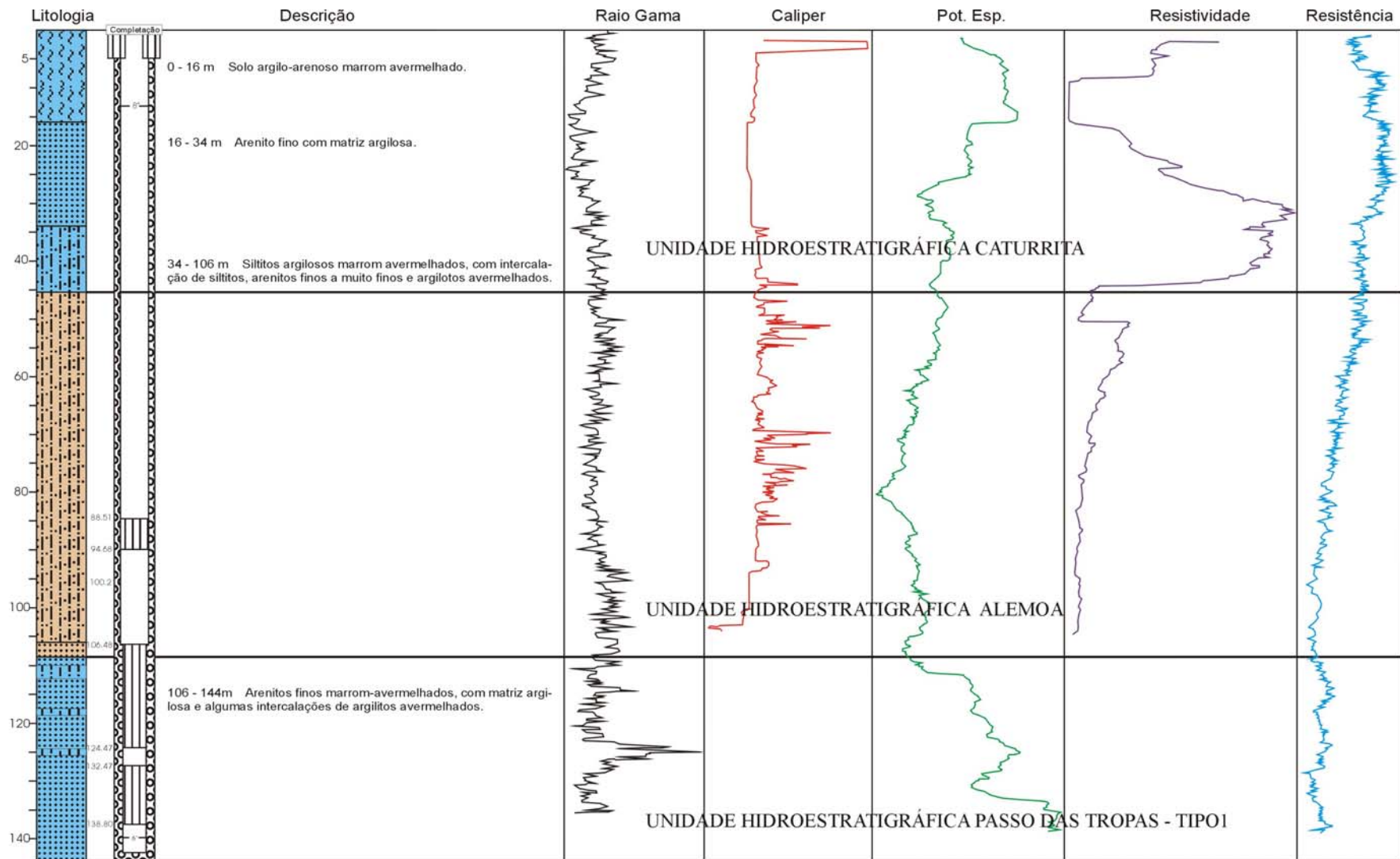


Figura 7.33 Poço tubular 9 SM - 01 - RS de Santa Maria (Praça dos Bombeiros), em que se observa o conjunto arenoso de granulometria fina da Unidade Hidroestratigráfica Caturrita e sua relação com as demais unidades.

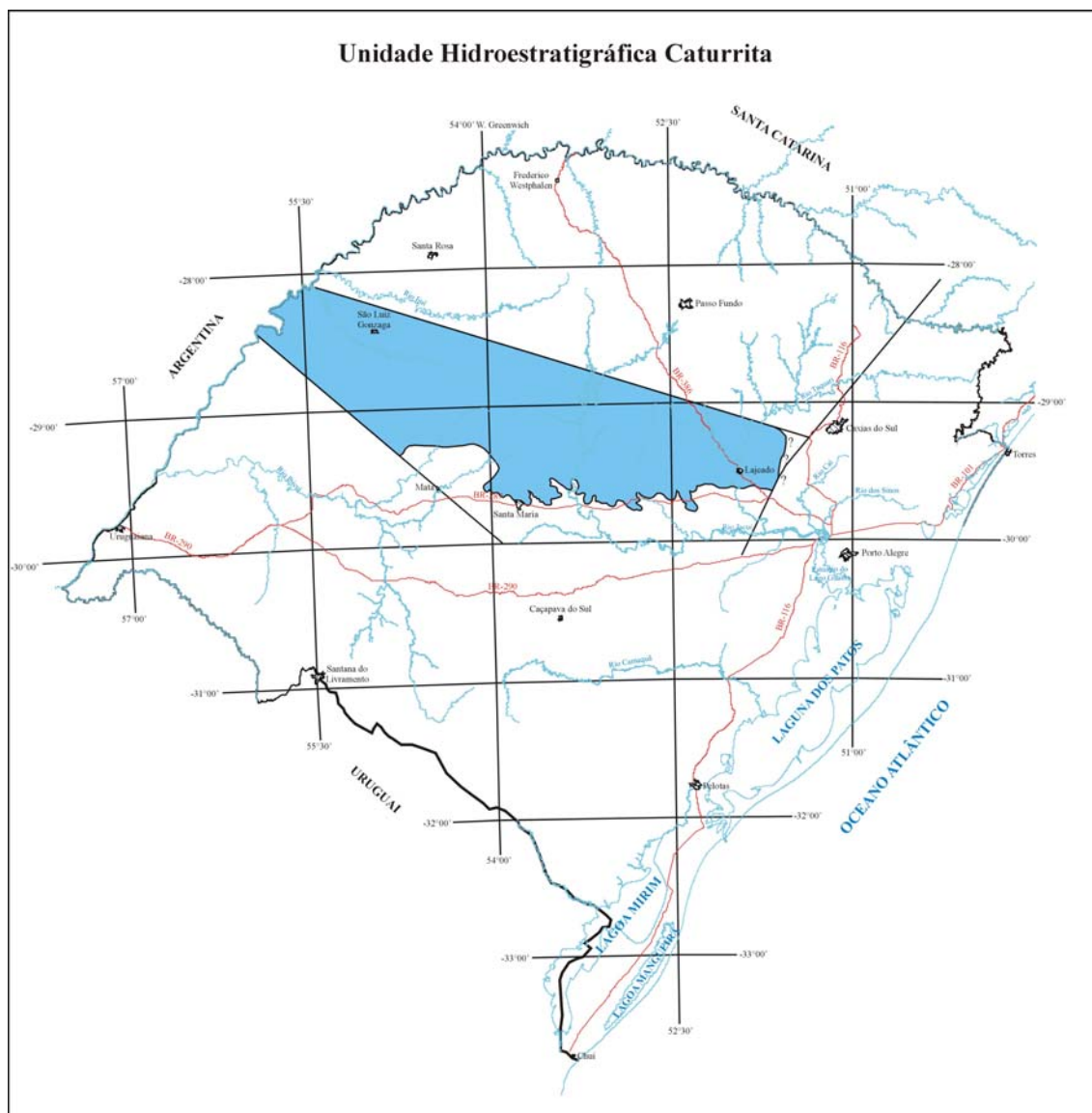


Figura 7.34 A Unidade Hidroestratigráfica Caturrita ocorre dentro dos limites do Compartimento Central - Missões.

7.7 Unidade Hidroestratigráfica Alemoa

Esta unidade hidroestratigráfica corresponde ao Membro Alemoa da Formação Santa Maria e constitui-se de uma sucessão quase homogênea de siltitos argilosos vermelhos, maciços ou pobremente laminados. Concreções e veios de carbonatos comumente ocorrem na seqüência. Delgadas camadas lenticulares de arenitos finos também ocorrem. A constância litológica dos siltitos maciços e laminados é notável pela extensão areal que ocupam, em mais de 260 km da faixa gonduânica aflorante, com espessuras que chegam a ultrapassar os 70 m em alguns locais.

A Unidade Hidroestratigráfica Alemoa conforme se depreende de sua composição litológica, predominantemente pelítica, não apresenta condições de permeabilidade que permitam o acúmulo de reservas de águas subterrâneas, obstaculizando o seu fluxo, tratando-se mais propriamente de um aquícluído. Em relação à Unidade Passo das Tropas 1, comporta-se como um confinante, proporcionando a ocorrência de pressões artesianas, onde as condições topo-estruturais de ocorrência do aquífero são favoráveis.

Não são conhecidos poços que captem exclusivamente esta unidade hidroestratigráfica, e apenas nas porções muito intemperizadas é possível obter-se pequenos volumes de água através de poços rasos escavados. Devido a sua litologia ser praticamente impermeável, recargas indiretas são praticamente impossíveis nas regiões onde apresenta as maiores espessuras.

Seu aspecto em afloramento pode ser visualizado nas Figuras 7.35 a 7.37 e sua resposta radioativa e elétrica na Figura 7.38. Sua área de ocorrência restringe-se ao Compartimento Central – Missões na Figura 7.39.



Figura 7.35 Lamitos vermelhos típicos da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa.



Figura 7.36 Detalhe dos lamitos vermelhos da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa. O conjunto devido à predominância de pelitos é considerado como um aquíclode.



Figura 7.37 Falha que coloca em contato os pelitos da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa com os arenitos das Unidades Hidroestratigráficas Passo das Tropas 1 e Sanga do Cabral. Afloramento na estrada entre São Pedro do Sul e São Vicente do Sul.

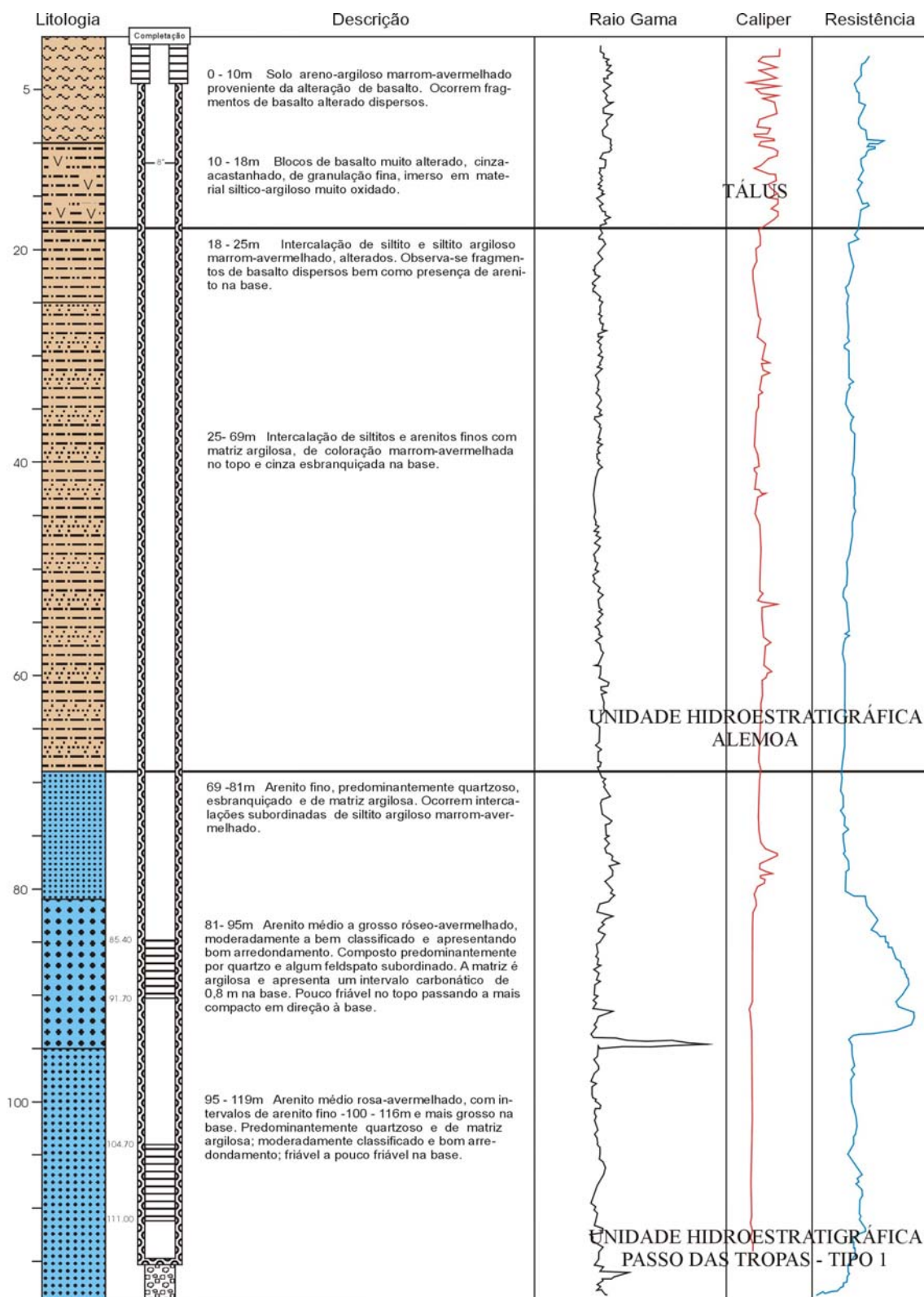


Figura 7.38 Perfil geofísico gama e resistência do poço 9 SM - 05 - RS de Santa Maria, mostrando a relação das litologias das Unidades Hidroestratigráficas Alemoa e Passo das Tropas 1.

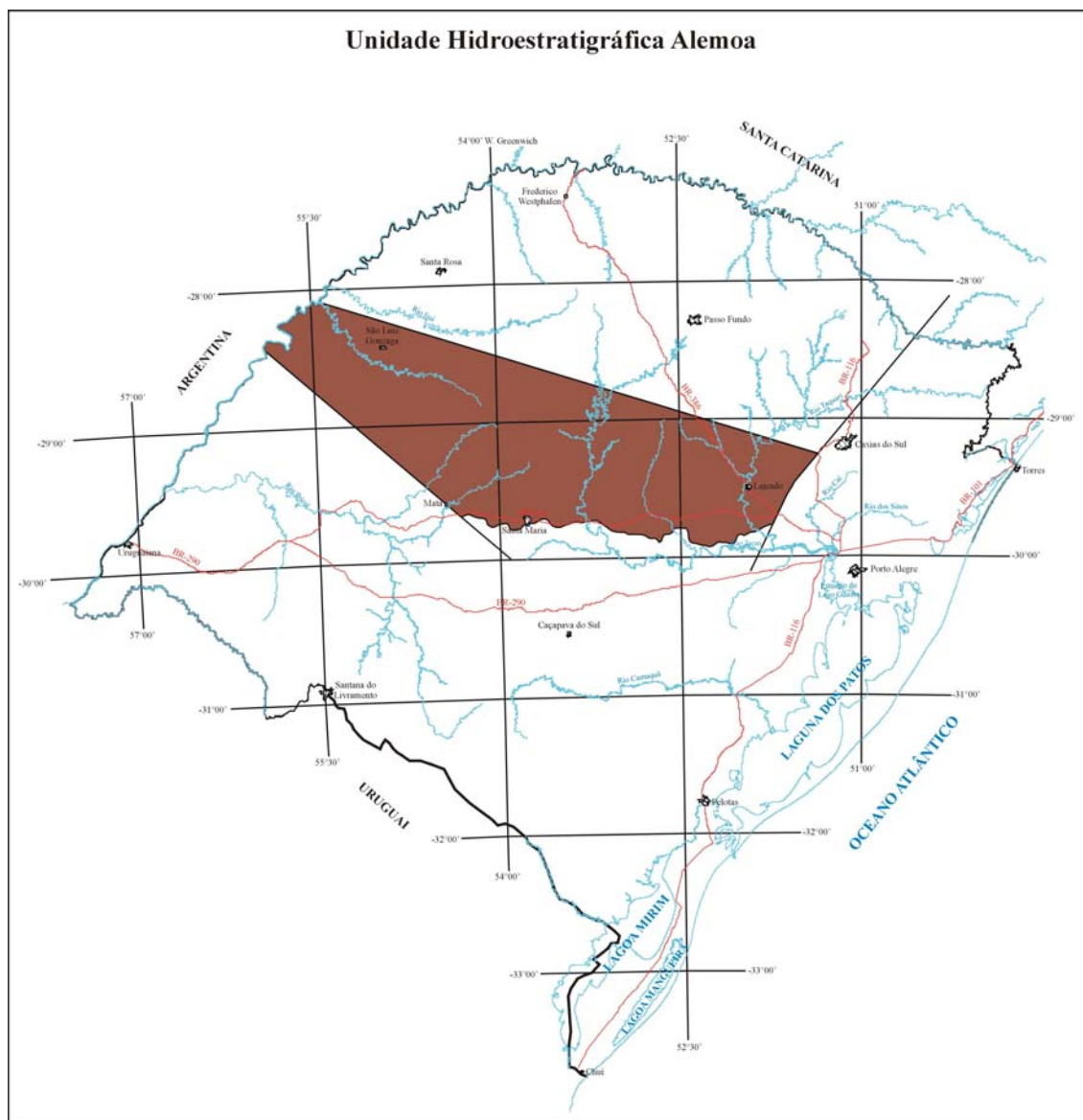


Figura 7.39 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa dentro do Compartimento Central - Missões.

7.8 Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1

Esta unidade corresponde ao Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria e em afloramento faz parte da Sub-Província Rosário de Hausmann (1995), estando inserida no Compartimento Central - Missões.

Ela constitui-se de uma sucessão predominantemente de camadas de arenitos róseos, de granulometria grossa a média, cujas estruturas primárias em geral são estratificações cruzadas acanaladas e planares, de pequeno a grande porte. Os arenitos são feldspáticos, apresentam baixa seleção granulométrica e são também muito porosos. Os elementos arquiteturais dominantes identificados nas litologias da Unidade Hidroestratigráfica Passo

das Tropas 1 correspondem a depósitos de preenchimento de canais fluviais, com menor contribuição de fácies finas de planície de inundação (Faccini, 2000). As espessuras médias estão em torno de 25 m, porém ocorrem locais onde alcançam a mais de 45 m. Essa unidade apresenta uma ampla distribuição em afloramento, de mais de 200 km, a partir do município de Mata até a cidade de Venâncio Aires.

Nesta unidade hidroestratigráfica a circulação de água apresenta-se bastante regionalizada e as vazões são bastante irregulares. As deposições apresentam variações granulométricas locais e a circulação pode ser observada em horizontes escalonados, conforme pode ser demonstrado pelas diferenças químicas das suas águas. As condições deposicionais e climáticas geram diferentes tipos de circulação, níveis hidrostáticos e qualidade da água. Em quase todos os horizontes as águas estão sob pressão.

As lentes arenosas são relativamente extensas e intercaladas por argilas, que as mantêm confinadas. Todo este conjunto pode formar uma ou duas camadas isoladas, em contato abrupto com materiais mais impermeáveis, tanto no topo como na base. As recargas se dão nos pontos ou áreas de afloramento, onde a erosão retirou a cobertura de pelitos, ou mais raramente por drenança de litologias superiores.

As camadas aquíferas geralmente apresentam-se confinadas, com pressão surgente a semi-surgente. Poços jorrantes típicos foram perfurados entre a cidade de Mata e a localidade de Vila Clara, neste município. No centro urbano, poços de maior vazão posteriormente perfurados pela CORSAN, reduziram os níveis estáticos destes poços mais antigos que deixaram de ser surgentes. Do mesmo modo, no município de Venâncio Aires, os primeiros poços perfurados deram origem a artesianismo surgente. Com o aumento do número de perfurações o nível foi caindo, estando atualmente sempre abaixo do nível do solo.

O rendimento desta unidade hidroestratigráfica é muito irregular, dependendo da espessura e das condições de fluxo impostas pela granulometria existente no aquífero captado. No município de Mata as vazões variam de 6 a 40 m³/h e as capacidades específicas de 0,48 a 0,79 m³/h/m. Esses valores aumentam em São Pedro do Sul para vazões de 13 a 80 m³/h e as capacidades específicas de 0,50 a 4,03 m³/h/m. Na região de Santa Maria,

os poços produzem em média menos de 15 m³/h, porque apesar dessa unidade hidroestratigráfica apresentar uma litologia com boa permeabilidade, sua pequena espessura se traduz em um baixo valor de transmissividade. Áreas de maior produtividade ocorrem do leste da localidade de Camobi (Santa Maria) até a região ao norte de Restinga Seca, onde se encontram poços nos quais as vazões variam de 30 a 70 m³/h, com capacidades específicas que superam a 4 m³/h/m. No município de Novo Cabrais muitos poços são improdutivos, estando essa unidade hidroestratigráfica em profundidades superiores a 150 m. Nos poços produtivos raramente a vazão ultrapassa a 15 m³/h. O último afloramento dessa unidade localiza-se na cidade de Venâncio Aires e as vazões e capacidades específicas dos poços oscilam de 3,8 a 27 m³/h e 0,11 a 3,10 m³/h/m. Segundo Hausmann (1995) as transmissividades variam entre 1,9 e 3,0 m²/h e a capacidade específica de 1,3 a 2,4 m³/h/m. A condutividade hidráulica fica entre 4x10⁻⁵ e 9x10⁻⁵ m/s.

Com relação à qualidade química das águas da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1, em sua grande maioria enquadram-se dentro do tipo geoquímico bicarbonatado sódico. Nas áreas de afloramento e de recarga ocorrem tipos bicarbonatados cálcicos, no entanto, em maiores profundidades, podem chegar a ser cloretadas sódicas.

As porcentagens em miliequivalentes de Na⁺ + K⁺ alcançou entre 85 e 96% dos cátions e o Mg⁺² é maior que o Ca⁺², exceto nas áreas de recarga. Dos ânions o HCO₃⁻ representa entre 67 e 80% em miliequivalentes (Hausmann,1995).

O pH atinge valores entre 6 e 7 na maioria dos casos e os sólidos totais dissolvidos variam entre 120 e 300 mg/L. Os valores de alcalinidade total e dureza são baixos, o mesmo acontecendo com os teores de ferro, manganês e fluoretos. Em geral as águas dessa unidade apresentam condições de potabilidade para o abastecimento público, sendo próprias também para o uso na indústria e na irrigação.

As Figuras 7.40 a 7.42 mostram essa unidade em afloramentos, com detalhes de sua estruturação sedimentar. Nos perfis geofísicos das Figuras 7.43 e 7.44 se pode observar o seu comportamento com relação as camadas adjacentes. Sua área de ocorrência dentro do Compartimento Central - Missões é visualizada na Figura 7.45.



Figura 7.40 Aspecto em afloramento dos arenitos fluviais grossos da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1. Saibreira na cidade de Venâncio Aires.



Figura 7.41 Afloramento de arenitos fluviais de granulometria média a grossa da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1, no município de Santa Maria.



Figura 7.42 Arenitos fluviais da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 em Santa Cruz do Sul, com granulometria média a grossa e capeados pelos lamitos da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa formando um sistema aquífero.

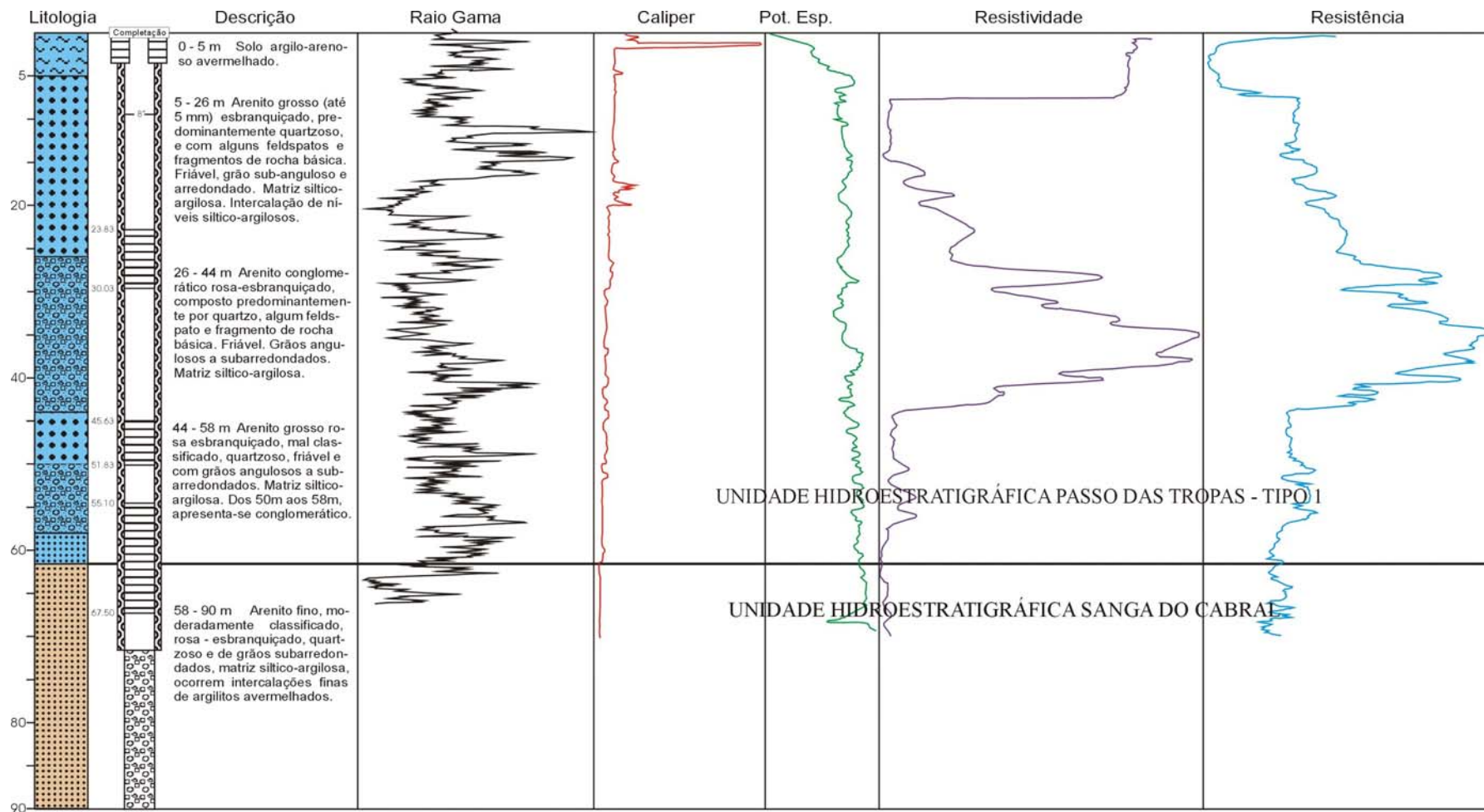


Figura 7.43 Poço tubular 9 SM - 02 - RS de Santa Maria (Cohab Passo do Ferreira), perfurado na área de afloramento da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 onde vê-se as camadas de arenito com diferentes granulometrias e sua relação com a unidade inferior.

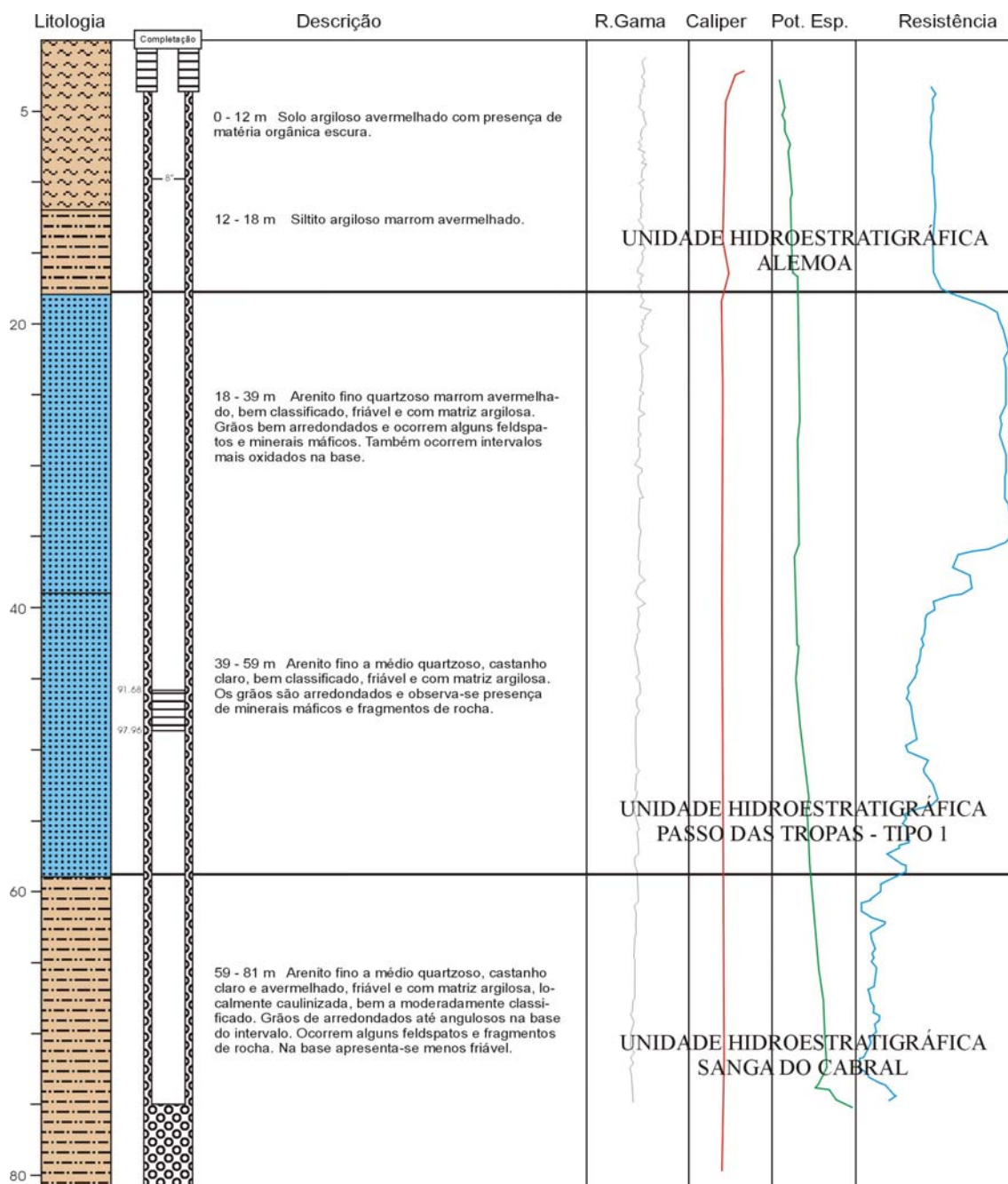


Figura 7.44 Poço tubular 9 SM - 03 - RS de Santa Maria (Vila Rigão), captando a Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 confinada pelos pelitos da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa.

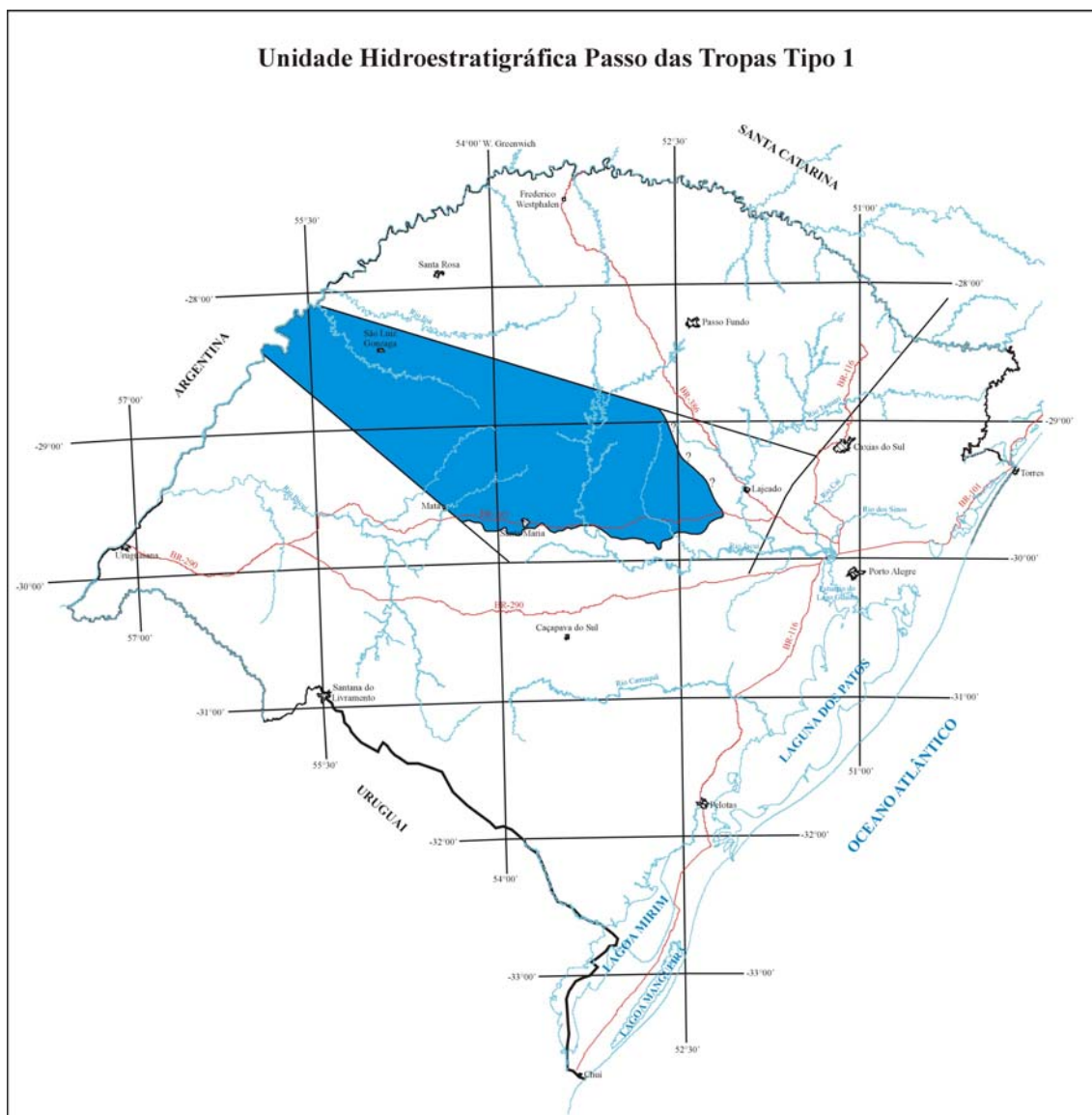


Figura 7.45 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 dentro do Compartimento Central - Missões.

7.9 Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2

Esta unidade também corresponde ao Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria e aflora na parte mais oriental do Compartimento Central - Missões, nas regiões mais próximas da Falha do Leão. Ela também faz parte da Sub-Província Rosário de Hausmann (1995).

De modo semelhante a Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1, predominam camadas de arenitos, porém de cores cinza a amarronzadas, em geral mais grossos e com fragmentos de argilitos róseos, com dimensões inferiores a 50 cm. Os elementos arquiteturais correspondem a sedimentações

onde predominam canais fluviais superpostos, observando-se pequena contribuição de fácies finas de planície de inundação.

Apesar da origem das duas unidades hidroestratigráficas serem reativações tectônicas da bacia, propiciando ciclos de erosão intensa e deposição, nos perfis geofísicos é possível a separação dessas unidades.

A espessura média para essa unidade é de aproximadamente 50 m, na porção estritamente arenosa, pode ser maior do que 90 m, se for englobada a porção superior que é basicamente pelítica, com litologias semelhantes ao do Membro Alemoa e que, pelos perfis geofísicos separa essa unidade da imediatamente superior (Unidade Hidroestratigráfica Passo das Topas 1).

Nessa unidade hidroestratigráfica, apesar da boa porosidade e permeabilidade, a presença de litologias pelíticas no topo é suficiente para se instalar um sistema confinante, com pequena ou nenhuma conexão hidráulica com a unidade sobrejacente. Este condicionante impede que exista uma grande circulação, que vai refletir-se nas condições geoquímicas das suas águas. A recarga se dá basicamente nas áreas de afloramento.

De acordo com os testes de bombeamento e os dados obtidos de Hausmann (1995), constata-se que a condutividade hidráulica é da ordem de 10^{-5} m/s, portanto diferenciando-se essa unidade daquela do Tipo 1 pelos valores de transmissividade mais elevados, devido a sua maior espessura.

O rendimento do aquífero também é muito irregular, porém os valores de vazão são geralmente superiores a média relacionada com a Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1.

No município de Santa Cruz do Sul as vazões podem ser superiores a $50 \text{ m}^3/\text{h}$ e as capacidades específicas são em média $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. No município de Venâncio Aires encontram-se os poços mais produtivos dessa unidade. As vazões superiores a $100 \text{ m}^3/\text{h}$ podem chegar próximas a $200 \text{ m}^3/\text{h}$, com altas capacidades específicas, que superam a $4 \text{ m}^3/\text{h}$. Na cidade de Estrela, essa unidade confinada por siltitos argilosos e basaltos, fornece através de poços vazões da ordem de $60 \text{ m}^3/\text{h}$, com capacidades específicas superiores a $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Segundo Machado & Szubert (1994), a Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas indivisa é o mais importante aquífero da parte aflorante do gondwana, dentro dos limites da região central do Rio Grande do Sul.

Embora possuidora de ótimas características hidráulicas, essa unidade possui problemas relacionados com a química de suas águas.

Os valores de pH são excessivamente alcalinos, com valores muitas vezes variando entre 9 e 10. Também são conhecidos valores muito altos de sais dissolvidos (TSD), que ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação para o abastecimento público. Esses valores também limitam a sua utilização na indústria e na agricultura. Também são observados teores elevados de fluoretos (> 1 mg/L), nocivos a saúde pelo ataque ao esmalte dentário especialmente de crianças. Os tipos geoquímicos das águas variam de bicarbonatadas sódicas a cloretadas sódicas.

As Figuras 7.46 a 7.48 mostram detalhes dos afloramentos dessa unidade. Os perfis geofísicos das Figuras 7.49 a 7.51 evidenciam as diferenças entre as unidades sobrejacentes e subjacentes. Na Figura 7.52 está delimitada sua área de ocorrência dentro do SAG.

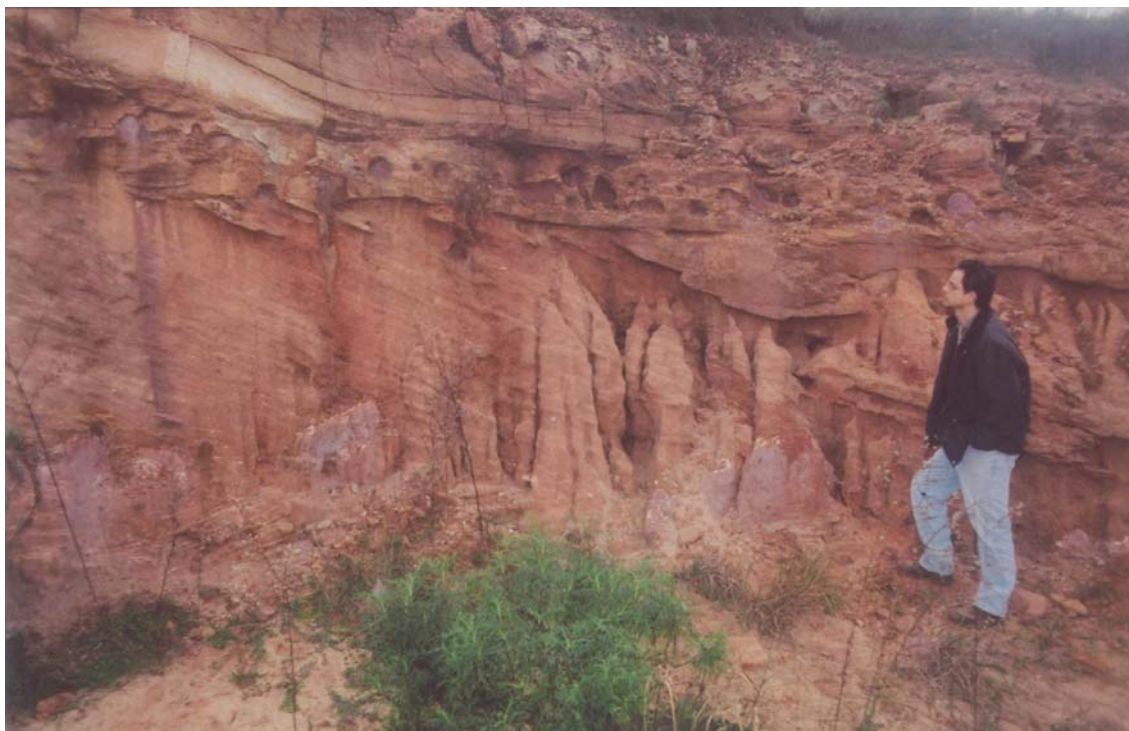


Figura 7.46 Afloramento típico dos arenitos grossos da base da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2, próximo da cidade de Rio Pardo.



Figura 7.47 Detalhe dos fragmentos de argilito rosa imersos no pacote arenoso grosseiro. Afloramento da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2, nas proximidades da cidade de Rio Pardo.



Figura 7.48 Detalhe da estratificação cruzada acanalada dos arenitos fluviais grossos. Esta litologia apresenta altos valores de porosidade e permeabilidade. Detalhe do afloramento na cidade de Rio Pardo.

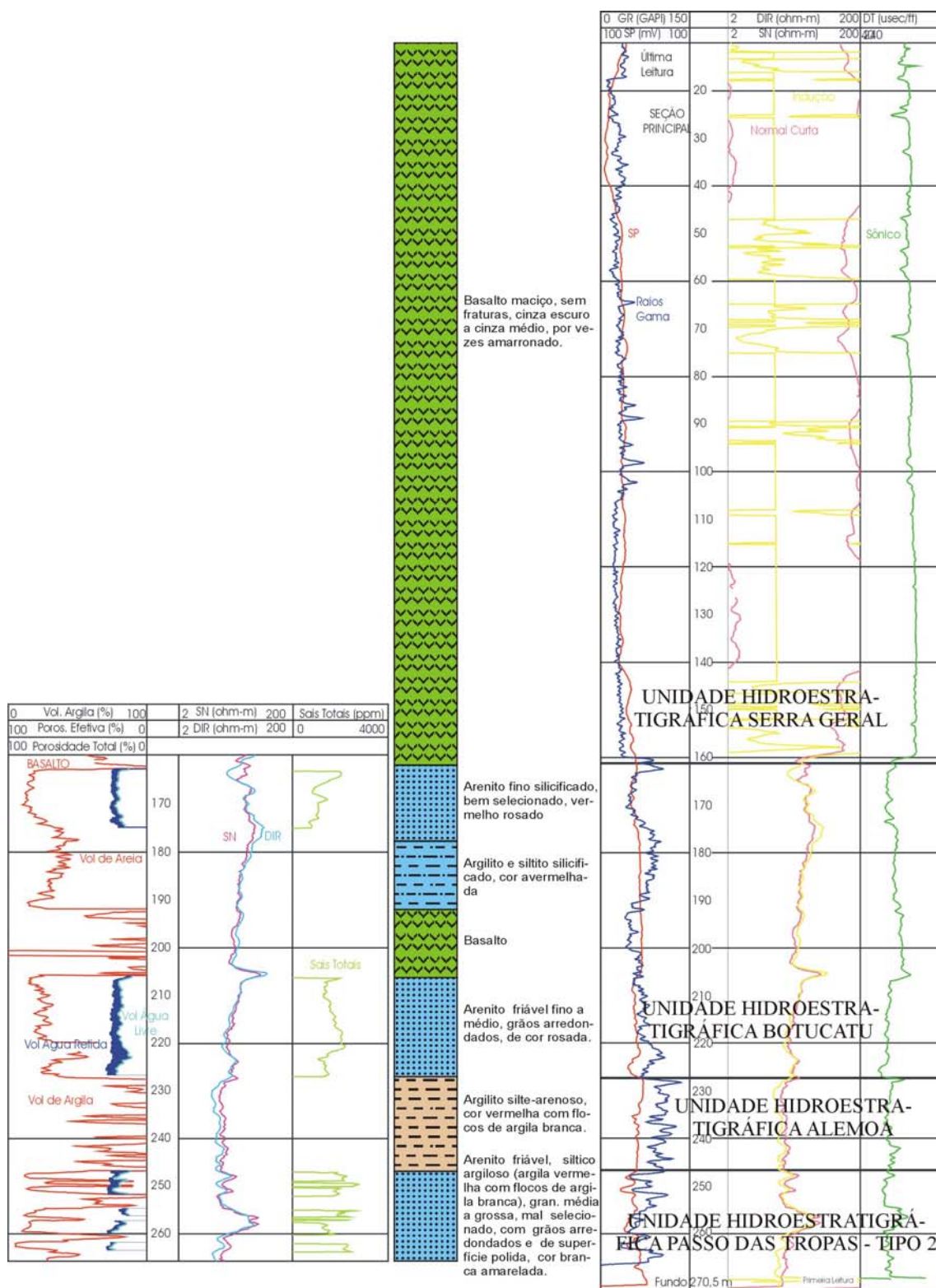


Figura 7.49 Poço tubular ARM - 06 em Arroio do Meio, perfurado até os arenitos médios e grossos da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2, onde se vê a alta porosidade eficaz do aquífero.

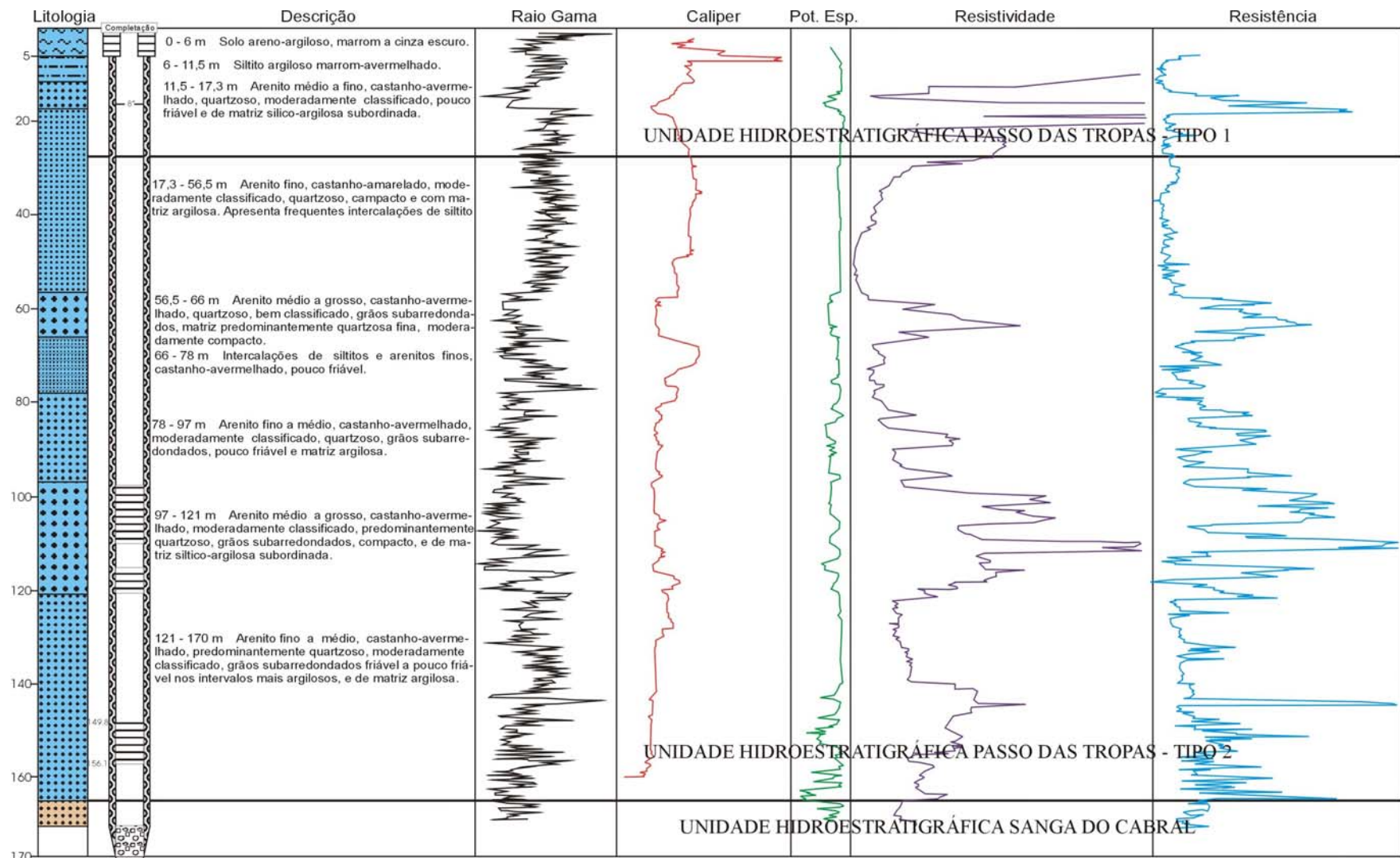


Figura 7.50 Poço tubular 9 SC - 03 - RS em Santa Cruz do Sul, onde se vê a relação existente entre as Unidades Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 e 2.

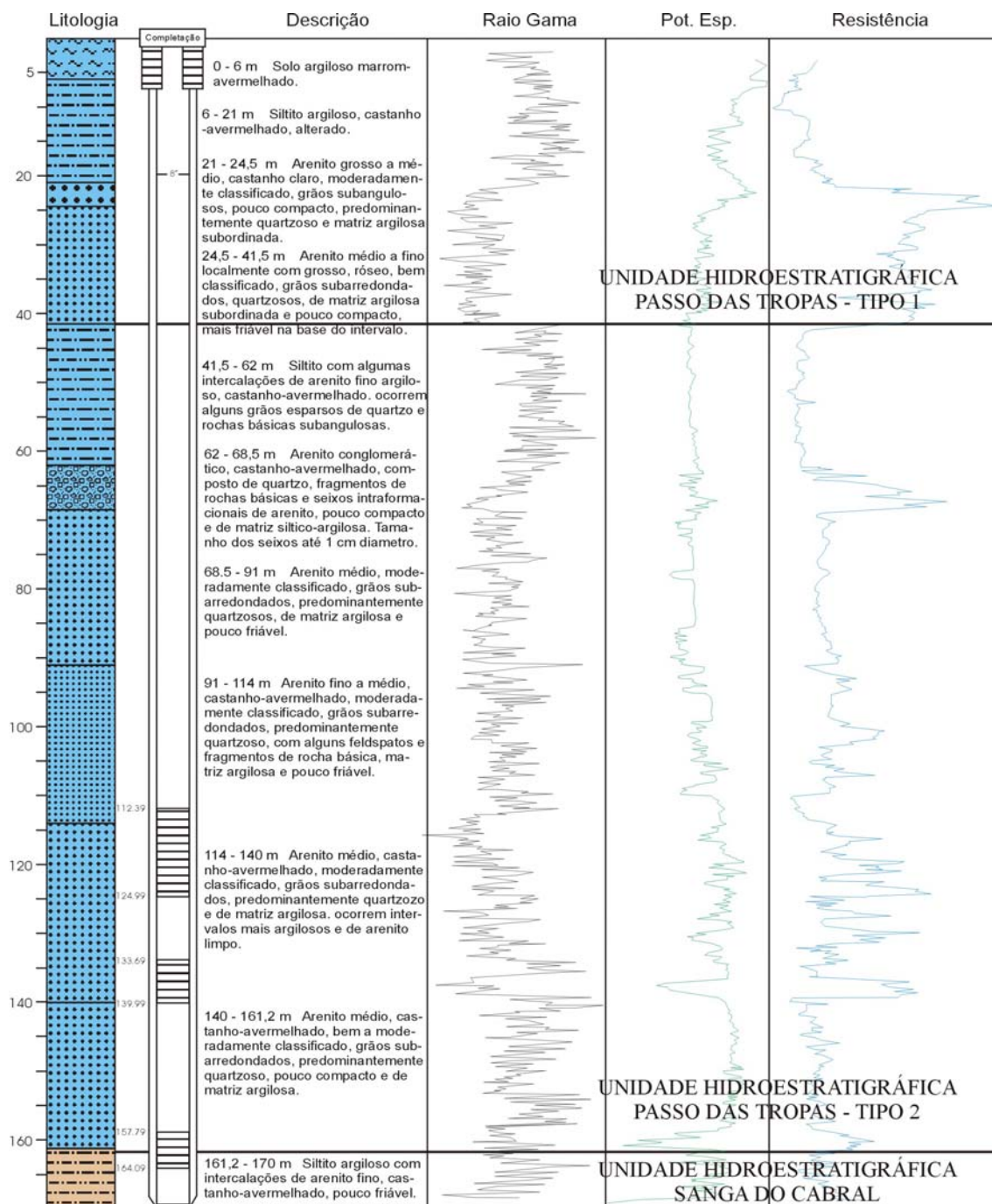


Figura 7.51 Poço tubular 9 SC - 04 - RS em Santa Cruz do Sul, captando as Unidades Passo das Tropas 1 e 2, onde a primeira unidade é mais espessa que na figura anterior.

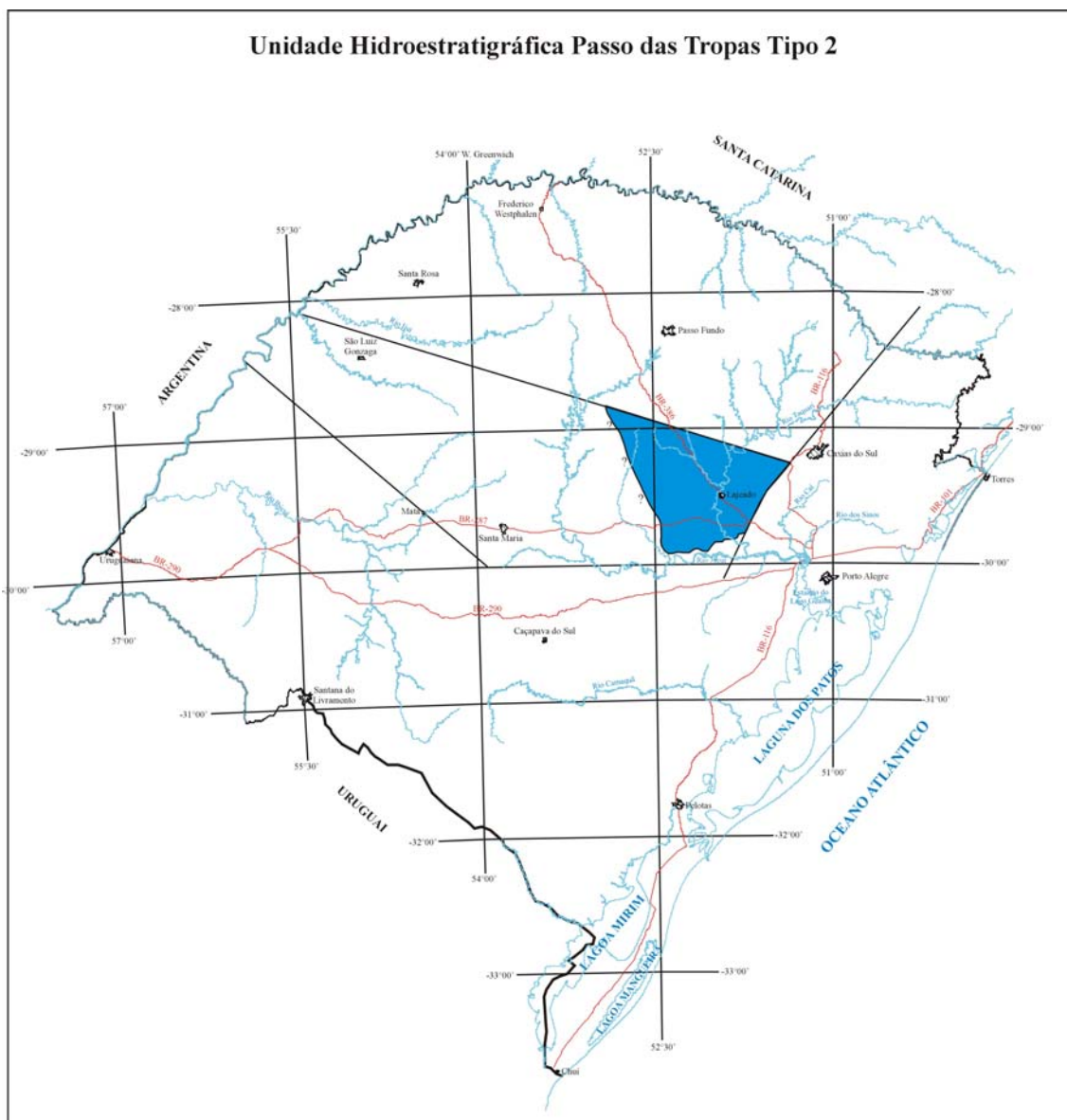


Figura 7.52 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2 dentro do Compartimento Central - Missões.

7.10 Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral

A Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral é constituída por uma seqüência composta predominantemente por arenitos finos a muito finos de origem fluvial, com pequena participação de pelitos e de arenitos eólicos. As litologias pelíticas são constituídas por siltitos e siltitos argilosos. Os arenitos possuem matriz argilosa e classificam-se como litarenitos e arcóseos (Andreis *et al.*, 1980 ; Zeffass, 1998). As cores são muito variadas, com tonalidades laranja-avermelhadas, castanho-avermelhadas, castanho claras e vermelhas. As cores lilás são muito raras.

Quanto às estruturas primárias mais comuns, destacam-se a laminação plano-paralela com lineação por corrente e as estratificações cruzadas acanaladas e planares. Também ocorrem laminações cruzadas cavalgantes. Em algumas regiões, especialmente no centro do estado, existe grande número de delgadas camadas (1 a 30 cm) de conglomerados intraformacionais muito endurecidos, na maioria das vezes cimentados por calcita, o que os torna facilmente identificáveis no andamento das perfurações. Outra característica importante em afloramentos, que identifica esta formação, é a tendência que os arenitos muito finos e finos, de coloração laranja-vermelha, de formarem geometrias arredondadas que imitam almofadas.

Na região central do estado, a Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral caracteriza-se pela predominância de finos, o que localmente o identifica mais como aquífero ou aquíclode não podendo ser considerada um aquífero. Segundo Machado (1990) os poços que captam água desta unidade fornecem geralmente vazões inferiores a 3 m³/h e em alguns casos resultam secos. No Compartimento Central - Missões, mesmo os poços profundos de maior diâmetro apresentam vazões que não ultrapassam a 0.5 m³/h, porém com níveis estáticos próximos à superfície, o que demonstra que as altas pressões hidrostáticas não necessariamente estão associadas a grandes reservatórios de água.

A água é adequada ao abastecimento público e uso geral com teor em sólidos totais menores do que 200 mg/L. São águas ácidas e bicarbonatadas mistas, não contendo substâncias nocivas aos seres humanos.

As Figuras 7.53 e 7.54 mostram o aspecto dessa unidade em afloramento. Nas Figuras 7.55 e 7.56 observa-se o comportamento dos perfis gama e elétrico e a área de ocorrência no Rio Grande do Sul.



Figura 7.53 Afloramento da Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral mostrando níveis de conglomerados com cimento carbonático, localizado na estrada entre São Pedro do Sul e São Vicente do Sul.



Figura 7.54 Detalhe de um afloramento da Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral mostrando estruturas cruzadas acanaladas. Afloramento na cidade de Rio Pardo.

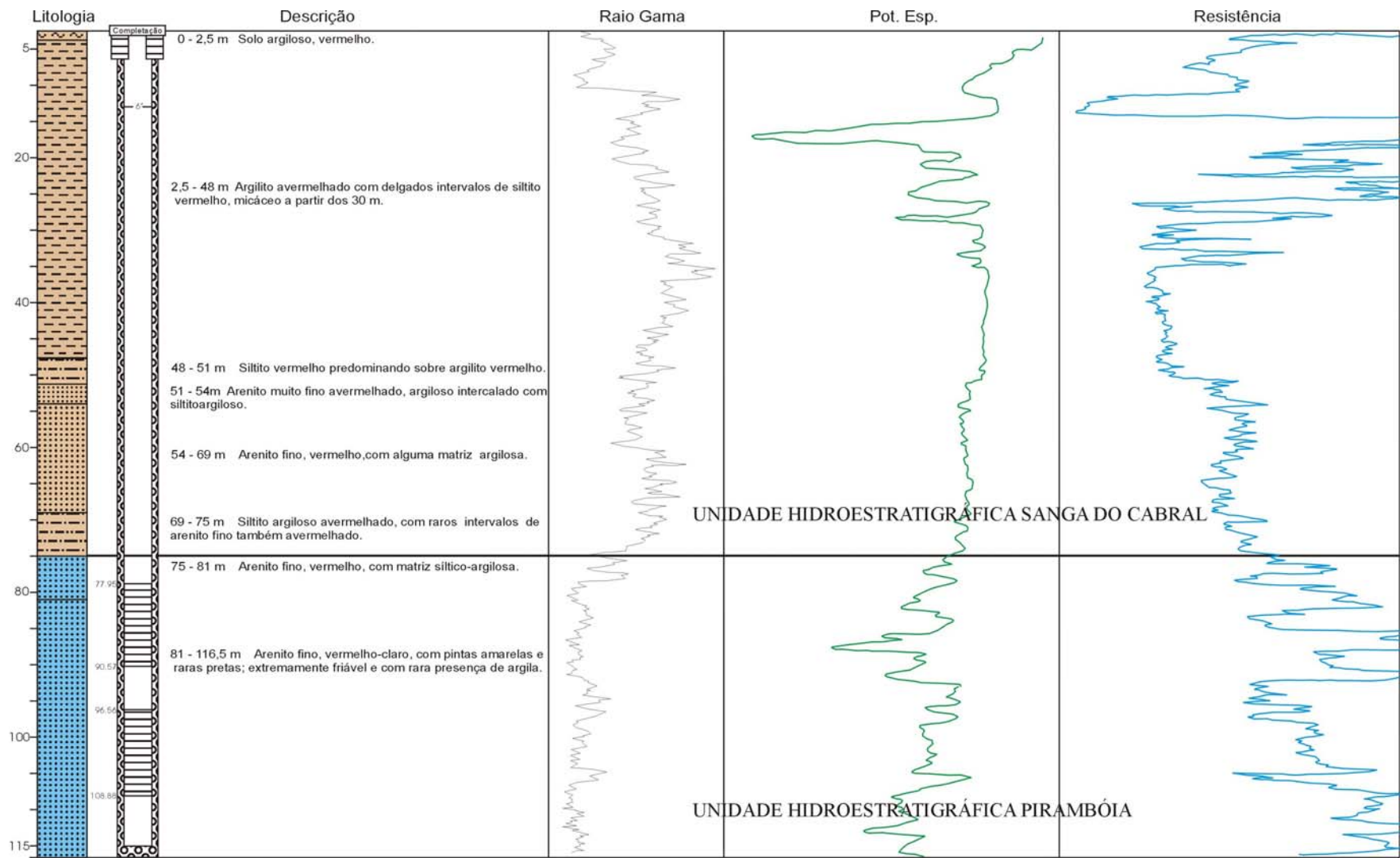


Figura 7.55 Intercalações de siltitos e argilitos avermelhados com intervalos de arenito muito fino da Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral confinando arenitos finos vermelhos da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia. Poço tubular 7 CA - 01 - RS no município de Cacequi (Saicã).

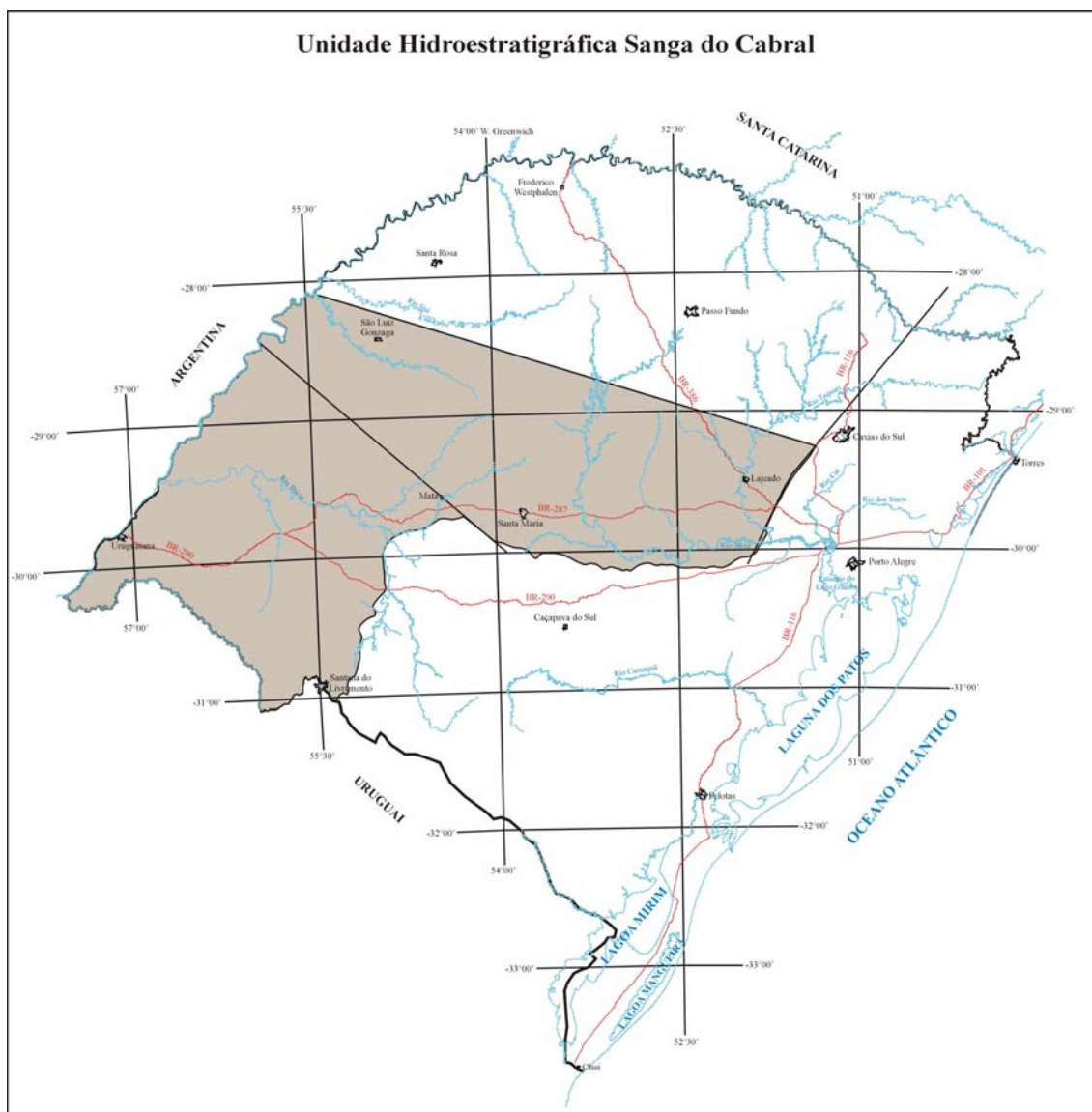


Figura 7.56 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral nos Compartimentos Central - Missões e Oeste.

7.11 Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia

A Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia possui uma ampla distribuição nas áreas onde o SAG aflora e ocupa as regiões abrangidas pelas Sub-Províncias Botucatu, Botucatu Leste, Rosário, Planalto e Borda do Planalto de Hausmann (1995).

Para o oeste do município de Mata, após o Sistema de Falhas Jaguari - Mata, essa unidade apresenta maiores espessuras, que localmente superam os 300 m. Nota-se em afloramentos que essa unidade apresenta estruturas geralmente com predominância de estratificações cruzadas de grande porte, típicas de sedimentos de origem eólica. Em subsuperfície a perfilagem gama e

elétrica indicam uma sucessão de porções mais ou menos argilosas. Essas porções mais argilosas geralmente contêm um cimento carbonático e são associadas a *wadis* ou sedimentos de interdunas. Seus limites bem marcados no perfil geofísico, indicam com precisão os intervalos preferenciais para a colocação de filtros nos poços. Nessa unidade hidroestratigráfica, a corrida de perfis geofísicos gama e resistividade são fundamentais para que um poço tenha sucesso, pois em amostras de calha nem sempre é possível a separação das frações que contêm diferentes proporções de argilas.

No Compartimento Oeste, os maiores valores de capacidade específica são encontrados no município de Cacequi. Predominantemente variam de 0,98 a 1,56 m³/h/m, sendo o maior valor encontrado de 2,30 m³/h/m. As vazões oscilam entre 4,3 e 45 m³/h para poços até 100 metros e alcançam a 100 m³/h em poços até 200 m de profundidade. Essas vazões indicam que as litologias apresentam boas características de porosidade e valores médios de permeabilidade, o que confirma sua boa potencialidade aquífera. Na cidade de Rosário do Sul, a menor espessura dessa unidade proporciona que as capacidades específicas situem-se entre 0,02 e 0,40 m³/h/m e as vazões dos poços não ultrapassam a 7 m³/h. Nas proximidades do Sistema de Falhamentos Jaguari - Mata em São Vicente do Sul, ela está confinada pela Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral e os valores de capacidade específica oscilam entre 0,07 e 1,15 m³/h/m.

No Compartimento Central - Missões essa unidade apresenta escassas possibilidades aquíferas, devido em parte as pequenas espessuras que possui. Os poços que a captam são perfurados entre 60 e 200 metros, dependendo de estarem em áreas próximas a seus afloramentos ou então confinadas por espessas camadas da Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral. Suas vazões oscilam entre 2 e 7 m³/h, com predomínio dos menores valores e as capacidades específicas variam de 0,03 a 0,25 m³/h/m.

No Compartimento Leste, a unidade comporta-se de um modo bastante heterogêneo com relação a produção dos poços. Em São Sebastião do Caí, São Leopoldo e Novo Hamburgo, são relativamente comuns poços nulos. Nos municípios de Sapiranga e Taquara raramente as vazões dos poços ultrapassam a 2 m³/h. Em Santo Antônio da Patrulha e Parobé, as vazões variam de 4 a 14 m³/h, sendo que os maiores valores estão associados com

porções fraturadas do aquífero e eventualmente podem ser superiores a 40 m³/h. Como regra geral, os poços possuem uma vazão média de 5 m³/h e baixas capacidades específicas.

Com relação à qualidade química, a Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia, em geral apresenta valores inferiores a 400 mg/L de sais dissolvidos. Valores superiores são encontrados no Compartimento Central - Missões, principalmente nas imediações da cidade de Santa Maria, quando os valores podem alcançar a 3000 mg/L. O tipo geoquímico predominante para as águas de baixa salinidade é o bicarbonatado cálcico ou misto. Para aquelas mais salinas predominam os tipos sulfatados ou cloretados sódicos. As águas bicarbonatadas geralmente não possuem problemas de potabilidade, podendo ser empregadas também na indústria e na irrigação.

As Figuras 7.57 a 7.59 mostram afloramentos típicos da unidade. Nas Figuras 7.60 a 7.62 visualiza-se o seu comportamento em perfis geofísicos e na Figura 7.63 a sua distribuição no estado.



Figura 7.57 Afloramento típico das litologias arenosas da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia na rodovia que liga os municípios de Rosário do Sul e Santana do Livramento. Os arenitos finos apresentam estratificações cruzadas de grande porte.



Figura 7.58 Afloramento de litologias arenosas eólicas da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia próximo a cidade de Mata. Nota-se as estratificações cruzadas de grande porte e a homogeneidade das litologias.



Figura 7.59 Detalhe de afloramento de litologias da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia no Compartimento Central - Missões, no município de General Câmara. Na foto observa-se o contato entre as dunas eólicas e os sedimentos interdunas com estratificação plano-paralela.

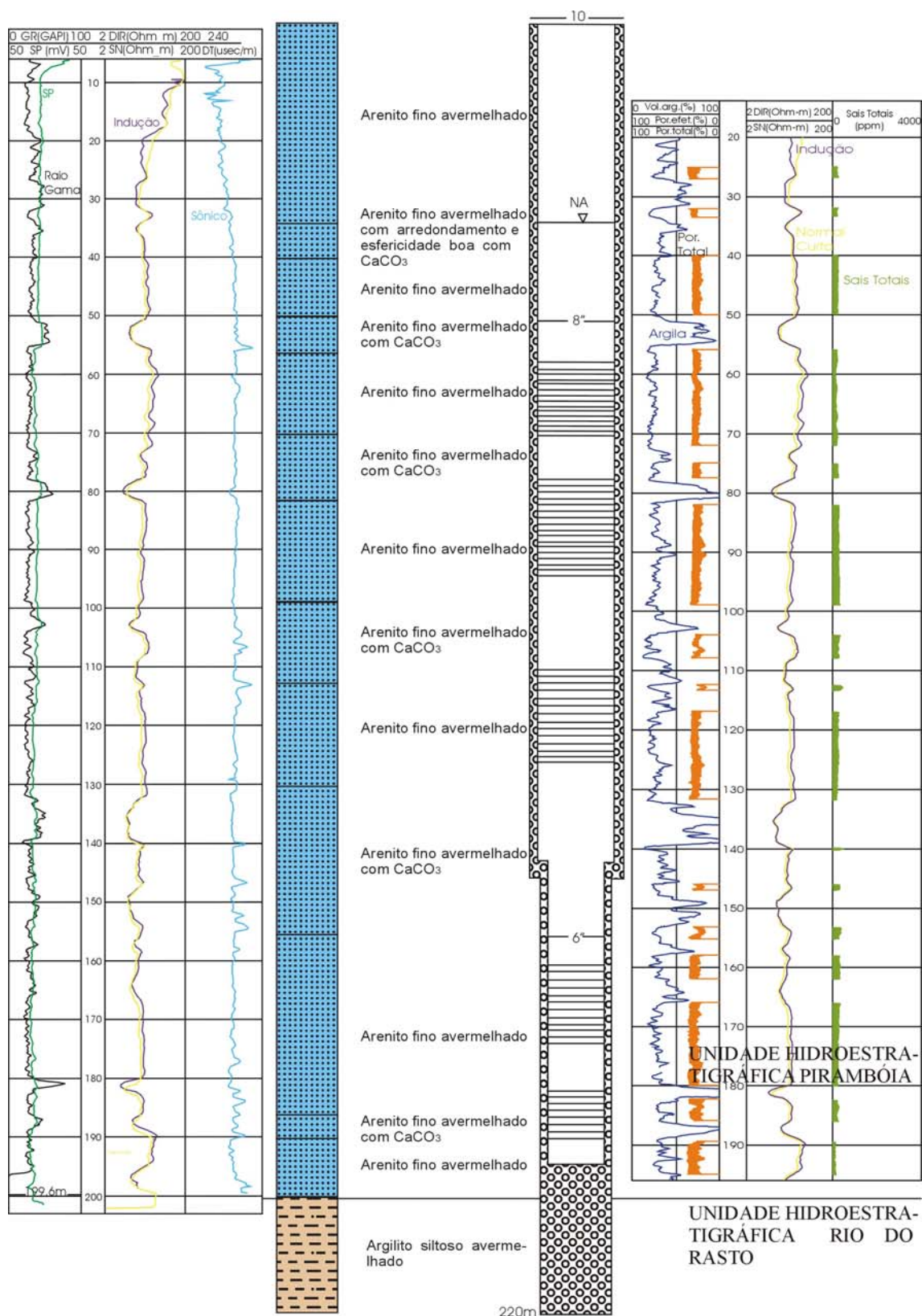


Figura 7.60 Poço tubular G CQ 15 em Cacequi, perfurado na Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia aflorante, observando-se as intercalações de litologias interdunas dentro do pacote de arenitos eólicos.

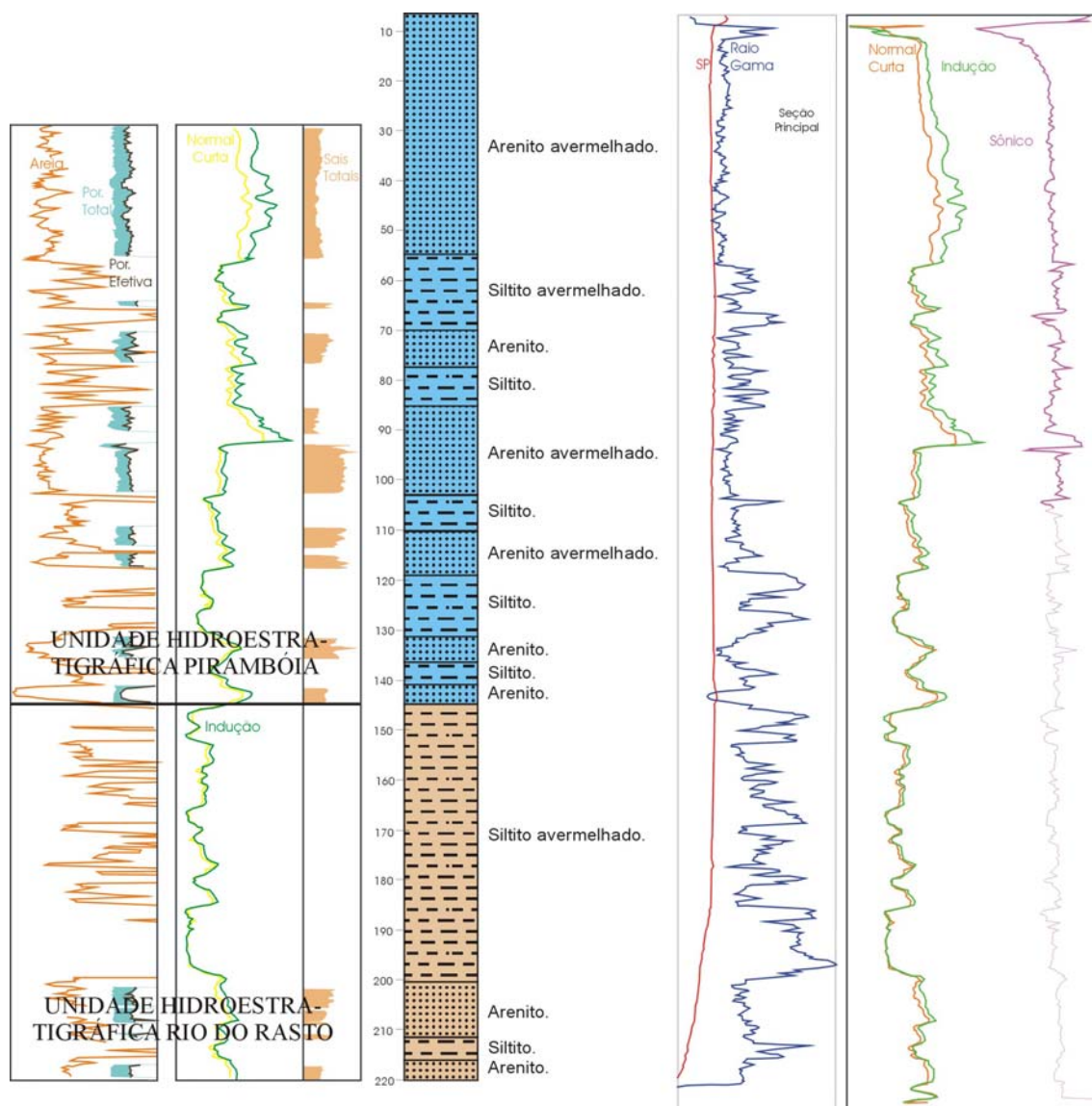


Figura 7.61 Poço tubular G CS em Capela de Santana, perfurado em arenitos eólicos e interdunas da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia. A porção predominantemente pelítica corresponde a Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto.

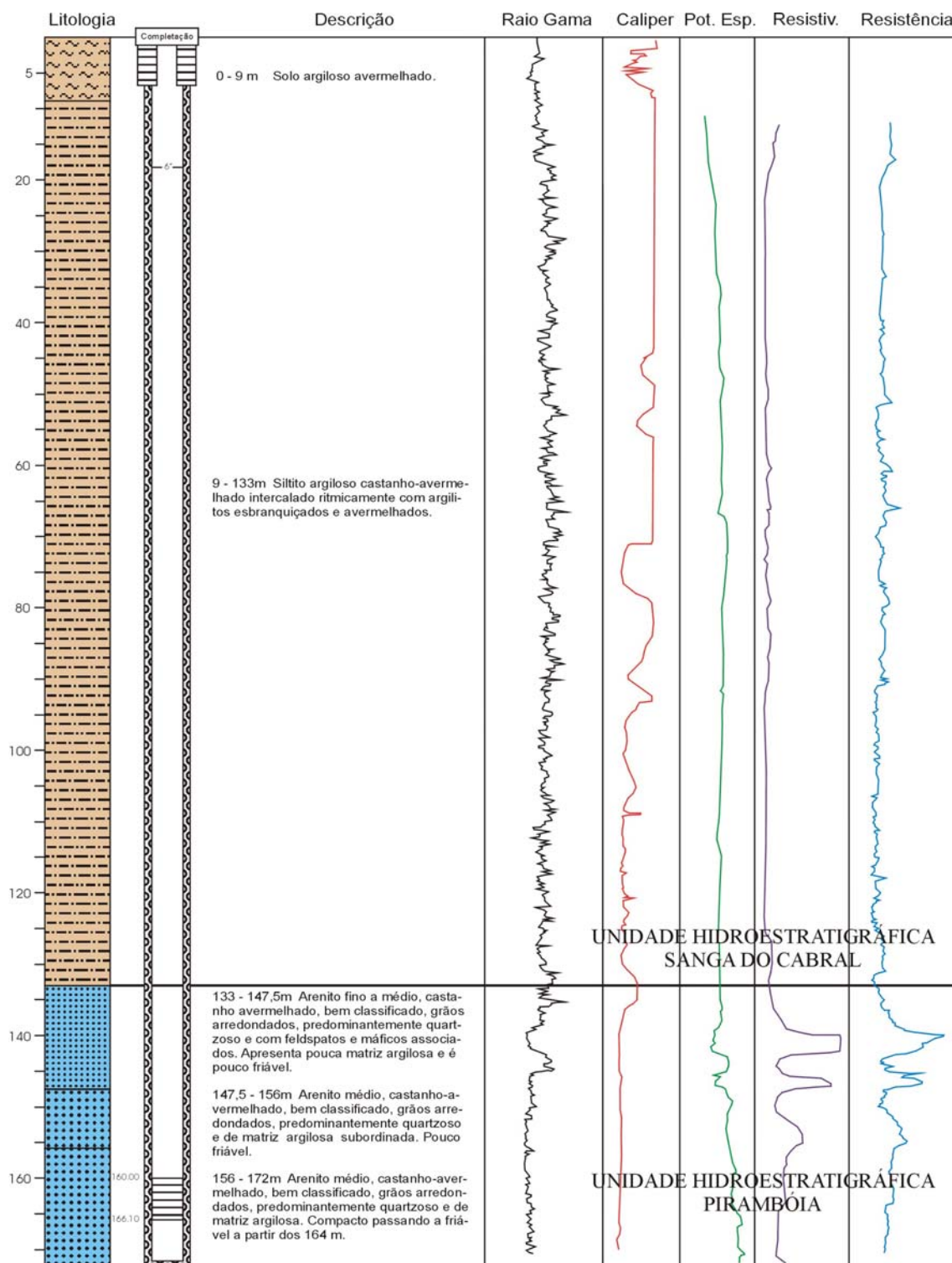


Figura 7.62 Poço tubular 9 SM - 06 - RS em Dilermando de Aguiar, captando a Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia confinada por uma seqüência siltico-argilosa da Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral.

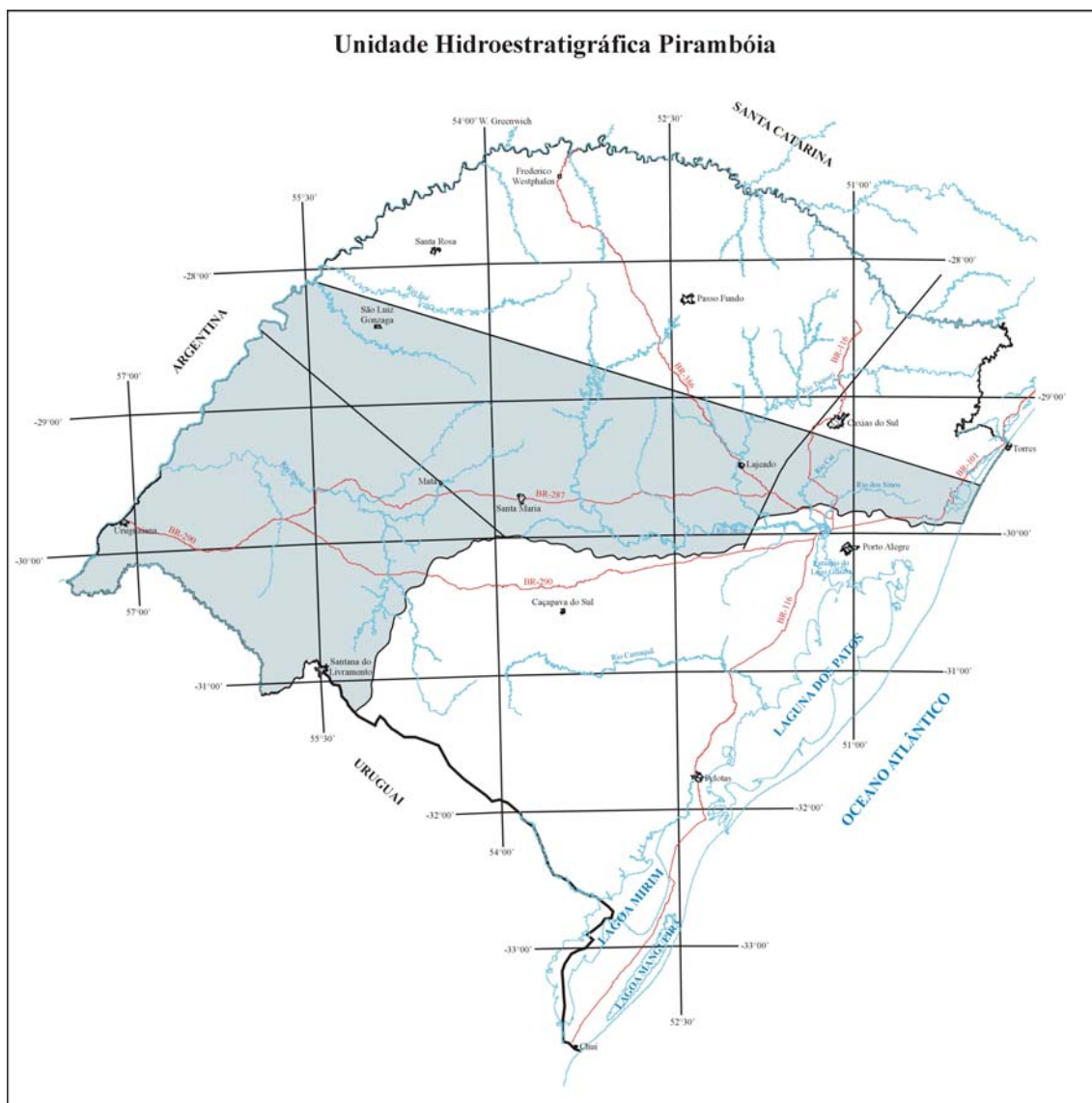


Figura 7.63 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia dentro dos compartimentos Oeste, Central - Missões e Leste.

7.12 Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto

Quanto à Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto, ela apresenta-se como uma unidade areno-pelítica, com aproximadamente 60% de pelitos e 40% de arenitos finos a muito finos, com cores predominantes avermelhadas e finas intercalações esverdeadas. Também ocorrem tonalidades avermelhadas.

Essa unidade é a base do conjunto litológico do SAG, comportando-se como um aquífero. Nos Compartimentos Leste, Oeste e Norte - Alto Uruguai, a parte superior da formação apresenta um maior interesse hidrogeológico,

podendo localmente ser considerada aquífera, pois a espessura média das camadas aumenta e os arenitos tornam-se francamente lenticulares.

A partir do poço 7 GT - 07 - RS, no município de Terra de Areia, em direção ao Estado de Santa Catarina, as Unidades Hidroestratigráficas Botucatu e Rio do Rasto estão em contato direto, reduzindo substancialmente a espessura do SAG. É também no topo da unidade que ocorrem estratificações cruzadas, além da laminação plano-paralela. Na direção do litoral, à leste, a partir da região metropolitana em subsuperfície, os dados dos poços e furos de sonda sugerem existir um predomínio dos sedimentos da Formação Rio do Rasto. Em profundidade, nos locais onde essa unidade apresenta camadas aquíferas, geralmente a água apresenta grande teor em sais minerais, sendo predominantes os tipos químicos cloretados e sulfatados sódicos.

Nas Figuras 7.64 a 7.66 visualizam-se as feições que essa unidade apresenta em afloramento. Nas Figuras 7.67 e 7.68 podem ser observados o seu comportamento em subsuperfície e sua distribuição no Rio Grande do Sul.

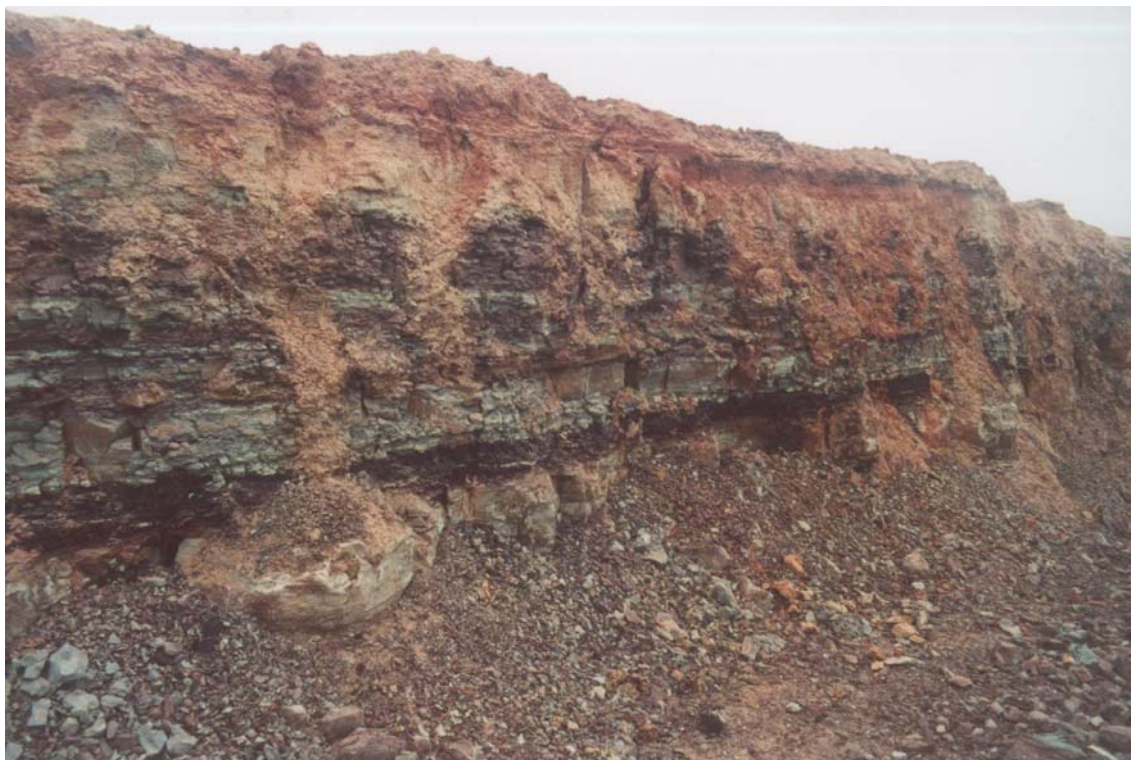


Figura 7.64 Afloramento típico de litologias pelíticas da Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto na região central do estado, próximo da cidade de Pântano Grande.



Figura 7.65 Detalhe do afloramento anterior onde se nota o acamadamento horizontalizado de siltitos bordos a esverdeados . Esta seqüência dificulta o fluxo e o armazenamento de águas subterrâneas. Detalhe do afloramento da figura 7.64.



Figura 7.66 Afloramento de litologias pelíticas avermelhadas com arenitos muito finos sigmoidais, representando um ambiente deltáico lacustre da Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto, próximo do limite internacional do Brasil com o Uruguai, em Aceguá.

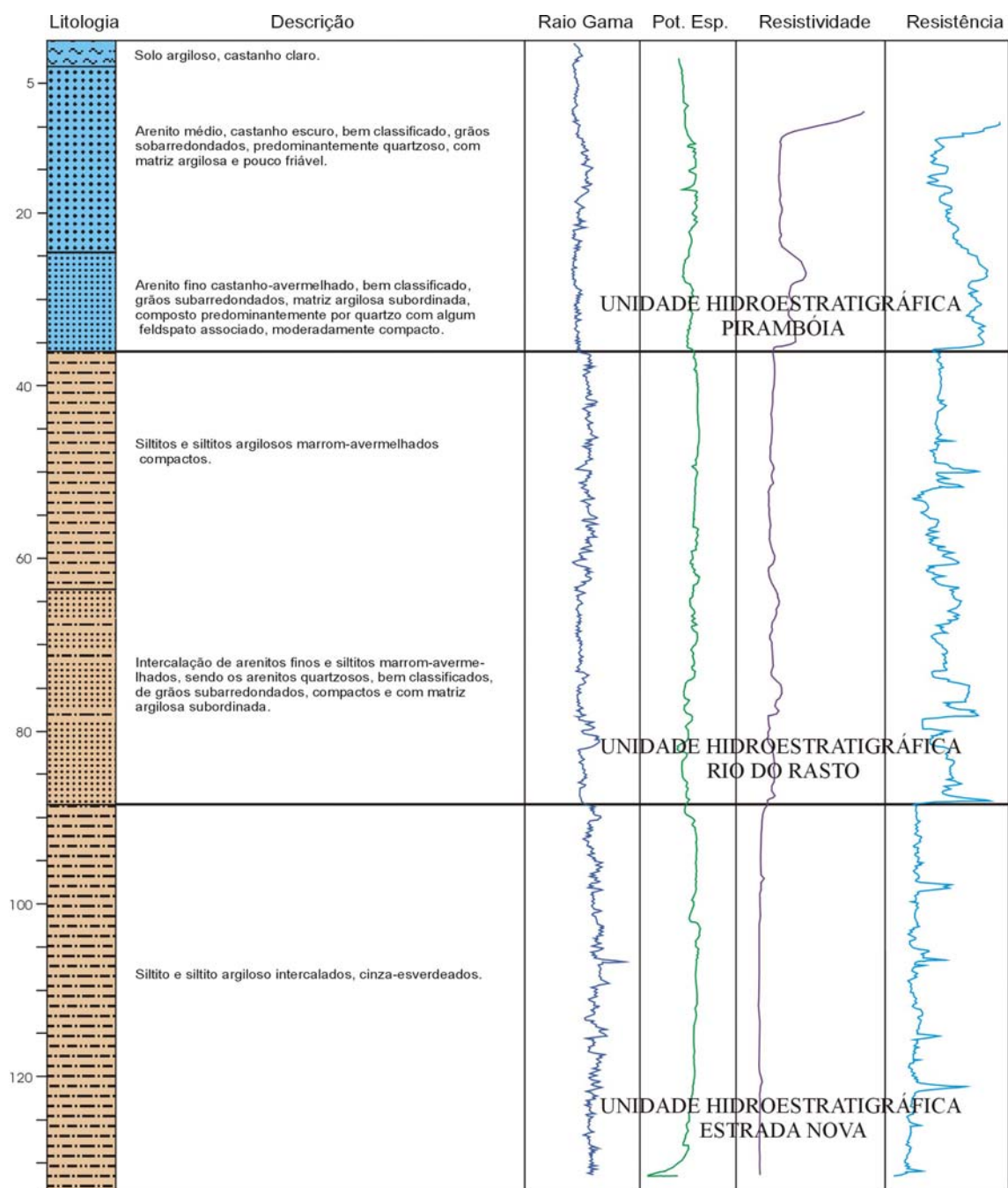


Figura 7.67 Poço tubular 9 FM - 02 - RS em Formigueiro, perfurado em litologias predominantemente pelíticas das Unidades Hidroestratigráficas Rio do Rasto e Estrada Nova.

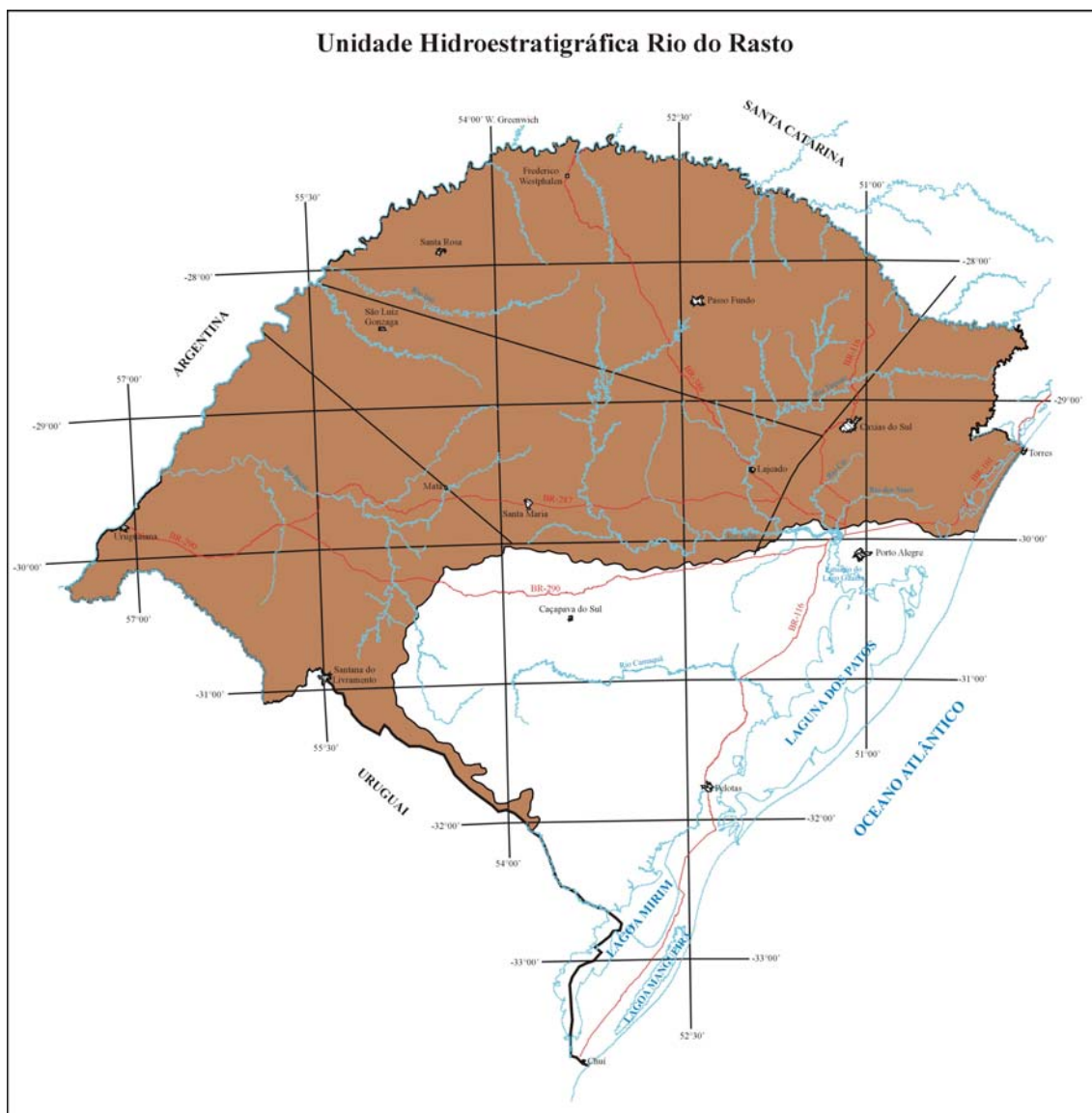


Figura 7.68 Área de ocorrência da Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto nos quatro compartimentos estruturais.

8 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPARTIMENTOS ESTRUTURAIS DO SAG

8.1 Introdução

Nas considerações iniciais sobre a necessidade de compartimentação da ocorrência do SAG no Rio Grande do Sul, salienta-se a grande diversidade de orientação estrutural, já estabelecida em trabalhos anteriores de caráter mais localizado. Com relação à estruturação do SAG em escala regional, são também descritas em muitos trabalhos as principais estruturas e lineamentos que governam a evolução da Bacia do Paraná e por extensão o arcabouço estrutural do SAG.

Apesar de todas estas evidências, a maioria dos estudos realizados sobre a ocorrência do SAG não menciona a influência destes sistemas de falhas no comportamento hidrogeológico do SAG, possivelmente devido ao fato de que esses estudos foram realizados em escalas pequenas, abrangendo o território brasileiro e os países limítrofes.

Seguindo a concepção de um grande sistema aquífero, contínuo em suas características litológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas, foram confeccionados mapas de contorno estrutural do topo do sistema aquífero capeado pelos vulcanitos da Formação Serra Geral e potenciometria de toda a sua área de ocorrência, que podem ser visualizados nas Figuras 8.1 e 8.2. O exame desses mapas mostra claramente que o traçado de isolinhas é extremamente dificultado devido a uma grande variação na distribuição dos dados do topo do sistema aquífero. Assim, foi possível, através de sua análise, observar claramente as áreas onde deveriam ocorrer as discontinuidades que podem ser detectadas através do Mapa Estrutural (Figura 8.3) e confirmadas através de uma série de seções geológicas e hidrogeológicas (Figura 6.7).

De maneira semelhante, o mapa da potenciometria do SAG (Figura 8.2) apresenta uma grande diversidade de sentido de fluxos, em geral concordantes com as direções de mergulho do topo do SAG.

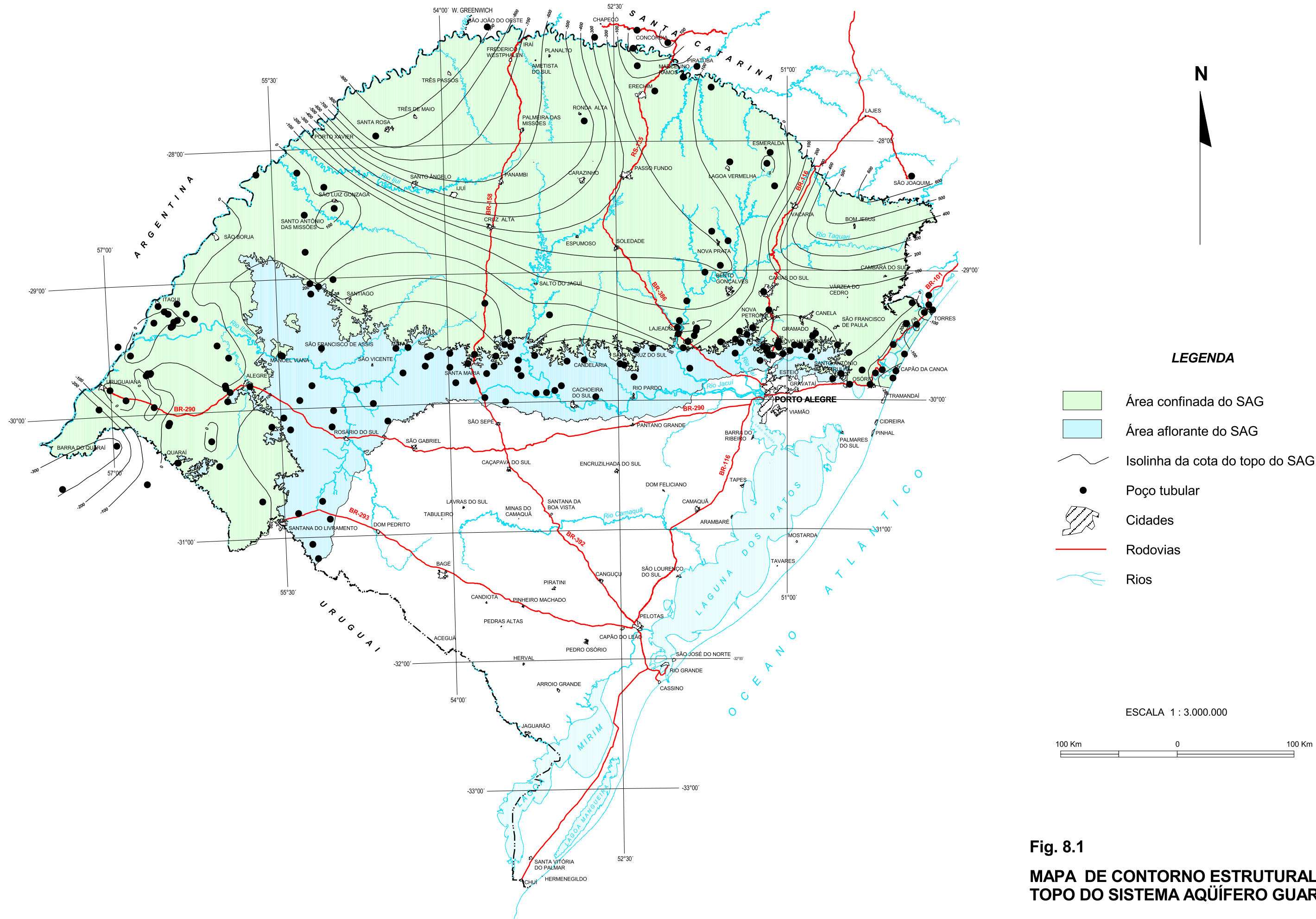
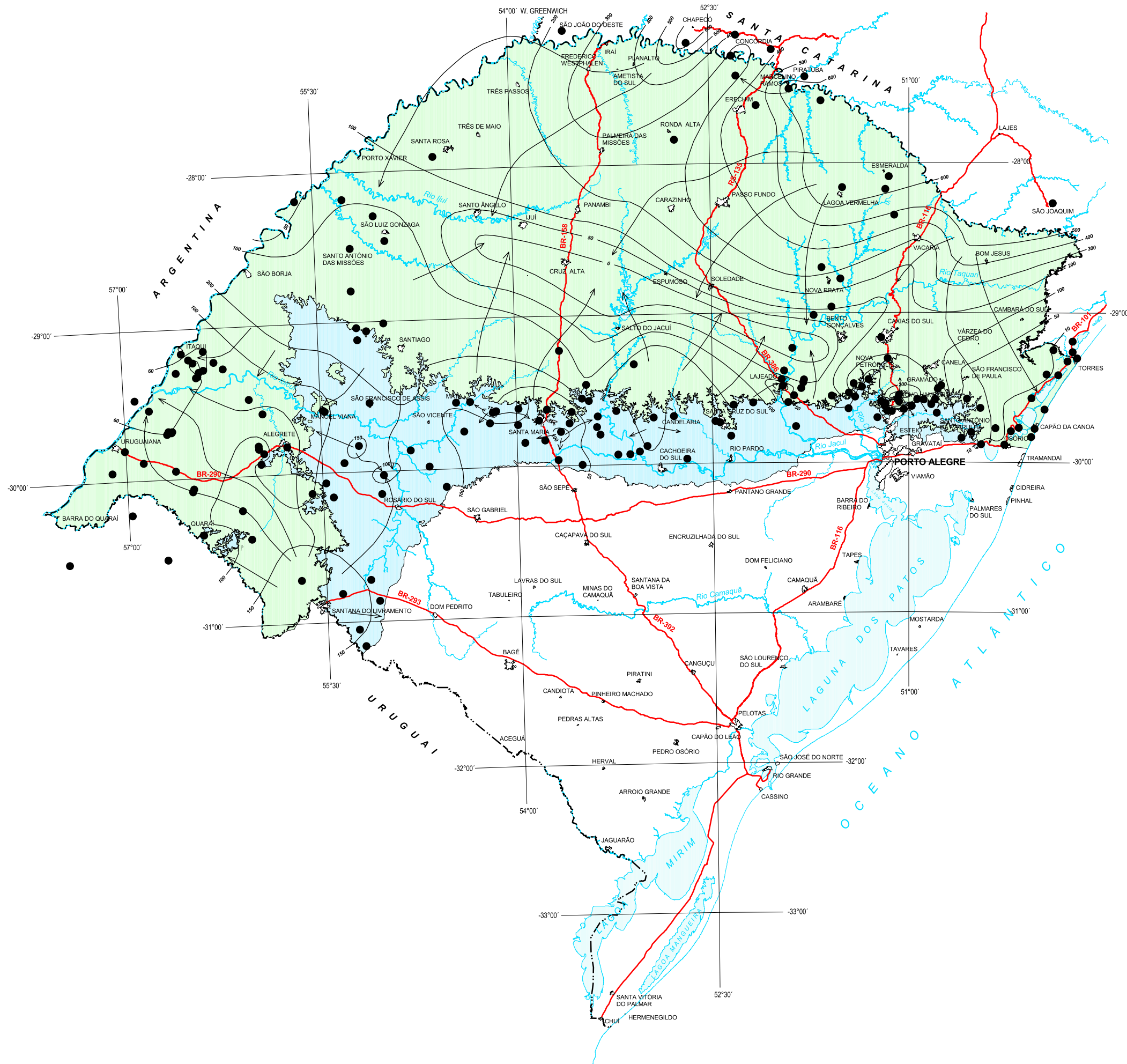


Fig. 8.1
MAPA DE CONTOURNO ESTRUTURAL DO
TOPO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI



LEGENDA

- Área confinada do SAG
- Área aflorante do SAG
- Linha equipotencial
- Linha de fluxo
- Poço tubular
- Cidades
- Rodovias
- Rios

ESCALA 1 : 3.000.000

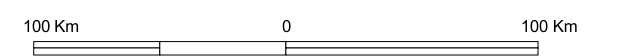
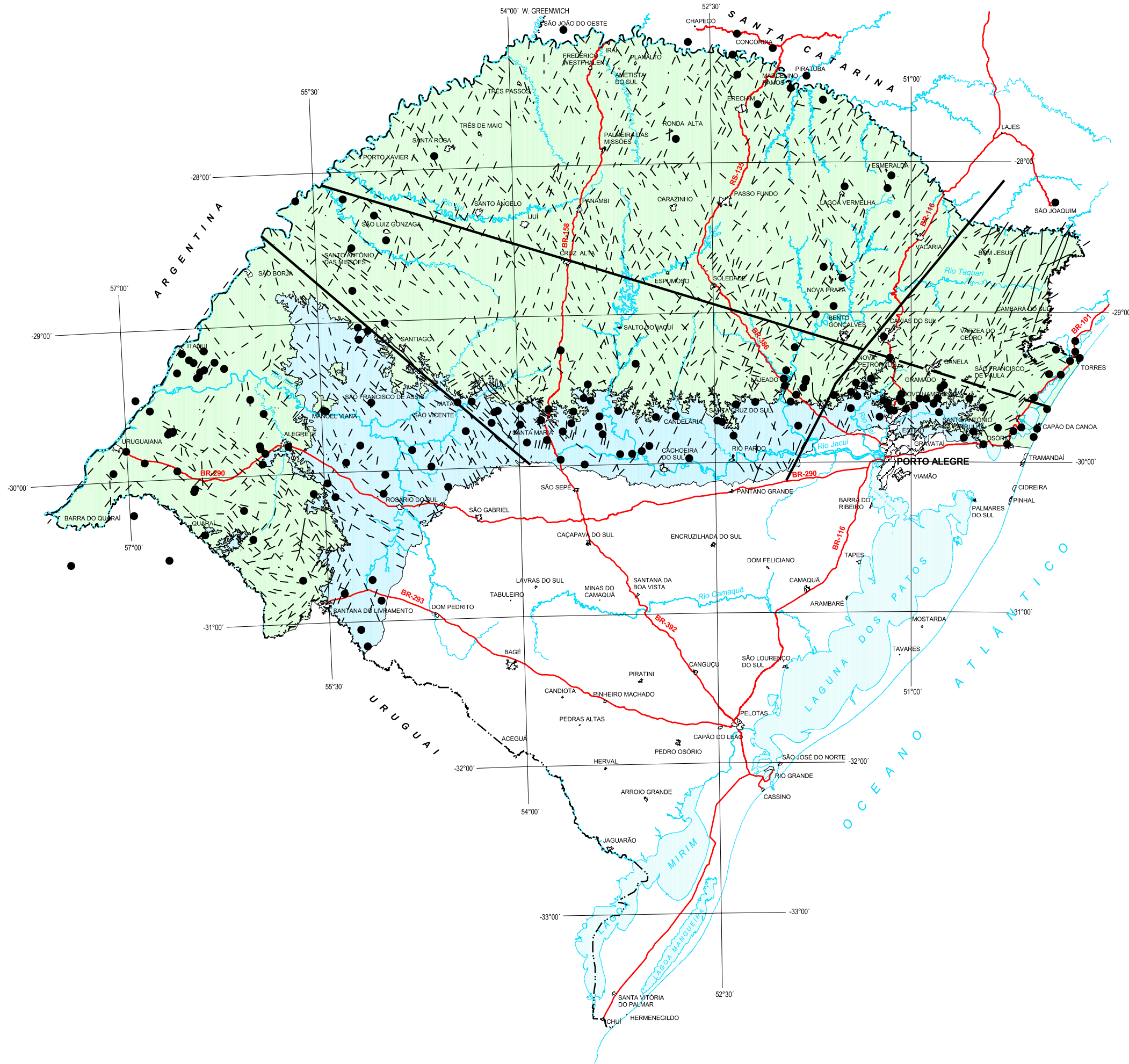


Fig. 8.2
MAPA POTENCIOMÉTRICO DO SISTEMA
AQUÍFERO GUARANI



LEGENDA

- Área confinada do SAG
- Área aflorante do SAG
- Falhas e fraturas
- Sistema de falhas que limita os compartimentos
- Poço tubular
- Cidades
- Rodovias
- Rios

ESCALA 1 : 3.000.000

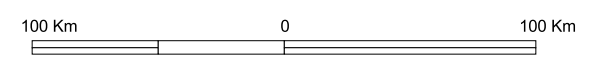


Fig. 8.3
MAPA ESTRUTURAL DO SAG

8.2 Compartimento Oeste

Este compartimento ocupa a área conhecida por Fronteira Oeste e porção da Depressão Central do Rio Grande do Sul, fazendo parte da Sub-Província Hidrogeológica da *Cuesta* (Hausman,1965,1995) e Unidade Hidrogeológica da Abóbada Oeste de Lisboa (1996). O perímetro do compartimento é demarcado pelos municípios de Santana do Livramento, Rosário do Sul, São Vicente do Sul, Jaguari, Nova Esperança do Sul, Unistalda, São Borja, Itaqui, Uruguiana e Quaraí. O Compartimento Oeste ainda tem divisa com os Departamentos de Artigas e Rivera no Uruguai e a Província de Corrientes na Argentina.

No Mapa Estrutural (Figura 8.3) visualiza-se a predominância das direções noroeste dos fraturamentos e o limite com o Compartimento Central - Missões demarcado pelo Sistema de Falhas Jaguari - Mata. No Mapa de Contorno Estrutural Compartimentado do Topo do SAG (Figura 8.4) estão traçadas as isolinhas que unem as cotas do topo da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu (em contato com a Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral). As altitudes do SAG ao sul da calha do rio Ibicuí apresentam valores que raramente ultrapassam a + 150 m, estando estes valores restritos a região da Coxilha do Haedo, na face frontal da *cuesta* e próximos da fronteira com o Uruguai.

A partir do município de Alegrete, o SAG tende a um mergulho suave em direção oeste. O gradiente geral deste mergulho é de aproximadamente 1 m/km. Nas proximidades da fronteira com a Argentina, junto ao rio Uruguai, o topo do SAG apresenta cotas próximas ao nível do mar, com valores de cota de +50 m nos municípios de Uruguiana e Itaqui, quando então ocorrem afloramentos das litologias arenosas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Nas imediações da área urbana de Quaraí (BR) e no interior da cidade de Artigas (UR), que lhe faz fronteira, novamente aparece uma janela arenosa da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, porém em cotas próximas de +100 m. Por influência de falhas noroeste, a porção central deste setor apresenta cotas que alcançam a -180 m e ao sul da cidade de Uruguiana, paralelamente ao rio Quaraí, valores que chegam a -300 m na porção noroeste da fronteira do Uruguai com o Rio Grande do Sul.

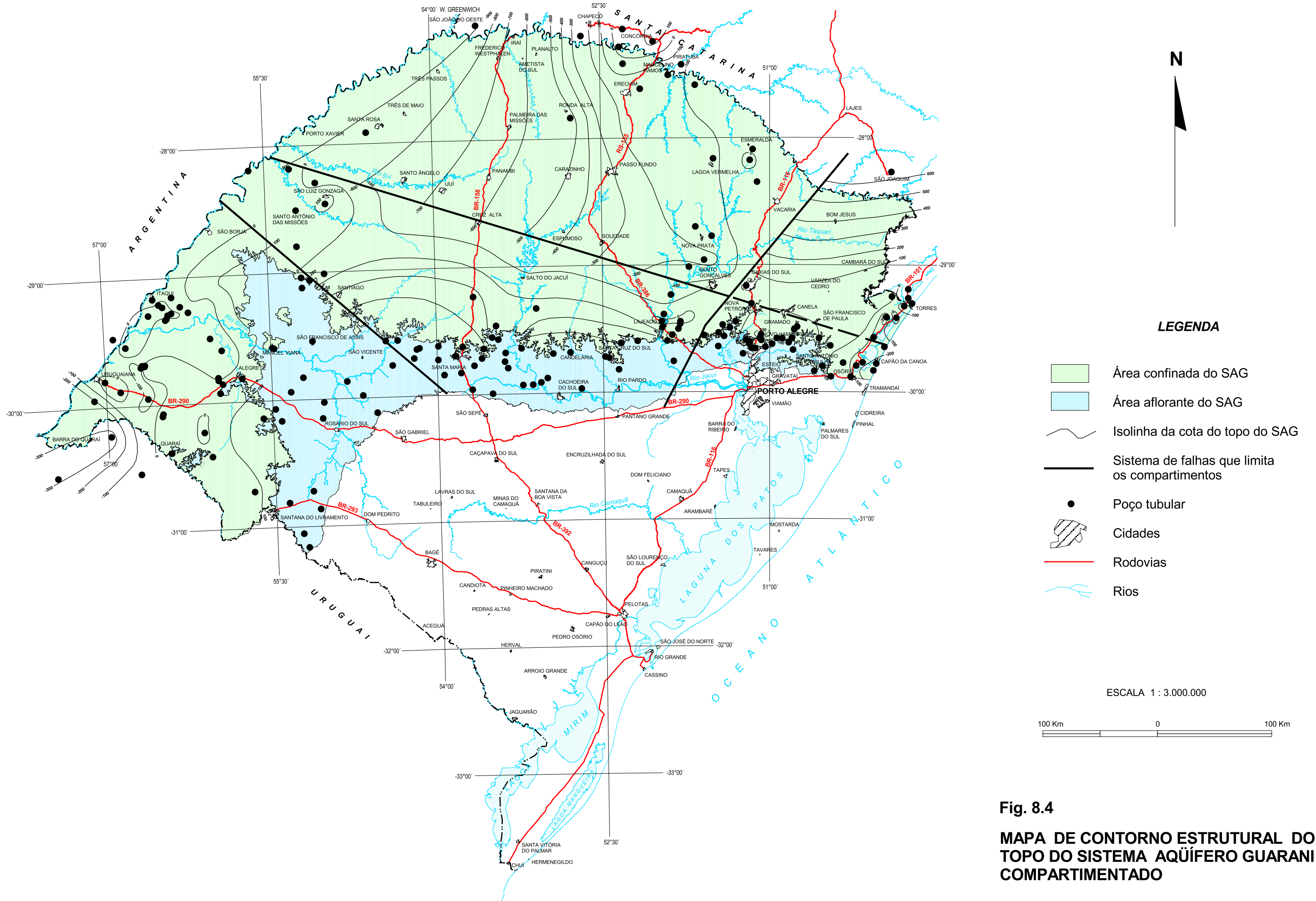


Fig. 8.4

MAPA DE CONTOURNO ESTRUTURAL DO TOPO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI COMPARTIMENTADO

Ao norte do curso do rio Ibicuí, a configuração estrutural deste compartimento é regida pela influência que as estruturas de direção noroeste, formadoras do Arco de Rio Grande e o Sistema de Falhas Jaguari - Mata tem sobre o arcabouço litológico do SAG e das rochas vulcânicas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral que o confina. A característica principal é uma inversão de sentido do mergulho regional, que nesta região é predominante para sul, com os valores das cotas do topo do SAG alcançando a aproximadamente +300 m na região de Unistalda, constatando-se uma grande diferença entre as médias de altitudes ao sul do rio Ibicuí.

Do ponto de vista geomorfológico, existe a formação de uma estrutura dômica, resultante do escalonamento de falhas. Durante várias décadas, devido ao comportamento em forma de abóbada, esta grande área de exposição de litologias arenosas foi interpretada como resultante de deslocamentos originados pela intrusão de um corpo de origem ígnea. Esta estrutura apresenta litologias arenosas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu apenas nas suas bordas de maior altitude, estando o restante da área ocupada por rochas sedimentares que compõem o arcabouço da Unidade Hidroestratigráfica Guará.

Apesar da aparente homogeneidade e monotonia no comportamento estrutural do SAG no Compartimento Oeste, se deve salientar que a escala de trabalho escolhida de 1 :1.000.000, mais adaptada aos estudos regionais do Estado, não permite em face da heterogeneidade e distribuição espacial dos dados de perfuração, que sejam traçadas com confiabilidade seções estruturais intra-bloco. Com essa constatação conclui-se que se torna impossível o delineamento mais preciso dos efeitos que essas estruturas de menor hierarquia possuem sobre o condicionamento hidrogeológico da região. Desse modo, a interpretação de discontinuidades na construção de isolinhas constitui fator fundamental para o entendimento das possíveis influências da tectônica no compartimento. Entretanto, apenas estudos detalhados da estrutura e litologia em pequenas áreas do SAG , nas escalas de 1:25.000 a 1:50.000, poderão solucionar problemas mais localizados.

Dentro dessa ótica, situações estruturais e de ocorrência dos derrames que compõem a Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, na região que se

estende das cidades de Alegrete e Uruguai, apresentam uma conformação geomorfológica especial. Nesta região as altitudes do topo da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral são muito superiores ao que ocorre no restante da área, propiciando que seja denominada de Plano Alto, onde é conhecida a grande profundidade em que são encontradas as litologias arenosas do SAG. Poucos dados foram obtidos dessa região devido ao fato de que por estar em maiores profundidades as litologias do SAG, os poços são preferencialmente perfurados apenas nas litologias vulcânicas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.

O Mapa Potenciométrico Compartimentado do SAG (Figura 8.5), utilizou dados de cotas do nível estático (NE), tanto de poços nas áreas confinadas pela Formação Serra Geral, quanto àquelas representadas unicamente pelos afloramentos do sistema aquífero. A primeira constatação no exame das curvas de igual pressão é que existe uma continuidade entre os níveis confinados e aqueles em que as litologias arenosas já apresentam processos erosivos, localmente pronunciados.

A conformação das curvas potenciométricas quando confrontadas com as curvas obtidas do mapa de contorno estrutural compartimentado do topo do SAG, mostram-se muito semelhantes. Neste caso é constante o gradiente hidráulico em direção oeste a partir do município de Alegrete e os valores de pressão hidrostática variam de +100 m a +50 m na fronteira com a Argentina (rio Uruguai). Portanto, na área ao sul do curso do rio Ibicuí, estando as linhas de igual pressão com gradiente hidráulico de 0,36 m/km, proporcionam um fluxo regional oeste para esta área do compartimento, estando as áreas de descarga determinadas pelas linhas de fluxo concentradas na direção do rio Uruguai e nas proximidades do poço de Guaviravi (AR) onde a cota do nível estático (NE) se encontra próximo de +50 m.

É interessante notar que as linhas de fluxo se dirigem também em direção à região de Quaraí, porém, não existem confirmações que importantes fluxos ultrapassem a fronteira com o Uruguai, através do Departamento de Artigas. Nesse caso, a janela de arenitos que ocorre nesta região, correlacionada com as resultantes do falhamento que ocorre ao longo do rio Quaraí, antes de representar uma área de descarga regional é sim

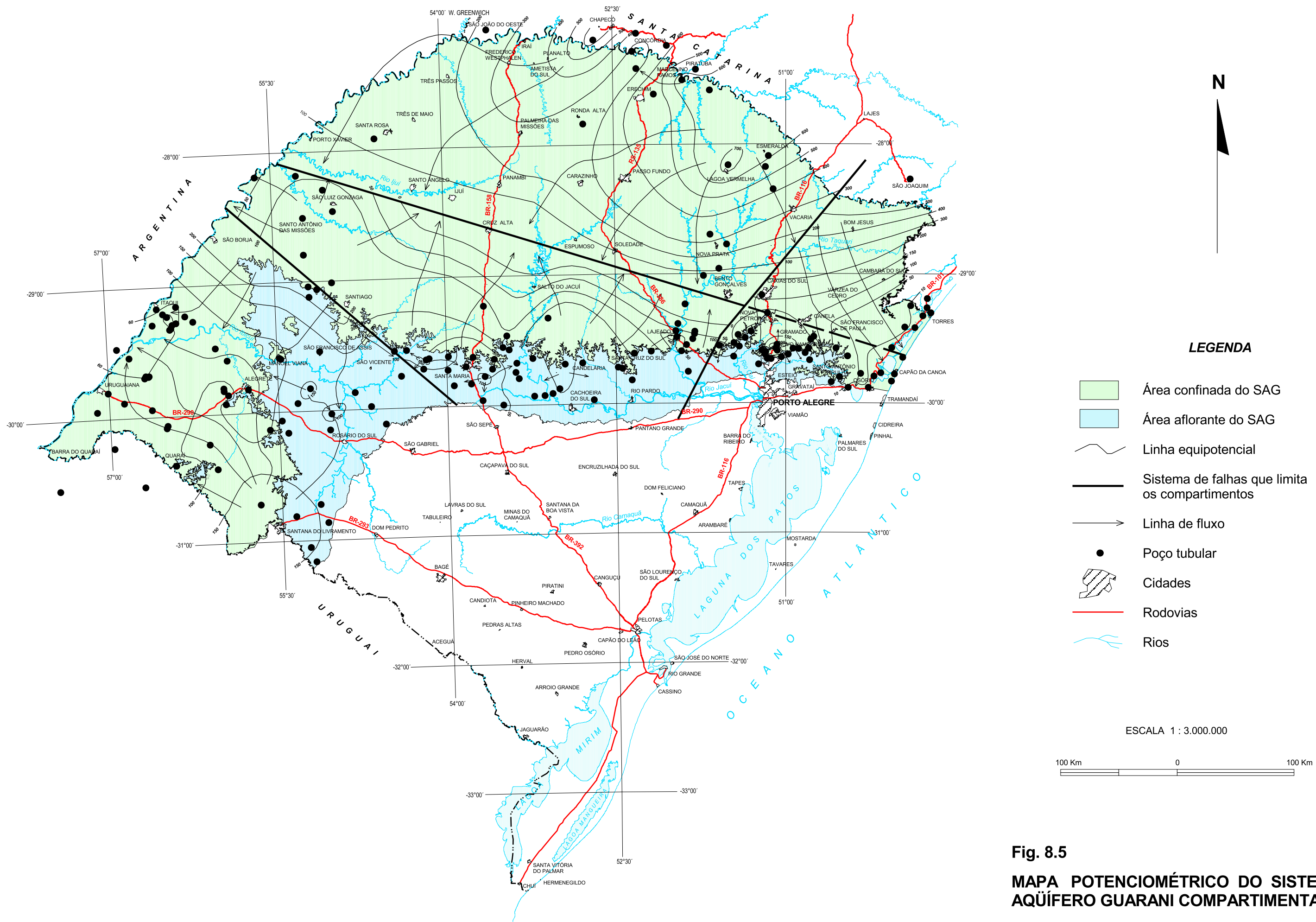


Fig. 8.5
MAPA POTENCIOMÉTRICO DO SISTEMA
AQUÍFERO GUARANI COMPARTIMENTADO

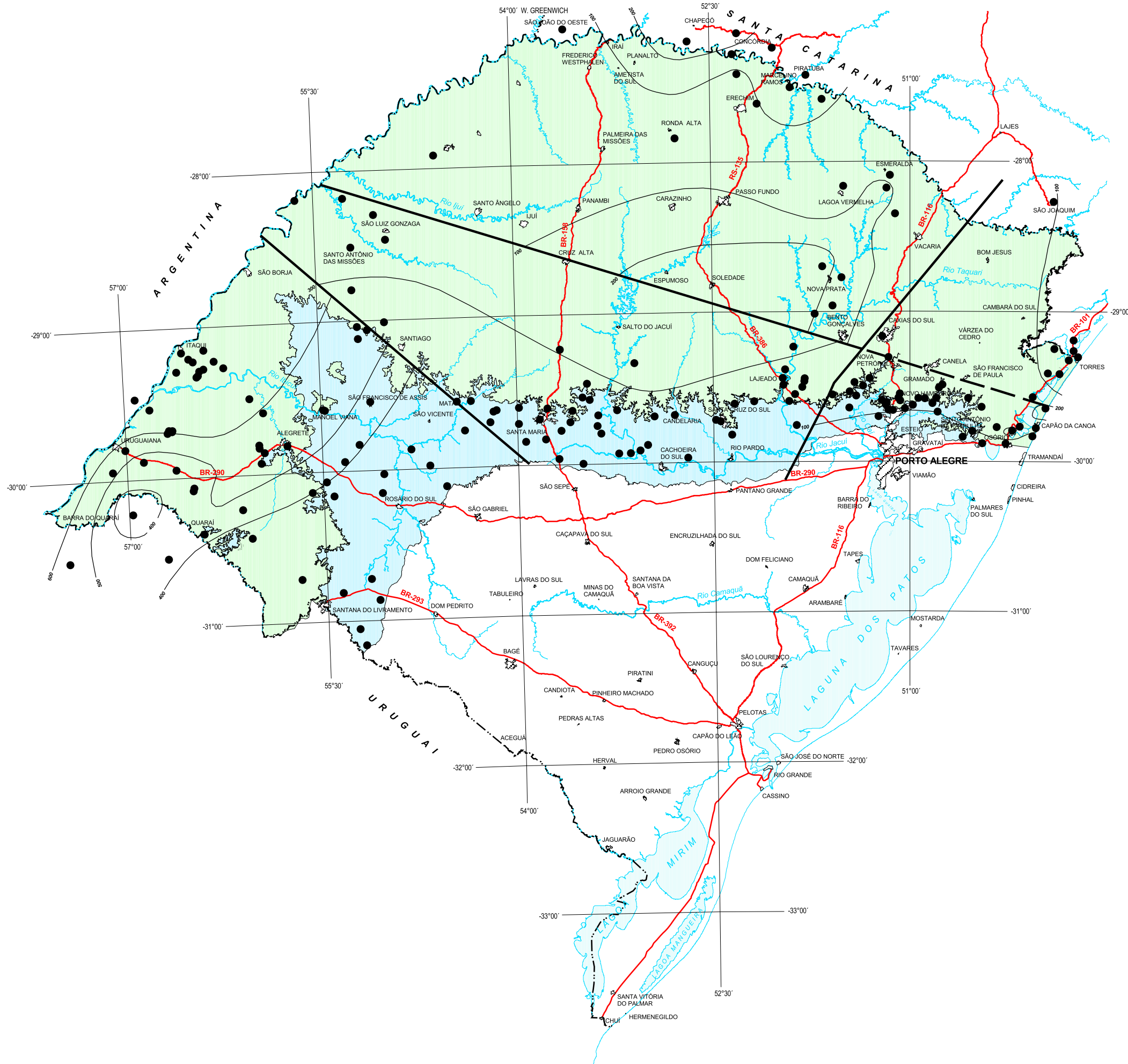
potencialmente uma área de recarga, resultante das condições estruturais que elevaram o topo do contato do SAG em relação aos derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.

Nas áreas onde existem grandes espessuras de derrames basálticos à oeste da cidade de Santana do Livramento, junto ao limite leste da *Cuesta* do Haedo, os níveis potenciométricos são concêntricos e as linhas de fluxo se dirigem em várias direções, indicando ser esta uma importante área de recarga, especialmente correlacionadas com a ocorrência de arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Entretanto, existem também na região de afloramento próxima a esta área valores de cargas hidráulicas que exibem características de área de recarga, relacionadas com a Unidade Hidroestratigráfica Guará.

Deve ser levado em consideração que os fluxos subsuperficiais no SAG se relacionam com as áreas de infiltração nas porções alteradas que compõem os topos dos aquíferos que integram o arcabouço hidroestratigráfico deste sistema aquífero. Os fluxos do freático seguem a topografia e descarregam nos principais cursos de água da região, como os rios Ibirapuitã, Santa Maria e Ibicuí. A quantidade de dados de poços e a escala de trabalho não permitem a visualização em mapa desses sistemas de fluxo subsuperficial.

Da região do município de Unistalda em direção aos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana, as cargas hidráulicas obtidas proporcionam um fluxo norte-sul, em direção o curso do rio Ibicuí. Nessa região, devido ao alçamento da topografia resultante do sistema de falhas, os níveis estáticos nas Unidades Hidroestratigráficas Botucatu e Guará são muito profundos, tornando em muitos casos inviável a sua captação através de poços tubulares. São conhecidos de muito tempo os problemas de abastecimento de água na região de Unistalda, onde os arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu encontram-se secos. Problemas semelhantes podem ser encontrados nos poços que, perfurados na Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, apresentam baixíssimas vazões ou ocasionalmente são secos.

São raros os poços que atravessam toda a espessura do SAG nesse compartimento. Para o traçado de isópacas do somatório de unidades hidroestratigráficas que compõem o SAG (Figura 8.6), foram reunidos os dados



LEGENDA

- Área confinada do SAG
- Área aflorante do SAG
- Espessura do SAG
- Sistema de falhas que limita os compartimentos
- Poço tubular
- Cidades
- Rodovias
- Rios

ESCALA 1 : 3.000.000

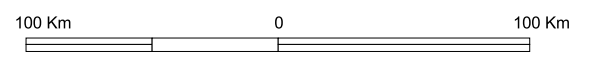


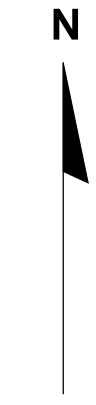
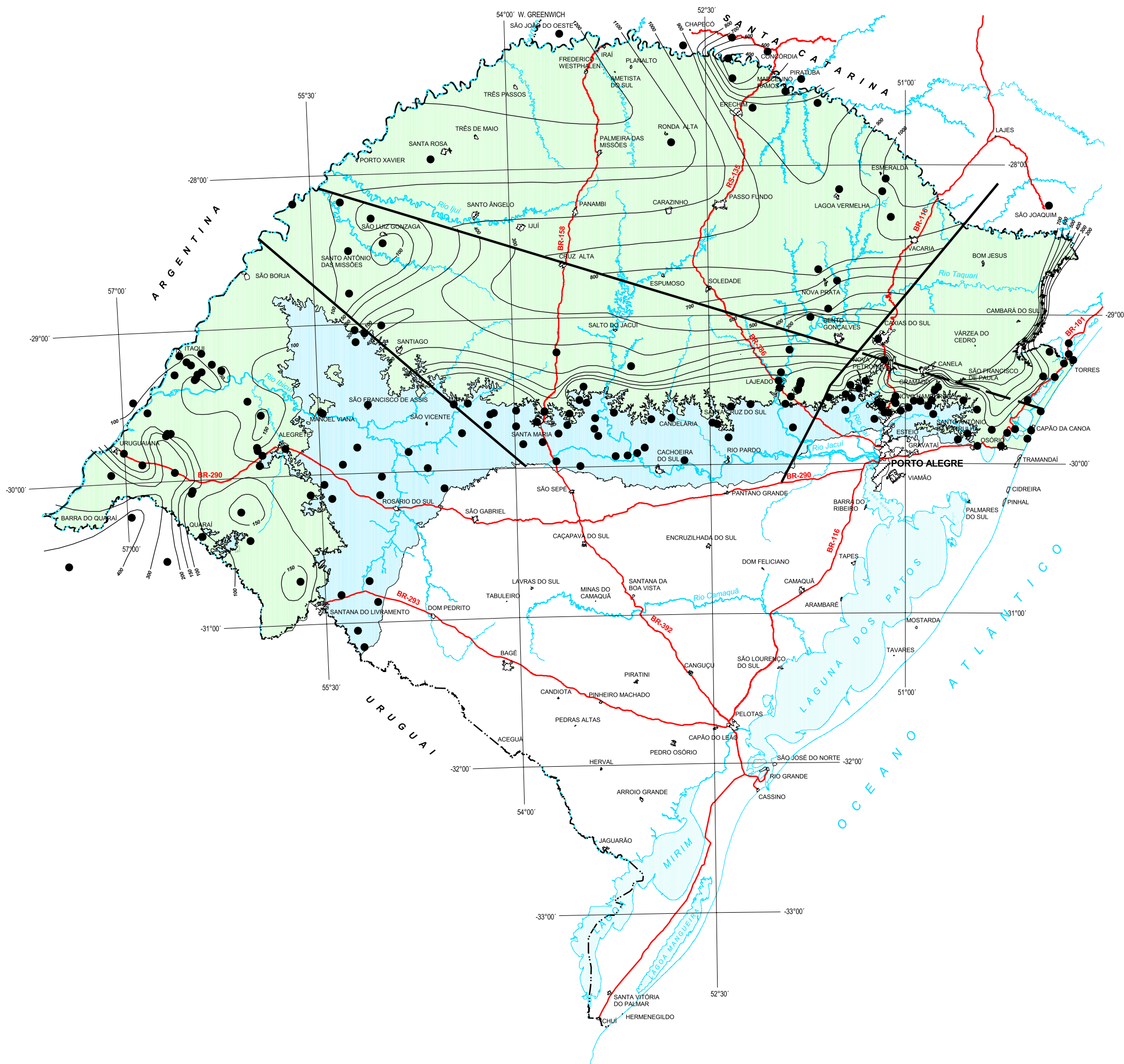
Fig. 8.6
MAPA DE ESPESSURA DO SAG

de poços perfurados nas fronteiras do Uruguai e Argentina, o poço da Petrobrás na cidade de Alegrete e as informações de mapeamento geológico nas áreas de afloramentos do compartimento.

A análise desse mapa mostra que nessa região o somatório de unidades hidroestratigráficas do SAG é relativamente espesso, com uma média de 500 m de espessura. A discrepância maior observada na espessura do SAG, com relação aos dados compilados e interpretados por Araújo *et al.* (1995), é encontrada no poço estratigráfico 2 - AL - 1 - RS perfurado pela Petrobrás na cidade de Alegrete. A diferença é devido ao fato destes autores adicionarem às litologias definidas como formadoras do SAG, as fácies arenosas considerados como pertencentes ao Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto. É também interessante notar que o SAG neste compartimento apresenta espessura das camadas aquíferas que mostram similaridade de ocorrência com aquelas que compõem o arcabouço hidroestratigráfico do SAG no Uruguai e Argentina.

Com relação ao comportamento relacionado com a espessura dos derrames confinantes do SAG neste compartimento, verifica-se na Figura 8.7 que as espessuras estão relacionadas com os eventos tectônicos que estruturaram toda a região, pois para os poços perfurados a partir da fronteira uruguaio-brasileira existe um espessamento em direção ao sul. Em geral, esse compartimento não apresenta grande distanciamento entre os valores máximos e mínimos na espessura dos derrames, entretanto, nos municípios de Uruguaiana, Alegrete e Santana do Livramento foram perfurados poços que confirmam não só a presença dessas estruturas, como também são exemplos de como elas podem afetar as condições hidrodinâmicas e hidráulicas do aquífero, provocando grandes diferenças na produtividade.

Um dos exemplos dessa influência pode ser observado nos resultados obtidos por poços tubulares perfurados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, no município de Uruguaiana (Figura 8.8). Pode-se observar que a partir de falhas escalonadas, as variações de nível estático e as condições de alto ou baixo estrutural influenciam sobremaneira a produtividade dos poços, com valores de capacidade específica que variam de 1,6 até 10,0 m³/h/m.



LEGENDA

- Área confinada do SAG
- Área aflorante do SAG
- Espessura das camadas confinantes do SAG
- Sistema de falhas que limita os compartimentos
- Poço tubular
- Cidades
- Rodovias
- Rios

ESCALA 1 : 3.000.000

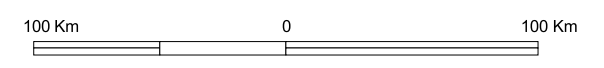
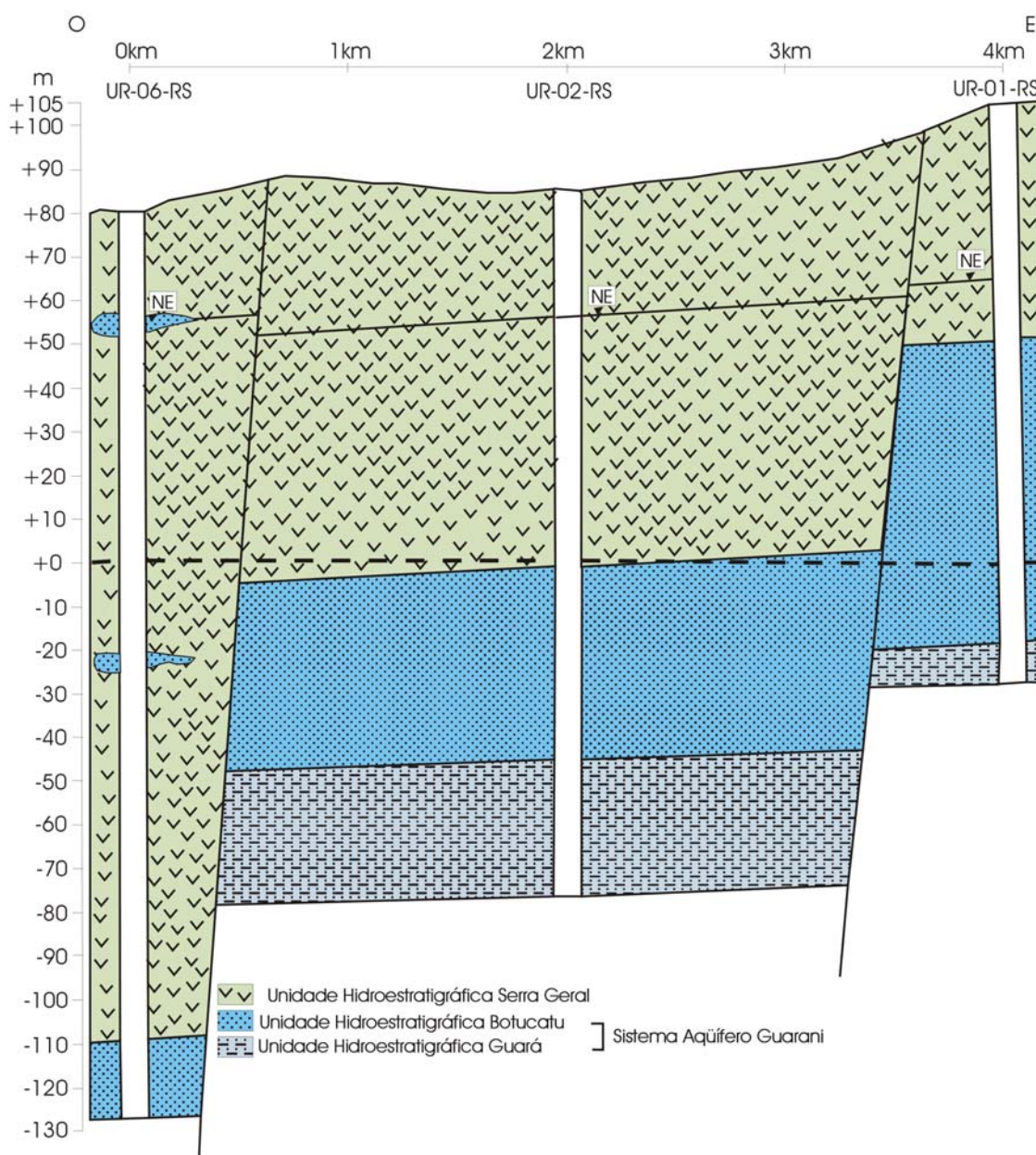


Fig. 8.7
MAPA DE ESPESSURA DAS ROCHAS CONFINANTES DO SAG



Poço	UR-06-RS	UR-02-RS	UR-01-RS
Profundidade do topo do SAG (m)	190	86	54
Cota do topo do SAG (m)	-110	-1	+51
Nível estático (N.E.) (m)	25,5	28	40
Capacidade específica (m ³ /h/m)	10,0	6,0	1,66

Figura 8.8 Seção no município de Uruguaiana, mostrando o efeito das condições estruturais do topo do SAG sobre a produtividade dos poços.

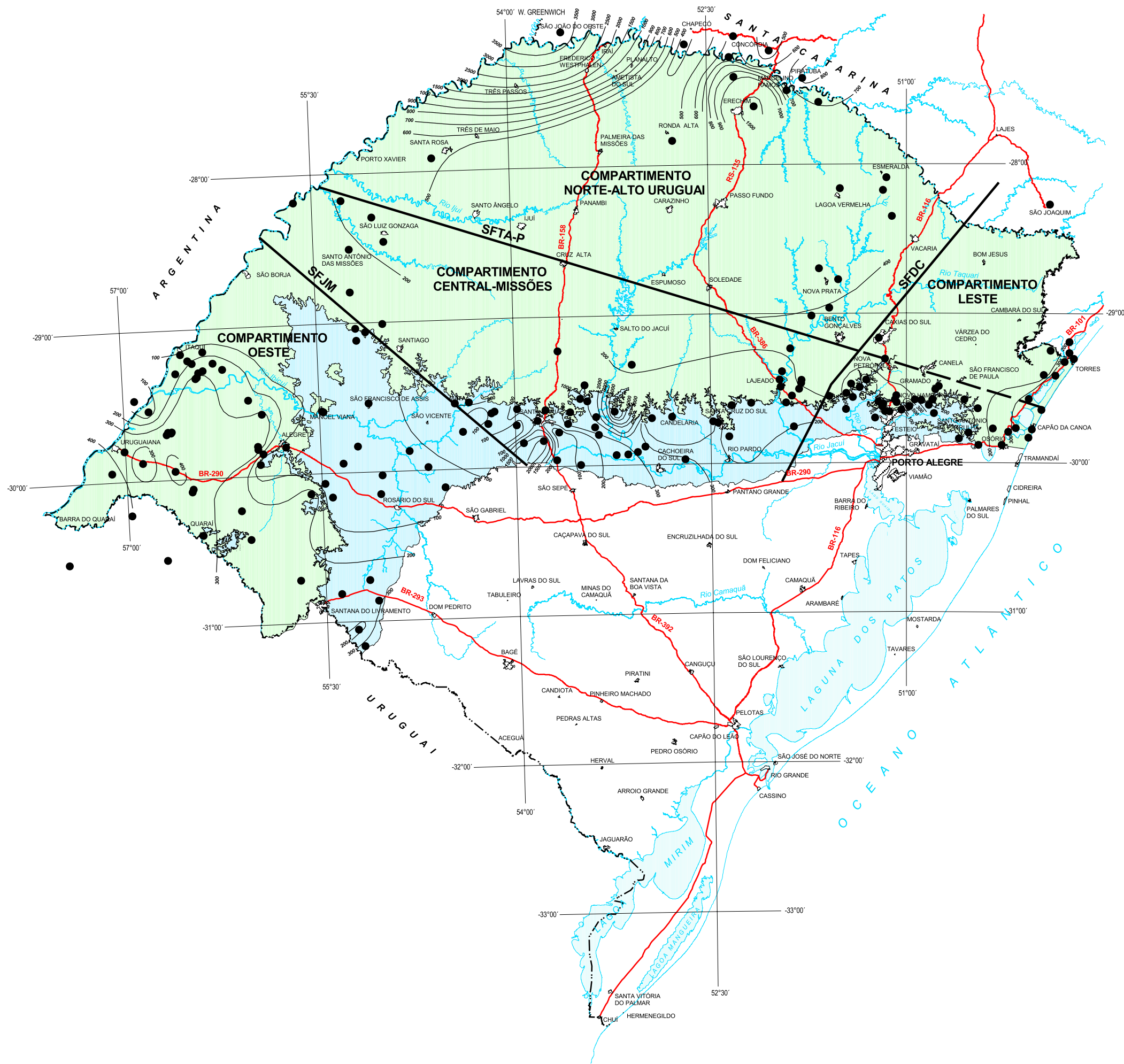
O Mapa Hidroquímico do SAG (Figura 8.8) apresenta os dados de salinidade (Totais de Sais Dissolvidos - STD) do sistema aquífero, obtido

através de análises químicas. Nesse compartimento existe uma boa distribuição de dados, tanto na porção confinada, quanto na aflorante. Entre os municípios de Itaqui e São Borja e ao norte da cidade de Manoel Viana, as condições hidrogeológicas desfavoráveis a captação do SAG através de poços tubulares, torna escassos os dados de análise de água. A análise das curvas de salinidade indica que os valores máximos estão na ordem de 400 mg/L de sais dissolvidos, sendo que na área confinada pela Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, os valores iniciam em 100 mg/L e gradativamente alcançam os 400 mg/L. Na porção aflorante constata-se que entre os municípios de Rosário do Sul e São Francisco de Assis predominam os valores menores de 100 mg/L. Em direção ao município de Santana do Livramento, os valores aumentam até alcançar aproximadamente 300 mg/L.

Este comportamento descrito acima da salinidade, permite concluir que as recargas do sistema aquífero estão principalmente associadas com a infiltração através das litologias arenosas nas áreas aflorantes. Grande parte da área confinada por rochas basálticas na porção centro - sul do compartimento corresponde a áreas de circulação das águas, em direção às zonas de descarga junto ao rio Uruguai.

8.3 Compartimento Leste

Este compartimento ocupa parte da área litorânea, do Planalto Basáltico e Encosta da Serra do Rio Grande do Sul, englobando parte das Sub-Províncias Planalto, Borda do Planalto, Botucatu Leste, Rosário, Lagunar Interna Norte e Oceânica de Hausman (1995) e Unidades Hidrogeológicas Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas de Lisboa (1996). O perímetro da área é demarcado pelos municípios de Montenegro, São Sebastião do Caí, Feliz, Caxias do Sul, Bom Jesus, Torres, Capão da Canoa, Santo Antônio da Patrulha e São Leopoldo. O Compartimento Leste faz divisa com Santa Catarina, sendo que partes das litologias do SAG encontram-se encobertas pelas águas do Oceano Atlântico.



LEGENDA

- Área confinada do SAG
- Área aflorante do SAG
- Isolinha de salinidade
- Sistema de falhas que limita os compartimentos
- Poço tubular
- Cidades
- Rodovias
- Rios

ESCALA 1 : 3.000.000

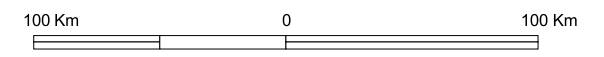


Fig. 8.9
MAPA HIDROQUÍMICO DO SISTEMA
AQUÍFERO GUARANI

No Mapa Estrutural (Figura 8.3) percebe-se que predominam neste compartimento as direções nordeste para os fraturamentos e falhas. O limite entre os Compartimentos Central - Missões e Norte - Alto Uruguai é o Sistema de Falhas Dorsal do Canguçu, ao qual está associada a Falha do Leão. No Mapa de Contorno Estrutural Compartimentado do Topo do SAG foram utilizados os dados do topo da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu na sua porção confinada.

Apesar deste ser o menor compartimento estrutural do SAG, é possível distinguir pelo menos três áreas com comportamentos distintos:

1º) Na região nordeste do município de Caxias do Sul, as cotas do topo do SAG crescem substancialmente em direção ao município de São Joaquim (SC), passando de +100 m logo ao norte da cidade de Caxias para +600 m logo ao sul da cidade de São Joaquim (SC). Para um melhor entendimento do significado hidrogeológico que esta variação de cotas do topo do SAG possui, examinando-se o Mapa de Lages (Figura 6.4), visualiza-se que à direita da extensão da Falha do Leão, a área de afloramento do SAG é muito estreita e ocupa as encostas erodidas do planalto basáltico, dificultando a recarga direta através das precipitações pluviométricas, que tendem a se transformar apenas em escoamento superficial.

A presença de cotas de topo tão elevadas para o SAG nessa região, confirma que existiram esforços de levantamento da Serra do Mar, tendo como conseqüência um levantamento do planalto basáltico em relação ao nível do mar. Como resultado, toda a região exibe níveis positivos do topo do SAG e altitudes do topo da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral que alcançam a mais de 1400 m acima do nível do mar.

2º) Da região que sai de Novo Hamburgo a Caxias do Sul destaca-se o município de Morro Reuter como o possuidor das maiores altitudes do topo SAG, quando alcança valores de +200 m. A partir deste município os valores diminuem radicalmente nas direções norte, sul, leste e oeste. Os menores valores, abaixo de +100 m entre Caxias do Sul e Morro Reuter, distribuem-se aproximadamente sobre a linha ocupada pelo Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Em praticamente toda a área abrangida entre os municípios de Ivoti até as proximidades do município de Santo Antônio da Patrulha, o topo

do SAG ocupa regiões de encosta, sendo aflorante nos vales dos principais cursos de água de região, onde se pode ver influências que as estruturas tectônicas intra-bloco possuem sobre o topo do SAG, quando, por exemplo, no município de Picada Café temos altitudes do SAG que variam entre +80 e +150 m.

3º) Para leste do município de Santo Antônio da Patrulha até as proximidades do município de Torres as altitudes das cotas do topo do SAG variam de 0 m até -200 m e são influenciadas predominantemente pelas falhas nordeste que controlam a construção da linha de costa. Ao norte de Capão da Canoa uma inflexão nas isolinhas de -200 m e -100 m marca a região onde passa o Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Em direção ao município de Torres, falhas noroeste alçam o topo do SAG, quando então apresenta cotas acima do nível do mar. Apesar da grande fragmentação intrabloco, a escala de trabalho e a densidade dos dados permitem apenas uma cartografia baseada em linhas de contorno, o que não impede a interpretação das grandes variações como descontinuidades tectônicas.

O Mapa Potenciométrico Compartimentado do SAG (Figura 8.5) para este compartimento necessitou levar em consideração as ocorrências aflorantes do topo do SAG na região litorânea de Santa Catarina e a estimativa de nível estático no poço 1 - SJQ - 01 - SC da Petrobrás, que possui bem marcado o topo do SAG. O maior número de poços desse compartimento com dados piezométricos encontra-se nas porções sul e litorânea, onde ocorrem as menores espessuras de derrames basálticos. A grande quantidade de vales nos principais cursos da água proporciona o afloramento da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, tanto em locais próximos ao município de Caxias do Sul, fachada leste da unidade Hidroestratigráfica Serra Geral próximo ao litoral e na base dos *canyons* nas proximidades dos limites entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O comportamento potenciométrico nesse compartimento é muito semelhante ao estabelecido pelo contorno estrutural do topo do SAG.

Na porção nordeste do compartimento entre os municípios de Caxias do Sul (RS) e São Joaquim (SC) o nível potenciométrico varia de +150 m a valores que superam a +500 m, com um gradiente de 6,4 m/km e contrasta

com os valores obtidos de Araújo *et al.* (1995,1999) que indica para a região de Caxias do Sul um nível potenciométrico de +300 m. As linhas de fluxo estão limitadas pelo falhamento nordeste correspondente à Falha do Leão indicando que a recarga está associada com o alto relacionado com a região de São Joaquim. A distância percorrida pela água associada ao gradiente potenciométrico e a profundidade de ocorrência do SAG proporcionam que neste compartimento possa ocorrer águas termiais. Na região do município de Morro Reuter, também acompanhando as feições de contorno estrutural do SAG as curvas de igual carga hidráulica apresentam um formato ovalado de direção aproximadamente leste-oeste, com as linhas de fluxo em direção norte-sul-leste-oeste dirigindo-se aos cursos de água da região (rios Caí e Sinos predominantemente). Como a recarga se dá através da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, nesta área apesar da posição topo-estrutural desfavorável da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu é possível encontrar-se poços produtivo nela.

De acordo com o Mapa Potenciométrico Compartimentado do SAG (Figura 8.5) é possível verificar-se que a área regional de descarga do SAG está relacionada na região litorânea com as mesmas feições estruturais controladoras do topo do sistema aquífero. Desse modo, não se levando em consideração a divisão em blocos influenciados pelas estruturas tectônicas localizadas é possível admitir-se que as linhas de fluxo sigam gradiente sudeste, indo descarregar suas águas na região litorânea onde ocorre importante cordão de lagoas (Lagoa dos Barros, Quadros e Itapeva).

Quanto à espessura, pelo Mapa de Espessuras do SAG (Figura 8.6) nota-se a grande diferença existente, por exemplo, com o Compartimento Oeste, denotando uma grande diferenciação em seu conteúdo hidroestratigráfico. As poucas isolinhas no mapa não demonstram somente a ausência de dados em extensas áreas de compartimento, como salientam que as maiores espessuras em torno de 200 m ocupam pequenas áreas, não ultrapassando para o setor norte do Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas.

Para o restante da área, a isolinha de 100 m ocupa a área que vai do litoral norte até as proximidades do município de São Joaquim (SC) e também

a área de afloramento onde predominam as litologias da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia. Em todo o restante do compartimento os valores variam entre 100 e 200 m dependendo do grau de erosão ou da presença de litologias da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.

A espessura das camadas confinantes que engloba as litologias de Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral e pelos sedimentos cenozóicos no litoral está representada no Mapa de Espessuras de Camadas Confinantes do SAG (Figura 8.7).

É possível notar que existe uma grande área em que as espessuras ultrapassam a 700 m ocupando praticamente toda a região que vai da cidade de Gramado (RS) e chega até a cidade de São Joaquim (SC), estando os derrames localizados acima do nível do mar em quase toda a área do Compartimento Leste.

Comparando-se com os demais compartimentos é visível que existe uma condição topo-estrutural em que o contato do topo da Unidade Hidroestratigráfica do Botucatu está em grande parte da área acima do nível do mar por conta do levantamento da Serra Geral e da Serra do Mar. As espessuras das camadas confinantes condicionam uma elevação muito pequena dos níveis potenciométricos, de modo que em quase todo o compartimento os níveis estáticos dos poços estejam em tal profundidade, que oneram sobremaneira os custos de bombeamento. Apenas no Compartimento Central - Missões é possível encontrar condições topo-estruturais semelhantes às que ocorrem nesse compartimento, com resultados semelhantes nas condições da captação das águas.

A totalidade de espessuras de derrames que neste compartimento demonstra pequena variação em quase toda sua área de ocorrência, é sistematicamente recortada pelas grandes redes de drenagem, especialmente os vales erosivos dos rios Taquari-Antas, Caí e Pelotas. Em alguns casos, como os rios Cadeia, Maquiné e Rolante são expressivos os recortes proporcionando o afloramento de extensas áreas das litologias arenosas do topo do SAG.

Através do Mapa Hidroquímico do SAG (Figura 8.8) observa-se que os dados de análise de água estão mais restritos a porção sul do compartimento,

na interface entre a área aflorante e aquela confinada pela Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. Outra área que apresenta dados significativos relacionados com a qualidade química do sistema aquífero situa-se na porção leste do compartimento, correspondente à região do litoral. No restante da área confinada pelos derrames, praticamente inexistem perfurações no SAG e por extensão análises químicas de suas águas.

Nas regiões que possuem dados observa-se que os valores de salinidade, em geral são superiores a 200 mg/L. No litoral os valores variam de 200 mg/L a mais de 300 mg/L, indicando que os fluxos estão em direção à linha de costa.

Na região sul do compartimento também predomina os valores entre 200 mg/L e 300 mg/L, com pequenas variações para mais, quando alcançam valores superiores a 500 mg/L, por influência de águas que ocorrem em maior profundidade. Poços com valores de STD inferiores a 100 mg/L são raros e encontram-se unicamente na porção aflorante.

8.4 Compartimento Norte – Alto Uruguai

Este compartimento ocupa integralmente a área geomorfológica do Planalto do Rio Grande do Sul, fazendo parte das Sub-Províncias Planalto e Borda do Planalto da Província Basáltica de Hausman (1995) e Unidades Hidrogeológicas Básicas Mamelonadas, Básicas densamente dissecadas e Ácidas dissecadas de Lisboa (1996). O perímetro da área é demarcado pelos municípios de Bento Gonçalves, Vacaria, Esmeralda, Marcelino Ramos, Aratiba, Vicente Dutra, Santa Rosa, Cerro Largo, Santo Ângelo, Soledade e Cotiporã, O Compartimento Norte - Alto Uruguai faz divisa ao norte com o Estado de Santa Catarina, a leste com o Compartimento Leste, a sul com o Compartimento Central - Missões e a oeste com a Argentina.

No Mapa Estrutural (Figura 8.3) é possível observar-se que existe um cruzamento entre as direções noroeste e nordeste, propiciando segundo Lisboa (1996) que nesta região ocorram feições geomorfológicas mamelonares, resultantes dos processos de erosão. O limite com o Compartimento Leste se dá através da Falha do Leão (Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu) e com o

Compartimento Central - Missões através do Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Pelo Mapa de Contorno Estrutural do Topo do SAG (Figura 8.1) constata-se que os mergulhos do topo deste sistema aquífero na região norte do estado apresentam inflexões anormais em direção ao oeste e substancial diferença de cotas na porção à oeste do município de Vacaria.

No Mapa de Contorno Estrutural Compartimentado do Topo do SAG (Figura 8.4), com a locação dos dois sistemas de falhas anteriormente citados é possível notar-se que este compartimento encontra-se influenciado pela feição estrutural associada com o Domo de Lages (SC) (Figura 6.4). O exame do Mapa do Domo de Lages (SC) (Figura 6.4) mostra claramente a influência que o extenso sistema de falhas nordeste possui sobre a conformação estrutural do topo da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, proporcionando que na cidade de Lages (SC) possa existir uma área maior de exposição e conseqüentemente de recarga direta do aquífero.

Três situações são especialmente importantes na caracterização estrutural deste compartimento: a) entre os municípios de Lagoa Vermelha e Esmeralda são encontrados os valores de cota de topo do SAG próximos do nível do mar; b) do mesmo modo entre Aratiba (RS) e Concórdia (SC) são encontrados valores entre 0 (zero) e superiores a + 100 m; c) no restante da área predominam os valores negativos de cota do topo do SAG.

Neste compartimento pode-se observar que uma das principais áreas com cotas positivas do topo do SAG está relacionada com a região à norte de Esmeralda. É também em direção nordeste que alcança valores positivos muito elevados para o topo do SAG, quando no município de Lages (SC), o sistema aquífero possui altitudes superiores a 800 m. Esta situação apresenta a ocorrência de mergulhos acentuados para o topo do SAG, que apresenta a sua feição estrutural correlacionada com os eventos tectônicos e intrusivos formadores da estruturação dômica deste município catarinense.

Na divisa norte, entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os municípios de Aratiba (RS), Marcelino Ramos (RS), Concórdia (SC) e Seara (SC) também apresentam uma feição de alto estrutural, com valores positivos para o topo do SAG, superiores a +100 m em Concórdia (SC).

Ao contrário da área anteriormente descrita, aqui não existe influência do Domo de Lages (SC) na estruturação do topo do SAG.

No restante da área centro-oeste do compartimento, os dados de poços são escassos devido as grandes profundidades em que se encontra o SAG, o que torna a sua perfuração mais onerosa e de maiores dificuldades operacionais. Entretanto, os dados relativos ao topo do SAG mostram-se coerentes, segundo um sentido leste - oeste, onde os valores do topo decrescem de -100 m nas proximidades da Falha do Leão, para -800 m entre o município de Santa Rosa e o rio Uruguai. O espaço entre as isolinhas dos poços de Rondinha e Santa Rosa é grande, indicando menor mergulho quando comparadas com aquelas entre Itá (SC) e Rondinha (RS), cujo espaçamento menor indica um maior mergulho do topo do SAG e possivelmente a influência de uma grande estrutura tectônica, cuja direção não pode ser determinada com exatidão, devido à escassez de dados.

O Mapa Potenciométrico Compartimentado do SAG (Figura 8.5), foi traçado basicamente através dos dados de nível estático dos poços tubulares profundos perfurados por empresas privadas para fins industriais e para o setor de estâncias hidrotermais. Os poços estratigráficos perfurados pela Petrobrás e Paulipetro, não possuem seus níveis estáticos medidos, exceção feita aos poços para pesquisa de petróleo onde ocorreu o fenômeno de artesianismo.

A configuração do traçado das linhas de fluxo neste compartimento, mostra claramente duas regiões de onde estes fluxos partem, seguindo um sentido predominantemente norte – sul com o final de seu trajeto na zona influenciada pelo Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas e em menor proporção a extensão nordeste da Falha do Leão. Percebe-se claramente que esta divisão de fluxos hidrodinâmicos está condicionada por uma estruturação tectônica de direção nordeste, e segundo a interpretação de Zalán *et al.* (1990, 1991), deve ser correlacionada à porção mais meridional do Sistema de Falhas Lancinha - Cubatão.

Na porção oriental desta estrutura, verifica-se que um dos condicionantes da configuração potenciométrica é sua relação com a configuração geomorfológica do Domo de Lages (SC) (Figura 6.4). Nesta porção do compartimento ocorrem fenômenos de artesianismo surgente em

poços de águas termais, onde as temperaturas da água são superiores a 38 °C, proporcionando a exploração do turismo através de estâncias hidrotermais. Os níveis estáticos que nas imediações de Lages (SC) estão próximos a +800 m, no Rio Grande do Sul situam-se entre +700 e +600 m na divisa estadual e abaixo de +100 m junto ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas ao sul. O gradiente hidráulico médio em direção ao sul é de 7 m/km.

Entre a região oeste de Piratuba (SC), Concórdia (SC) e Seara (SC) na divisa com o Rio Grande do Sul, acompanhando as condições estruturais do topo do SAG que se encontra em cotas positivas, os níveis potenciométricos apresentam-se mais profundos, impossibilitando que nesta área possam ser perfurados poços surgentes e proporcionando que ela se comporte como um baixo térmico.

A partir da cidade de Chapecó (SC), os fluxos tomam a direção do rio Uruguai e ao sul, junto ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. As curvas de igual pressão variam de +600 m a pouco menos de +100 m ao sul da cidade de Santa Rosa, com um gradiente hidráulico de 2,8 m/km.

Uma constatação importante é que, apesar dos fluxos do SAG se dirigirem em direção ao sul, nas áreas de maior confinamento pela Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, as litologias básicas e ácidas apresentam um nível potenciométrico mais elevado, proporcionando recargas indiretas e conseqüentemente águas de menor salinidade nas áreas de descarga do SAG.

As curvas potenciométricas de +400 a +200 m que são seccionadas pela calha do rio Uruguai proporcionaram que através de fraturas profundas, várias fontes de águas termais aflorassem nas margens desse rio, sendo mais famosa a que é captada na Estância Hidrotermal de Irai.

Quanto à espessura do SAG, pelo Mapa de Espessuras do SAG (Figura 8.6) verifica-se que neste compartimento estão concentrados os pequenos valores, semelhantes aos encontrados no Compartimento Leste, com exceção da região de influência do poço 2 - AO - 1 - RS, da Paulipetro, no município de Nova Bassano, com espessura da ordem de 200 m.

A região que engloba os municípios de Lagoa Vermelha, Rondinha, Santa Rosa e São João do Oeste (SC), apresenta baixos valores, em geral inferiores a 100 m de espessura, sendo que no município de Muitos Capões, o

poço estratigráfico 1 - MC - 01 - RS, da Paulipetro, mostrou a ausência na coluna geológica perfurada de litologias arenosas eólicas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. De modo semelhante ao que ocorre nos outros compartimentos, em geral os poços tubulares profundos não atravessam integralmente o SAG, especialmente nos casos em que existem grandes espessuras confinantes da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.

As camadas confinantes do SAG englobam as litologias da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral e em regiões localizadas os sedimentos areno-argilosos de pequena espessura da Formação Tupanciretã. Esta formação geológica, devido a sua escassa capacidade aquífera não é tratada separadamente da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. As espessuras confinantes estão representadas no Mapa de Espessuras de Camadas Confinantes do SAG (Figura 8.7).

Por influência do Domo de Lages (SC), existem na porção nordeste do compartimento espessuras de rochas vulcânicas que alcançam a 1000 m. Em direção ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas ao sul, este valor diminui para cerca de 300 m no vale do rio Taquari (Poço PAP – Cotiporã).

A feição que mais de salienta na interpretação das curvas é a pequena espessura de rochas basálticas entre as cidades de Aratiba (RS), Itá (SC) e Concórdia (SC), o que comprova a existência de uma grande estrutura, já identificada nos mapas de contorno estrutural e potenciométrico e que caracteriza esta região como um baixo térmico. A partir desta área para oeste, na fronteira tríplice Rio Grande do Sul - Santa Catarina - Argentina, as espessuras aumentam gradativamente até ultrapassar a 1200 m junto ao rio Uruguai.

Pela observação do Mapa Hidroquímico do SAG (Figura 8.8) constata-se que os menores valores de STD estão próximos de 400 mg/L e os maiores ultrapassam a 3500 mg/L.

A distribuição de dados de análises químicas de água é bastante heterogênea, com maior quantidade de dados na divisa entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Em parte esta situação pode ser explicada pelo fato de que, neste compartimento, o SAG está totalmente confinado pela Unidade

Hidroestratigráfica Serra Geral, cuja espessura que localmente ultrapassa a 1200 m, dificulta sobremaneira a perfuração de novos poços tubulares.

Os menores valores de STD correspondem a áreas onde existe recarga indireta através de litologias vulcânicas onde seus níveis potenciométricos e fraturamento profundos propiciam o fluxo descendente. Por outro lado, alguns poços apresentam salinidade crescente a partir dessas áreas por acréscimo de sais devido ao maior trânsito das soluções. Na porção limítrofe com o Estado de Santa Catarina, o acréscimo de sais pode estar associado com o fato de que localmente existe uma grande diminuição da espessura do SAG, com grande parcela da água originando-se da captação da Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto, como pode ser constatado no poço SJO - 01 - CORNER, na cidade de São João do Oeste (SC).

8.5 Compartimento Central - Missões

Este compartimento ocupa parte da área conhecida como região das Missões, Borda Sul do Planalto Basáltico e Depressão Central do Rio Grande do Sul, fazendo parte das Sub-Províncias do Planalto, Borda do Planalto e Rosário de Hausman (1995) e também de parte das Unidades Hidrogeológicas Básicas Dissecadas, Ácidas Dissecadas e Escarpas de Lisboa (1996). O compartimento ocupa as áreas entre os municípios de São Nicolau, Santo Antônio das Missões, Santiago, Mata, Santa Maria, Formigueiro, Restinga Seca, Cachoeira do Sul, Santa Cruz do Sul, Teutônia, Encantado, Barros Cassal, Tupanciretã, São Miguel das Missões e São Luiz Gonzaga. O Compartimento Central - Missões limita-se à oeste com a Argentina e o Compartimento Oeste, à leste e norte com os Compartimentos Leste e Norte - Alto Uruguai, respectivamente.

No Mapa Estrutural (Figura 8.3) os limites desse compartimento estão bem demarcados pelas predominâncias à leste das direções de fraturamento nordeste e o Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu (Falha do Leão) e à oeste pelo Sistema de Falhas Jaguari - Mata, associado a fraturamentos de direção noroeste.

No Mapa de Contorno Estrutural Compartimentado do Topo do SAG (Figura 8.4) estão traçadas as isolinhas que unem as cotas do contato entre as litologias arenosas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu com as litologias vulcânicas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. É possível observar que existe um condicionamento particular na região das Missões, devido a efeitos de estruturação tectônica, que face a pequena distribuição de dados na porção confinada desse compartimento, não permite uma melhor individualização.

As altitudes do SAG na zona das Missões do Compartimento Central - Missões variam entre + 106 m no poço G 1636 SLU 5, da cidade de São Luiz Gonzaga e - 76 m no poço estratigráfico da Petrobrás (2 - IT - 1 - RS), na cidade de Santiago. O formato das curvas indica uma tendência de mergulho do SAG em várias direções a partir do um topo de + 106 m no município de São Luiz Gonzaga. O gradiente é suave de aproximadamente 5,3 m/km, com queda mais abrupta em direção ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Da região das Missões até o município de Teutônia no vale do rio Taquari, são observados nesse compartimento mergulhos do topo do SAG em direção ao norte até o limite do Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Esses mergulhos variam de 5,45 m/km na porção mais próxima da zona das Missões e de 6,7 m/km ao norte do município de Santa Cruz do Sul. As altitudes do topo do SAG variam de +200 m na região da escarpa dos derrames, decrescendo para valores abaixo da cota do nível do mar nas proximidades do Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. A análise do Mapa de Contorno Estrutural Compartimentado do Topo do SAG (Figura 8.4) também evidencia um baixo estrutural na região do município de Nova Palma, devido a intersecção de duas direções (noroeste e nordeste) principais de fraturamento, que a partir dessa área tornam-se respectivamente dominantes à oeste e à leste. Um valor negativo de cotas do contato dos arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu e os vulcanitos da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, se dá na região entre os municípios de Lageado e Teutônia, e está associado aos efeitos das falhas de direção nordeste. Na interpolação das curvas de isovalores de contorno estrutural, deve ser considerado o fato de que a distribuição de poços no SAG é muito irregular, gerando um traçado mais detalhado a medida que aumenta a concentração de poços.

Esta conformação estrutural proporcionou que este compartimento apresente melhores condições de produtividade para os arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu na zona das Missões, no município de Nova Palma e no Vale do Taquari, quando correlacionados com aqueles obtidos na região da escarpa do Planalto, como p. ex., nos municípios de Santa Maria, Mata e Silveira Martins.

Na região do município de Montenegro, sul e norte dos municípios de Bom Retiro do Sul, Venâncio Aires e Taquari respectivamente, os arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu encontram-se aflorantes e mostram uma morfologia muito típica de morros testemunhos, com os topos escarpados preservados da erosão. A altitude destes morros testemunhos não raras vezes ultrapassa os 200 m, de modo que estes arenitos eólicos não apresentam importância hidrogeológica.

O Mapa Potenciométrico Compartimentado do SAG (Figura 8.5) utiliza os valores de cotas de nível estático relacionados unicamente com os poços que captaram a Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, já que na área confinada pela Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral quase todos os poços foram concluídos na porção superior do sistema aquífero. Na área de afloramento foram utilizados os valores de nível estático das restantes unidades hidroestratigráficas.

Pela interpretação dessas curvas de igual pressão constata-se inicialmente que existe uma grande descontinuidade entre os níveis de água no aquífero confinado pelos derrames e aqueles representados pelo afloramento das unidades aquíferas que estão abaixo da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.

De modo semelhante ao que ocorre com as curvas obtidas no Mapa de Contorno Estrutural Compartimentado do SAG, a conformação das curvas potenciométricas acompanha de maneira aproximada os mergulhos relacionados com a interface vulcânicas - arenitos. Assim, nesse caso os valores de pressão hidrostática acompanham o mergulho das camadas sedimentares em direção norte, sendo que os valores variam de + 300 m até aproximadamente o nível do mar, indicando que a recarga do SAG se processa nas regiões ao sul, nas proximidades da Escarpa do Planalto. As linhas de

fluxo dirigem-se ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas, demonstrando ser esta estrutura tectônica a principal área de descarga desta porção central do SAG.

Dentro desse compartimento a Zona das Missões, destaca-se por possuir as curvas de igual pressão em um formato semicircular, acompanhamento de maneira aproximada a estrutura do topo do SAG já determinada nos mapas de contorno estrutural anteriormente citados. Nesse caso as linhas de fluxo são divergentes a partir dos municípios de Santo Antônio das Missões e São Luiz Gonzaga, dirigindo-se ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas e a noroeste em direção ao rio Uruguai. Na fronteira entre a Argentina e o Rio Grande do Sul, os valores de cota do nível estático (NE) próximo a + 50 m configuram uma das áreas de descarga do sistema aquífero.

O exame das curvas de contorno estrutural e potenciométrica do SAG sugerem a influência de estruturas tectônicas sobre as suas formas, evidenciando a diferença entre setores dentro de um mesmo compartimento. No caso específico da Zona das Missões dentro do Compartimento Central é possível observar que entre o poço estratigráfico 2 - IT - 01 - RS da Petrobrás e a cidade de Santiago existe uma descontinuidade estrutural e potenciométrica de direção nordeste que caracteriza o Sistema de Falhas Lancinha - Cubatão, interpretado através de métodos geofísicos por Zalán *et al.* (1986,1990).

De modo semelhante através da comparação das curvas de contorno estrutural e potenciométrica pode ser definido o local exato onde inicia o predomínio das direções nordeste e noroeste dos sistemas de falhas que compartimentam o SAG. Este local ocupa a reentrância morfológica dos derrames vulcânicos na região dos municípios de Nova Palma e Dona Francisca. Outras regiões podem ser afetadas em nível mais localizado por estruturas pertencentes aos grandes sistemas de falhas que delimitam os compartimentos, como ocorre nas regiões entre os municípios de Estrela e Encantado e também no município de Sobradinho, onde um poço tubular apresentou o topo da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu muito acima dos valores esperados, tendo em conta o seu contato com a Unidade

Hidroestratigráfica Serra Geral nestas regiões. Estas ocorrências de nível mais localizado não influenciam a interpretação e caracterização global dos compartimentos, sendo inviáveis de serem tratadas em uma escala regional que abrange toda a área do SAG no Rio Grande do Sul.

A porção aflorante do SAG apresenta uma distribuição de cargas potenciométricas que não possui conexão hidráulica com a porção confinada descrita anteriormente. De um modo geral os fluxos de água das unidades hidroestratigráficas nesta área dirigem-se para os principais cursos de água da região, sendo estes as mais importantes áreas de descarga desta porção do compartimento. Ao contrário do que ocorre na porção confinada, onde o nível de água corresponde basicamente aos fluxos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, na porção aflorante os níveis são resultantes das médias das cargas hidráulicas das unidades hidroestratigráficas atravessadas pelas perfurações.

O Compartimento Central - Missões do SAG em sua porção confinada possui apenas dois poços estratigráficos da Petrobrás, sendo que estes dois poços localizam-se na Zona das Missões (2 - IT - 01 - RS e 2 - RI - 01 - RS) e atravessam toda a extensão do sistema aquífero. No restante da área os escassos poços tubulares que alcançam o SAG, restringem-se a perfurar a Unidade Hidroestratigráfica Botucatu e eventualmente captam também litologias das Unidades Hidroestratigráficas Alemoa e Passo das Tropas 2.

No traçado das isópacas do somatório das unidades hidroestratigráficas que compõem o SAG (Figura 8.5), além dos dados de poços, foram levadas em consideração os valores obtidos de espessura de unidades hidroestratigráficas em áreas de afloramento próximas. A análise deste mapa mostra que o somatório de unidades hidroestratigráficas do SAG nesta região é bastante inferior ao encontrado no Compartimento Oeste, sendo o valor médio de aproximadamente 300 m, podendo alcançar os 400 m junto ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas ao norte.

Estes valores mostram-se substancialmente diferentes daqueles considerados por Araújo *et al.* (1995, 1999), pois aqueles autores incluíram no somatório de espessuras, aquelas correspondentes as litologias da Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto, considerada nesta Tese como o aquífero que se constitui na base do SAG. Além das diferenças de espessuras médias que o

SAG possui quando correlacionado com o Compartimento Oeste e os países limítrofes, existem substanciais diferenças entre as litologias que compõem estes dois compartimentos, como se pode observar nos perfis litológicos e geofísicos dos poços.

As espessuras das camadas confinantes do SAG visualizadas na Figura 8.7 mostram um crescente aumento das espessuras dos derrames a partir do município de São Luiz Gonzaga em direção ao leste, com valores superando os 500 m. A partir deste município em direção à calha do rio Uruguai, os valores diminuem para 28 m na cidade de Garruchos, estando a cota do topo do SAG em - 42 m.

Do mesmo modo como ocorre no Compartimento Oeste, aqui as espessuras das rochas confinantes indicam uma ligação com os eventos estruturais, sendo que a Zona das Missões está separada da Zona Central do Compartimento Central - Missões por uma estrutura nordeste, que em trabalhos anteriores de Zalán *et al.* (1986,1990) é correlacionada com a extensão ao sul do Sistema de Falhas Lancinha - Cubatão. O Compartimento Central - Missões dos municípios de Santiago até Teutônia, apresenta um comportamento lógico quando correlacionado ao mergulho da Bacia, pois as espessuras das rochas confinantes aumentam suavemente em direção ao norte, com valores que superam os 500 m.

A maior espessura da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, quando confrontada com as condições topo-estruturais do contato com o SAG, produz grandes variações de nível estático nos poços durante a perfuração. Desse modo, tomando como exemplo o poço G 2018 AT 7, enquanto perfurado até 120 m forneceu uma vazão de 7,33 m³/h para um NE de 35,45 m. Para a espessura de basalto de 348 m a vazão subiu para 11,65 m³/h e o NE baixou para 134,30 m. Estes dados indicam claramente que o SAG recebe contribuições de água das rochas confinantes e que as condições estruturais de seu topo proporcionam uma carga hidráulica desfavorável para a captação de grandes vazões.

Pelo Mapa Hidroquímico do SAG (Figura 8.8) observa-se que existe uma grande heterogeneidade dos dados de análises químicas entre as áreas

aflorantes e as confinadas. Também ocorre uma grande diferença entre os valores de STD entre as áreas aflorantes e as confinadas.

Nas áreas confinadas pela Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral predominam poços que captam quase exclusivamente a Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Devido às condições de recarga, de porosidade e permeabilidade das litologias arenosas eólicas, os valores de STD são em média 200 mg/L, com tendência de aumento da salinidade em direção ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas.

Nas áreas aflorantes os valores mínimos de STD estão abaixo de 100 mg/L junto ao Sistema de Falhas Jaguari - Mata e os valores máximos superam a 6000 mg/L, no município de Agudo, na região central do estado. As grandes diferenças entre os valores máximos e mínimos são devido a dois fatores: 1°) o tempo de residência das águas em alguns aquíferos como, p. ex., as Unidades Hidroestratigráficas Passo das Tropas 1 e 2 ; 2°) a captação na região aflorante de unidades hidroestratigráficas com diferentes concentrações salinas como, p. ex., as Unidades Hidroestratigráficas Passo das Tropas e Pirambóia, que não estão conectadas hidráulicamente.

9 ARCABOUÇO HIDROESTRATIGRÁFICO DO SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI NO RIO GRANDE DO SUL

Conforme descrito anteriormente, no Estado do Rio Grande do Sul o SAG está compartimentado em pelo menos quatro subdivisões principais: Oeste, Central - Missões, Leste e Norte - Alto Uruguai, com características estruturais bem definidas e que possuem diferentes unidades hidroestratigráficas (Scherer (1998), Faccini (2000), Giardin & Faccini (2002)), como ilustra a Figura 9.1.

A área de influência do Sistema de Falhas Jaguari - Mata delimita o Compartimento Oeste do SAG, no qual as estruturas NW predominam sobre as NE. A área abrangida por esse setor pode ser sinteticamente ser definida por um perímetro delimitado pelos seguintes municípios: Jaguari, São Francisco de Assis, São Borja, Itaqui, Uruguaiana, Quarai, Santana do Livramento, Rosário do Sul e Cacequi.

O exame dos perfis e dados de poços tubulares para a região de afloramento do SAG, indica que os mesmos são parcialmente penetrantes. Desse modo, os poços perfurados na região entre Rosário do Sul e São Vicente do Sul captam porções basais do aquífero, correspondentes às fácies fluviais (Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral) e eólicas úmidas da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia. Ainda na faixa de afloramento, poços perfurados entre Santana do Livramento - São Francisco de Assis, nos perfis apresentam litologias identificadas como pertencentes às Unidades Hidroestratigráficas Guará na base e Botucatu nas porções superiores.

A oeste das cidades de Alegrete e Santana do Livramento e norte de São Francisco de Assis, o sistema aquífero encontra-se confinado por derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, o que lhe confere condições ímpares de transmissividade e coeficiente de armazenamento, que se refletem positivamente em sua potencialidade e produtividade. Nessa região, apenas um poço (2 - AL - 1 - RS) para prospecção de petróleo atravessou integralmente as litologias do sistema aquífero. Comparando-se esses dados com os de poços tubulares, constata-se que nas áreas próximas do afloramento e em direção ao sul existe um adelgaçamento das litologias

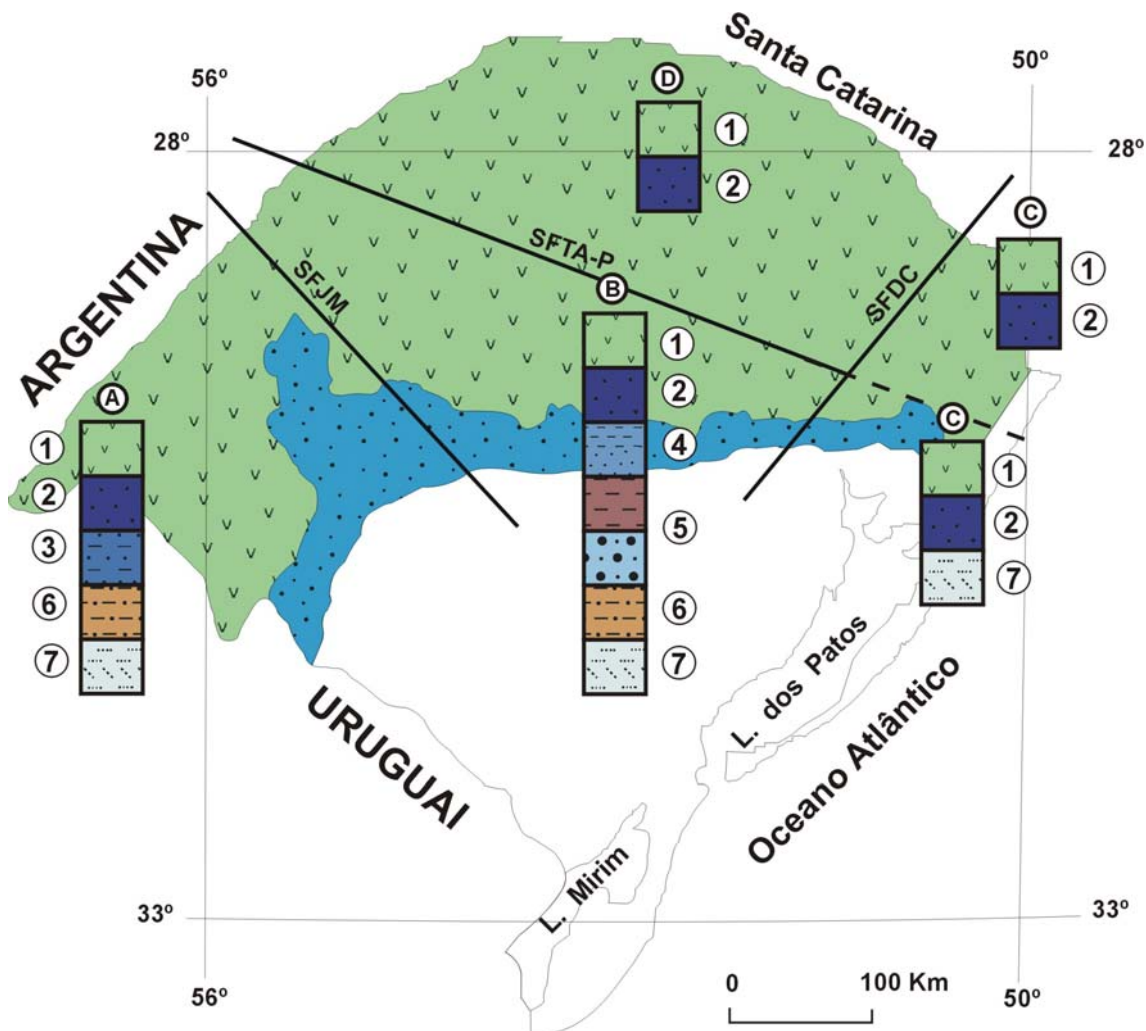
eólicas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu com espessuras que variam entre 30 e 70 metros.

Os poços tubulares profundos utilizados na captação de águas para abastecimento público e fins agrícolas, são em sua maioria parcialmente penetrantes e atravessam somente litologias eólicas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu e flúvio-eólicas da Unidade Hidroestratigráfica Guará. Com exceção das áreas em que é influenciado pelas estruturas de soerguimento que compõem o Arco de Rio Grande, o condicionamento topo-estrutural de “*cuesta*” proporcionou que o SAG apresentasse um nível potenciométrico mais favorável para a captação das águas. Essa situação estrutural aliada às boas condições de permeabilidade dos arenitos das formações geológicas superiores, tornou essa região a de maior potencialidade para esse sistema aquífero.

O Compartimento Central - Missões foi mapeado e estudado na Folha de Santa Maria por Machado (1994, 1998) sob o ponto de vista hidrogeológico e da hidroestratigrafia química. O mapeamento levou em consideração a estratigrafia proposta por Andreis *et al.* (1980). Essa mesma região foi posteriormente estudada por Faccini (1989, 2000) baseada em novas concepções da Estratigrafia de Seqüências. Apresenta uma seqüência sedimentar triássica bastante diferenciada do restante do estado, o que se reflete também nas condições de ocorrência do SAG, já que a partir de Rebouças (1994) e Araújo *et al.* (1995) passaria a integrar o grande sistema aquífero mesozóico.

A delimitação dessa área obedece ao perímetro estabelecido pelas cidades de Mata, Santiago e Santo Antônio das Missões a oeste, Júlio de Castilhos e Encantado a norte, Taquari, Santa Cruz do Sul e Santa Maria nas porções leste e sul. Quanto às estruturas delimitadoras, a oeste é o Sistema de Falhas Jaguari - Mata que se estende até a região das Missões, continuando em território argentino e a leste pelo Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, identificada nessa região como a continuação em direção nordeste da Falha do Leão, que pode ser acompanhada através das rochas basálticas até ao território catarinense.

De maneira semelhante ao que ocorre no Compartimento Oeste, os poços tubulares profundos na região de afloramento são parcialmente penetrantes no aquífero e atravessam apenas uma ou duas seções aquíferas de todo o sistema.



LEGENDA

- A - Compartimento Oeste
 B - Compartimento Central-Missões
 C - Compartimento Leste
 D - Compartimento Norte-Alto Uruguai

SFJM = Sistema de Falhas Jaguari-Mata
 SFDC = Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu
 SFTA-P = Sistema de Falhas Terra de Areia-Posadas

OBS.: os perfis não estão em escala

Sistema Aquífero Guarani aflorante

Sistema Aquífero Guarani confinado

- | | | | |
|---|----------------------|---|---------------------------|
| ① | AQUÍFERO SERRA GERAL | ⑤ | AQUÍCLUDE ALEMOA |
| ② | AQUÍFERO BOTUCATU | | AQUÍFERO PASSO DAS TROPAS |
| ③ | AQUÍFERO GUARÁ | ⑥ | AQUÍTARDO SANGA DO CABRAL |
| ④ | AQUÍFERO CATURRITA | ⑦ | AQUÍFERO PIRAMBÓIA |

Figura 9.1 Arcabouço hidroestratigráfico dos compartimentos estruturais do SAG proposto para o Rio Grande do Sul.

Assim, os poços perfurados na parte sul do Compartimento Central - Missões apenas são produtivos quando atravessam a parte fluvial (que corresponde a Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral) e na sua base encontram camadas arenosas predominantemente de origem eólica da Formação Pirambóia. Essa porção basal é de pequena espessura e descontínua em toda a porção aflorante do Compartimento Central - Missões, quando sua ausência é motivo da existência de muitos poços secos ou de baixa vazão.

Ainda na região de afloramento, os poços que captam os arenitos de ambientes fluviais das Unidades Hidroestratigráficas Passo das Tropas 1 e 2 apresentam boas vazões, que podem tornar-se excelentes, quando em maiores profundidades os arenitos são confinados pelos pelitos praticamente impermeáveis da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa. Mais raros são os poços que captam a Unidade Hidroestratigráfica Caturrita (incluída aqui a Unidade Hidroestratigráfica Arenito Mata) exclusivamente, em parte devido a sua posição topo-estrutural desfavorável ao armazenamento de águas subterrâneas. Na área aflorante, o aquífero representado pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu devido às condições topográficas desfavoráveis também não são captados por poços tubulares.

Na área confinada não são mais captados os aquíferos triássicos, sendo que os poços captam exclusivamente as litologias arenosas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu e, em geral, são parcialmente penetrantes. Os poços perfurados na Zona das Missões atravessam integralmente os arenitos eólicos, devido à menor profundidade e situação topo-estrutural favorável. Os níveis potenciométricos desses poços permitem fácil bombeamento. No restante da área até as proximidades do município de Lageado, os arenitos estão em cotas desfavoráveis, onde o nível potenciométrico é muito profundo, de modo a dificultar a extração de suas águas. Por razões estruturais locais como, por exemplo, no município de Nova Palma, os arenitos estão em cotas rebaixadas, com nível potenciométrico mais próximo da superfície facilitando a captação. Raros poços tubulares nesse intervalo alcançaram o topo da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, porém não o penetraram em profundidade.

Também por razões estruturais locais, logo ao norte de Bom Retiro do Sul até o município de Encantado ao longo do rio Taquari, o SAG está em cotas que proporcionam a perfuração de poços de menor profundidade, com níveis potenciométricos próximos da superfície e que atravessam litologias eólicas de boa permeabilidade.

A característica mais marcante relacionada com o SAG no Compartimento Central - Missões é a ausência das litologias arenosas eólicas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu por falta de deposição, entre o município de Venâncio Aires e proximidades do município de Estrela. Nesse caso, os poços profundos alcançam a Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2, que está confinado pelas litologias da Unidade Hidroestratigráfica Alemoa e as rochas basálticas da Formação Serra Geral.

O Compartimento Leste possui o seu limite com as outras subdivisões do sistema aquífero balizado a oeste pelo Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, representada pela extensão da Falha do Leão em direção ao Estado de Santa Catarina e a leste pela linha de costa do Oceano Atlântico.

A sua área de abrangência inclui a oeste os municípios de Montenegro, Caxias do Sul e Bom Jesus e a leste os municípios de São José dos Ausentes e Cambará do Sul no topo da serra. Inclui ainda os municípios de Torres e Osório no litoral e a porção sul de Estância Velha a Santo Antônio da Patrulha.

Esse compartimento comporta-se de maneira muito diferente quanto a estratigrafia, quando relacionado com a divisão central do sistema aquífero, já que nele não encontram-se depositadas as litologias correspondentes as Unidades Hidroestratigráficas Passo das Tropas, Alemoa e Caturrita, que limitam-se a leste pela Falha do Leão. Da porção triássica ocorrem apenas litologias arenosas predominantemente eólicas e que segundo Lavina *et al.* (1993) e Nowastski (1996) correspondem à porção basal da Formação Sanga do Cabral, sendo por eles correlacionada com a Formação Pirambóia. Sobrepondo-se a essas litologias estão os arenitos tipicamente eólicos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.

Na zona de afloramento, os poços profundos apresentam grande variação de produtividade que são devidas às condições hidrogeológicas bastante diferenciada entre essas duas unidades hidroestratigráficas. Em alguns poços são captadas conjuntamente litologias das duas unidades.

Comparando-se a produtividade dos poços perfurados na região de Novo Hamburgo a Taquara no Compartimento Leste, com outros perfurados em litologias eólicas da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu em outros compartimentos, verifica-se que existe uma grande variação nas vazões, em geral tendendo esse compartimento a apresentar vazões menores. Isso pode ser explicado, pelo fato de que apesar da região estar mapeada quase exclusivamente com Formação Botucatu, na realidade os perfis geológicos dos poços descrevem arenitos finos a muito finos, argilosos, mais propriamente correlacionáveis com a Formação Pirambóia.

Na porção confinada correspondente a borda erodida do planalto, o sistema aquífero possui locais em que as cotas de seu teto estão em posição topo-estrutural favorável para a ocorrência de um nível potenciométrico próximo da superfície, como nos municípios de Bom Princípio, Feliz e Dois Irmãos. Nesses locais as condições estruturais permitiram que as perfurações, após atravessar as camadas basálticas, captassem os arenitos eólicos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Diferentemente do que ocorre no Compartimento Oeste, onde o SAG apresenta porosidade granular, nessa região as condições diagenéticas localmente propiciam que o fluxo hidrodinâmico seja predominantemente através de fraturas, mesmo sendo a litologia formada basicamente por camadas de arenitos.

O restante da área confinada comporta-se de dois modos: ao sul da extensão do Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas, os poços atravessam espessos derrames sobre as litologias das unidades hidroestratigráficas Botucatu e Pirambóia, que geralmente encontram-se em cotas e profundidades que podem inviabilizar sua captação econômica. Os poços estão perfurados preferencialmente nos locais em que a erosão dos derrames propiciou o afloramento das camadas arenosas, como é o caso de Vila Cristina (Caxias do Sul) e o município de Picada Café.

Ao norte da extensão do Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas, ocorrem as maiores espessuras de derrames na porção leste do SAG. Nessa área ocorre uma mudança no arcabouço estratigráfico, quando as camadas de arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia ausentam-se do perfil geológico, dando lugar às camadas da Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto. Como pode ser visualizado nos perfis dos furos de sonda 5-AT-09-RS,

5-AT-19-RS e 5-AT-06-SC, perfurados logo a sul e norte do município de Torres, a Unidade Hidroestratigráfica Botucatu diminui muito a sua espessura e está em contato direto com a Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto.

No Compartimento Norte - Alto Uruguai o SAG caracteriza-se mais pela similaridade com esse mesmo sistema aquífero no Estado de Santa Catarina, comportando-se como uma extensão ao sul do SAG do lado catarinense, do que com aquele que ocorre no restante do estado.

Sua delimitação com os outros compartimentos é bem marcada na parte sudoeste e sudeste pelo Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas, que apresenta rejeitos que alcançam a mais de 800 m entre as camadas cretácicas. Seu limite com o Compartimento Leste se dá através da extensão norte da Falha do Leão. Os limites nordeste e noroeste se dão através da margem sul do rio Uruguai que separa a área do estado de Santa Catarina e a Argentina.

Sua área de abrangência é a maior entre os outros três compartimentos, e compreendem municípios tão distantes quanto Porto Xavier e Vacaria e os municípios de Frederico Westphalen, Marcelino Ramos, Lagoa Vermelha, Santo Ângelo, Soledade e Nova Prata.

O principal característico do SAG nessa área é estar totalmente confinado pelos derrames basálticos, sendo a sua estratigrafia estabelecida através da interpretação de perfis geológicos e geofísicos dos poços. Como consequência desse confinamento, esse compartimento representa a principal área de ocorrência de águas termais aptas para a utilização em estâncias turísticas e abastecimento industrial.

Somente oito poços estratigráficos da Petrobrás e Paulipetro possuem dados geológicos completos, pois penetram totalmente o SAG, além de perfis geofísicos, estando entre os melhores dados estratigráficos obtidos para o SAG no estado.

Esses poços, infelizmente devido ao objetivo de sua construção (prospecção de petróleo), tiveram os dados básicos hidrodinâmicos e químicos dos aquíferos superiores ignorados. Esses dados foram obtidos de poucos poços tubulares profundos perfurados nesse compartimento e também em poços profundos próximos à divisa estadual de Santa Catarina. Devido a problemas operacionais de construção, parte dos poços profundos não

penetrou a totalidade do SAG, desse modo as espessuras puderam ser tomadas apenas dos poços da Paulipetro e Petrobrás.

A hidroestratigrafia do sistema aquífero é representada pela presença exclusiva da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, estando ausentes todas as outras unidades do neojurássico ao triássico, como a Unidade Hidroestratigráfica Guará e todas aquelas associadas ao Grupo Rosário do Sul. Devido ao fato desse compartimento possuir as áreas de maior profundidade do SAG, ele possui uma pequena quantidade de perfurações, especialmente nas imediações do Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Desse modo, no futuro novas perfurações poderão eventualmente mudar as interpretações baseadas nos dados atuais.

Com a ausência da porção triássica do SAG, alguns poços profundos (especialmente em Santa Catarina) captaram o SAG em conjunto com as litologias da Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto, visando alcançar maior vazão de captação. A utilização desse aquífero permiano, entretanto, contribuiu para a captação de águas de maior salinidade, inviabilizando seu uso para alguns fins.

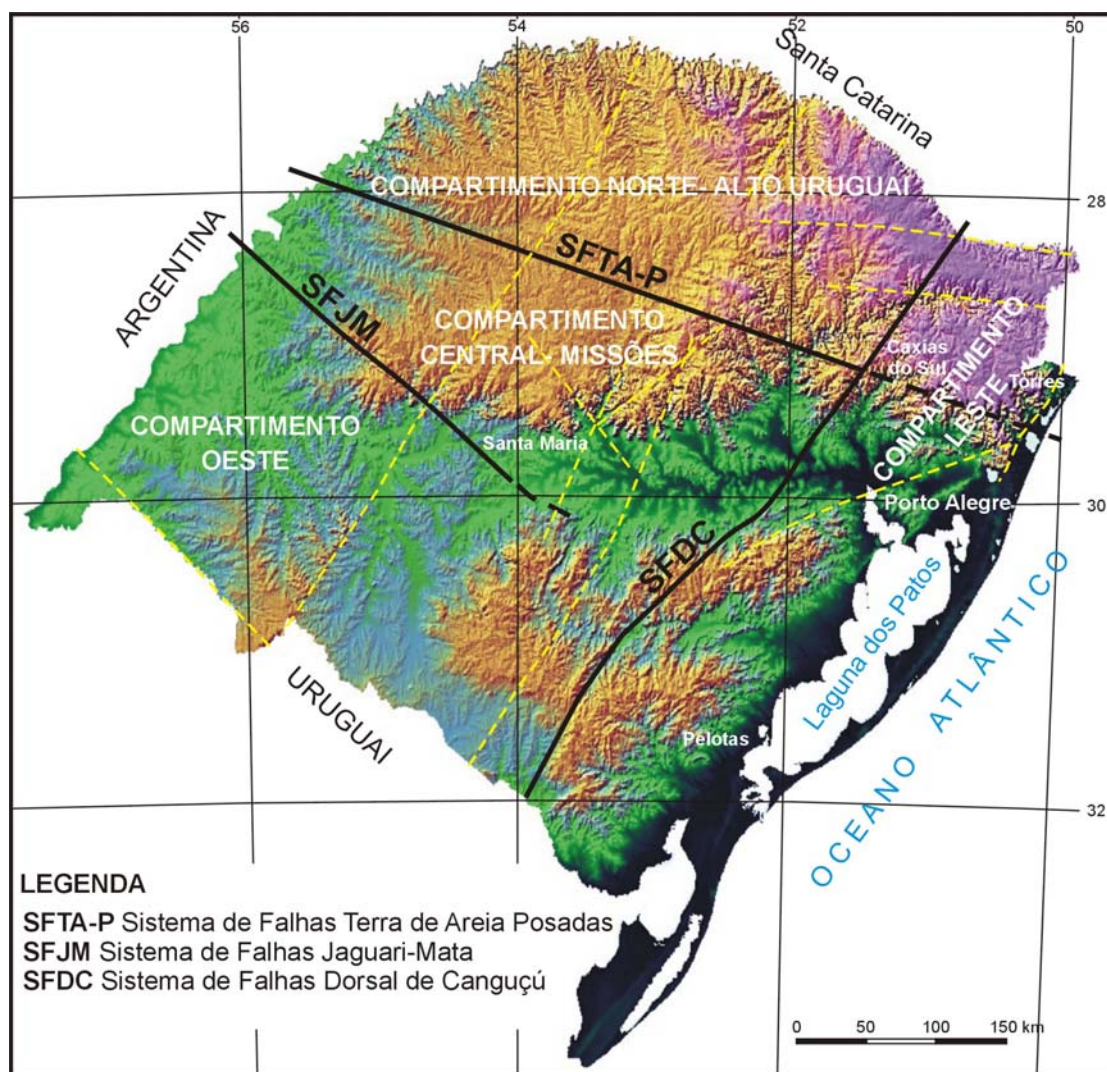
10 CONCLUSÕES

A análise dos dados disponíveis comprova que o SAG não apresenta uma continuidade de ocorrência dentro do Estado do Rio Grande do Sul, sendo o arcabouço hidroestratigráfico muito diferente do que ocorre no restante do sistema nas Bacias do Paraná e Chaco-Paranaense.

O SAG compõe-se de pelo menos quatro compartimentos estruturais descritos sucintamente a seguir (Figura 10.1):

- a) **COMPARTIMENTO OESTE**, limitado com o restante do SAG através do Sistema de Falhas Jaguari - Mata, originado no Escudo Sul-Riograndense e que atravessa o rio Uruguai adentrando o território argentino. No Compartimento Oeste existe uma predominância das direções noroeste das fraturas e falhas nas litologias basálticas, que de modo similar afetam as litologias do SAG.
 - b) **COMPARTIMENTO CENTRAL - MISSÕES**, limitado a oeste pelo Sistema de Falhas Jaguari - Mata e a leste pela extensão ao norte do Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, representada pela conhecida Falha do Leão, ambas estruturas originadas no Escudo Sul-Riograndense. Sua característica principal é a não predominância de uma única direção das fraturas e falhas e sim um entrelaçamento das direções noroeste e nordeste, que além de afetar as litologias vulcânicas e o SAG, propiciam o aparecimento de feições geomorfológicas mamelonares no planalto basáltico.
 - c) **COMPARTIMENTO LESTE** limitado a oeste pela extensão do Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu (Falha do Leão) e a leste pela linha de costa. Difere-se dos outros compartimentos pelo predomínio de estruturas com direção nordeste, que afetam igualmente o SAG e as litologias basálticas.
-

- d) **COMPARTIMENTO NORTE - ALTO URUGUAI**, corresponde ao quarto compartimento do SAG e é separado dos demais pelo Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas e Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, limitando-se ao norte com o Estado de Santa Catarina.



Base: modelo de digital de elevação altimétrica (DEM), falsa cor, a partir de interferometria de radar (SRTM).

Fonte: <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>; <http://seamless.usgs.gov/>

Figura 10.1 Resultado final da subdivisão espacial do SAG onde podem ser visualizados os seus quatro compartimentos estruturais e grandes estruturas que não afetam sua hidroestratigrafia.

O arcabouço hidroestratigráfico do SAG está intimamente relacionado com sua estruturação tectônica e pode ser assim sucintamente descrito (Figura 10.2):

-
- a) A Hidroestratigrafia do Compartimento Oeste é mais semelhante com a porção uruguaia do SAG. Somente neste compartimento são encontradas litologias da Unidade Hidroestratigráfica Guará, correlacionável ao Aquífero Tacuarembó no Uruguai. No topo ocorrem os arenitos eólicos correspondentes à Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Quando confinado, o SAG é capeado pelas litologias basálticas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.
- b) A Hidroestratigrafia do Compartimento Central - Missões caracteriza-se pelo fato do SAG apresentar uma constituição litológica particular para todo o estado e mesmo no restante do país, com a predominância de formações triássicas. Na base ocorre de maneira intermitente a Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia capeada pela fácies fluvial pertencente a Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral, o que ocasiona que grande quantidade de poços tubulares sejam secos ou de baixa vazão. O melhor aquífero da seqüência é representado pela Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 e 2, que faz parte do Membro Inferior da Formação Santa Maria. No topo ocorrem as Unidades Hidroestratigráficas Arenito Mata, Caturrita e Botucatu. Quando o SAG está confinado pelas litologias vulcânicas, os poços tubulares captam exclusivamente a Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.
- c) A Hidroestratigrafia do Compartimento Leste difere-se do anterior por não apresentar as litologias triássicas das Formações Santa Maria (Membros Passo das Tropas e Alemoa) e Caturrita. Predominam aqui as litologias eólicas basais da Formação Sanga do Cabral, mais propriamente correlacionáveis com a Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia e os arenitos eólicos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.
- d) A Hidroestratigrafia do Compartimento Norte - Alto Uruguai caracteriza-se pela presença exclusiva da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu como integrante do SAG e está totalmente confinado pelas litologias vulcânicas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. Os afloramentos do SAG restritos somente ao território catarinense. Nesse compartimento estão os
-

poços tubulares mais profundos do SAG no Estado do Rio Grande do Sul e que correspondem aos poços de águas minerais termais, utilizados em estâncias turísticas hidrotermais.

ERA	PERÍODO	Compartimento Oeste		Compartimento Central-Missões		Compartimento Leste		Compartimento Norte - Alto Uruguai		
		Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero	Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero	Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero	Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero	
MESOZOÍCO	Cretáceo	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	
		Botucatu	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	Botucatu	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	Botucatu (1)	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	Botucatu	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	
	Jurássico	Guará								
	Triássico			Arenito Mata						
				Caturrita						
		Alemoa								
PALEOZOÍCO	Permiano	Sanga do Cabral	Sanga do Cabral							
		Pirambóia	Pirambóia	Pirambóia						
		Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto		

(1) - Na porção norte deste compartimento aflora apenas a unidade hidroestratigráfica Botucatu

Figura 10.2 Hidroestratigrafia regional do SAG e seu relacionamento com os compartimentos estruturais no Rio Grande do Sul.

Quanto à sua espessura, condições de confinamento, fluxo hidrodinâmico e conteúdo iônico, os compartimentos do SAG podem ser sucintamente descritos:

- O Compartimento Oeste apresenta as maiores espessuras do SAG, com valores que superam os 600 metros e que aumentam em direção à Argentina. A espessura das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral) é em média 100 m, entretanto, aumenta substancialmente na

região em que o Estado do Rio Grande do Sul faz divisa com o Uruguai e a Argentina.

As linhas de fluxo dirigem-se principalmente para as grandes drenagens, sendo que a direção principal do fluxo das áreas confinadas é em direção ao rio Uruguai na divisa com a Argentina. Em direção ao Uruguai os fluxos de água são inexpressivos. Como regra geral, o compartimento não é transfronteiriço.

O conteúdo de sais (STD) é muito baixo nas áreas aflorantes, variando predominantemente entre 50 e 200 mg/L. Nas áreas confinadas estes valores aumentam e situa-se entre 200 e 400 mg/L.

Esse compartimento apresenta a maior potencialidade hidrogeológica para o SAG, devido a espessas camadas arenosas nas unidades hidroestratigráficas Botucatu, Guará e Pirambóia.

- b) O Compartimento Central – Missões apresenta as maiores espessuras do SAG, com valores que alcançam aproximadamente 400 m junto ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. A espessura das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral) aumenta em direção ao leste, a partir do município de São Luiz Gonzaga, alcançando valores superiores a 500 m. Em direção à calha do rio Uruguai, este valor pode ser inferior a 30 m.

As linhas de fluxo na região central do compartimento dirigem-se para o Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas ao norte. Na região das Missões parte dos fluxos dirige-se para a calha do rio Uruguai. Nas áreas aflorantes os fluxos dirigem-se para as principais drenagens superficiais. As características das áreas de recarga e descarga do SAG nesse compartimento não permitem classificá-lo como um aquífero transfronteiriço.

Com relação ao conteúdo de sais (STD), os poços construídos na porção confinada e que captam as litologias da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, possuem valores médios de 200 mg/L. Quando captam litologias da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2 a salinidade aumenta significativamente. Nas áreas aflorantes, a variação do conteúdo de sais é

mais acentuada, com os valores de STD abaixo de 100 mg/L aumentando para mais de 6000 mg/L, dependendo da unidade hidroestratigráfica captada ou sua posição no trajeto recarga - circulação - descarga.

Apenas localmente, na região confinada das Missões e na porção aflorante da região Central, o SAG apresenta uma grande potencialidade hidrogeológica.

- c) O Compartimento Leste apresenta espessuras do SAG que variam entre 100 e 200 m, dependendo da presença conjunta das unidades hidroestratigráficas Botucatu e Pirambóia. A espessura das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral e sedimentos cenozóicos) varia de poucas dezenas de metros até mais de 700 m e na maior parte do compartimento, estando as litologias vulcânicas predominantemente em cotas acima do nível do mar, atingindo valores de cotas maiores de + 600 m na divisa com o Estado de Santa Catarina.

As linhas de fluxo nesse compartimento estão predominantemente direcionadas para sul e sudeste, onde estão as áreas de afloramento. Entretanto, não podem ser considerados como contínuos os fluxos, pois os vários falhamentos localizados podem truncar a continuidade das camadas aquíferas. Somente os fluxos não capturados pelas drenagens superficiais alcançam as áreas de descarga na zona litorânea.

Com relação ao conteúdo de sais (STD), os poços perfurados apresentam valores entre 200 e pouco mais de 300 mg/L. Esse compartimento caracteriza-se pela insuficiência de dados químicos para a área confinada pelas grandes espessuras de derrames, desconhecendo-se o conteúdo de sais do SAG nessas áreas.

Devido aos efeitos do levantamento estrutural desse compartimento, o SAG possui seu comportamento hidrodinâmico relacionado com as condições impostas pelas altitudes encontradas nas regiões da divisa com o Estado de Santa Catarina e a região de São Joaquim.

As condições estruturais e potenciométricas do SAG nesse compartimento fazem com que não se comporte como um aquífero transfronteiriço, pois

existe uma falta de continuidade hidráulica com as litologias presentes nos países limítrofes. Essas mesmas condições, aliadas ao seu arcabouço hidroestratigráfico, fazem com que esse compartimento possua baixa a média potencialidade hidrogeológica.

- d) O Compartimento Norte - Alto Uruguai apresenta espessuras do SAG que em média situa-se em 100 m, podendo as litologias que o compõem estar completamente ausentes ou localmente alcançar valores superiores a 200 m. As espessuras das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral) variam de 300 até mais de 1200 m. Os maiores valores localizam-se na divisa entre os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e a fronteira noroeste com a Argentina. Valores de espessura de 1000 m ou superiores também são encontrados entre o Domo de Lages e o nordeste do compartimento. A região entre Aratiba (RS) e Itá (SC) apresenta valores reduzidos de rochas basálticas, quando comparados com o restante do compartimento.

As linhas de fluxo dirigem-se do nordeste do compartimento, na região de Lagoa Vermelha, e do norte do estado (já nas proximidades da cidade de Chapecó em Santa Catarina) para a região sul, onde se situa o Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Apenas pequena parte do fluxo, na região noroeste alcança o limite do Estado do Rio Grande do Sul e a Argentina, sendo que as áreas de descarga devem situar-se também junto da calha do rio Uruguai.

Com relação ao conteúdo de sais (STD), o estudo de sua distribuição em área é dificultado pelo escasso número de perfurações profundas e análises químicas de água. Entretanto, com o compartimento é totalmente confinado são esperadas grandes mineralizações nas águas. Os valores correspondentes a maiores salinidades, variam de 800 a mais de 3500 mg/L. Em áreas de menor cobertura os valores situam-se entre 400 e 500 mg/L.

Devido ao fato desse compartimento estar totalmente confinado por rochas vulcânicas, com espessuras que localmente alcançam a mais de 1000 m, é

nele que são encontradas as melhores condições para a ocorrência de águas minerais termais. Também devido ao fato de suas áreas de descarga estarem restritas praticamente dentro do perímetro do compartimento, o SAG não se comporta como um típico aquífero transfronteiriço. Apesar da espessura reduzida em relação a outros compartimentos, o SAG apresenta média a alta potencialidade hidrogeológica, porém localmente com severas restrições a potabilidade e uso na irrigação e atividades industriais.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboarrage A. M. & Lopes R. da C. 1986. *Projeto a Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica*. DNPM/ CPRM, Porto Alegre, 18 v. (Inédito)
- Abreu I. B. 1981. *Estudo Hidrogeoquímico das Águas Subterrâneas no Estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1 v.
- Agrar und Hidrotechnik. 1969. *Estudo Hidrológico da Bacia do Rio do Sinos*. Secretaria de Obras Públicas do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1v.
- Agrar und Hidrotechnik. 1970. *Estudo hidrológico da Bacia do Rio Caí*. Secretaria de Obras Públicas do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1 v.
- Almeida F. F. M. 1981. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. *In: SBG, Simp. Reg. de Geol., 1, Atas*, p.243 -275.
- Almeida F. F. M. 1986. Distribuição Regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. de Geociências*, SBG. **16** (4):325-349.
- Anderson M. P. & Woessner W. W. 1992. *Applied groundwater modeling simulation of flow and transport*. Academic Press, San Diego, 381 pp.
- Andreis R. R., Bossi G. E., Montardo D. K. 1980. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul, Brasil. *In: SBG, Cong. Bras. de Geol. 2, Anais*, p.659–673.
- Araújo L. M., França A. B., Potter P. E. 1995. *Aqüífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: Mapas hidrogeológicos das formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó*. UFPR/PETROBRÁS, Curitiba, 16 pp. e anexos.
- Araújo L. M., França A. B., Potter P. E. 1999. Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. *Hydrogeology Journal*, **7**(3):317-336.
- Bossi J. 1966. *Geología del Uruguay*. Universidad de la República, Montevideo, 469 pp.
- Bortoluzzi C.A. 1974. Contribuição à Geologia da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, **4**(1); 7-86.
-

-
- Campos H. C. N. S. 2000. Modelación Conceptual y Matemática del Acuífero Guaraní, Cono Sur. Mapa Hidrogeológico del Acuífero Guaraní. Escala 1:2.500.000. *Acta Geologica Leopoldensia*,. Estudos Tecnológicos. Série Mapas 4. Unisinos. 51p. 1 Mapa.
- Carraro C.C. (coord.) 1974. *Mapa Geológico do Rio Grande do Sul*. Instituto de Geociências/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- CETESB. 1977. *Projeto Construção e Manutenção de Poços. Curso da Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental*. São Paulo, 1v.
- CiGO. 1984. *Geologia dos Recursos Minerais do Sul do Brasil*. relatório final. Porto Alegre, UFRGS – Finep. v. 2 66 p. 15 mapas.
- CPRM. *Mapa Geológico do Rio Grande do Sul*. Versão Preliminar. Porto Alegre.
- DAEE/USP. 1992. *Projeto, Perfuração e Operação de Poços Profundos: cursos de formação e especialização*. Ribeirão Preto, SP. 249 p.
- Darcy H. 1856. Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Paris, s.n. 1v.
- Dewes R. 1980. *Características hidrodinâmicas dos aquíferos basálticos do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 103 p.
- DNPM. 1986. *Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis. 1 v. mapa anexo.
- DNPM. 1989. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande Sul*. Porto Alegre.
- 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, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 128 p. Anexos.
- Eilers V. H., Caicedo N. L., Lisboa N. A. 1993. Análise hidrogeológica da região sudoeste do Rio Grande do Sul através de técnicas de sensoriamento remoto e do uso do Sistema Geográfico de Informações. *In: Simp. de Rec. Hídricos do Cone Sul, 1, Gramado, Anais, v. 2, p. 131-141.*
- Fabrizio J. A. C. 1980. *Projeto Carvão Gravataí – Torres*. DNPM/CPRM, Porto Alegre. 1 v. (Inédito)
-

-
- Faccini U. F. 1989. *O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das Seqüências Depositionais*. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2 v.
- Faccini U. F. 2000. *Estratigrafia do Permo-Triássico do Rio Grande do Sul: Estilos Depositionais versus Espaço de Acomodação*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2 v.
- Faccini U. F., Giardin A., Machado J. L. F. 2003. Heterogeneidades litofaciológicas e hidroestratigrafia do Sistema Aquífero Guarani na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *In: Paim P. S. G., Faccini U. F. , Guimarães Netto R. (Eds.): Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares: estudo de casos*. UNISINOS, São Leopoldo. pp.147-173.
- Ferrando L. & Andreis R.R. 1986. Nueva estratigrafia en el Gondwana en el Uruguay. I Congreso Latinoamericano de Hidrocarburos. Buenos Aires, Argentina. ARPEL. *Proceedings*...p. 295 - 323.
- Ferrando L. & Montaña J. R. 1987. Hipótesis Preliminar sobre la Evolución Paleogeográfica de la Cuenca de Paraná en el Uruguay. *In: Simpósio Sul – Brasileiro de Geologia,3, Actas, v. 1, p. 393 – 400*.
- Ferrando L., Andreis R. R., Montaña J. R. 1987. Estratigrafía del Triásico – Jurásico Uruguayo en la Cuenca de Paraná. *In: Simpósio Sul – Brasileiro de Geologia,3, Actas, v. 1, p. 373 – 378*.
- Fetter C. W. 1980. *Applied Hydrogeology*. Charles E. Merrill Publishing, Columbus, 488 pp.
- Fetter C. W. 1994. *Applied Hydrogeology*, 3. ed. Macmillan College Publishing New York, 691 p.
- Fili M. & Tujchneider O. 1977. *Investigaciones Geohidrológicas en la Provincia de Entre Ríos. Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. 1 v.
- Fili M., Perez M., Tujchneider O., Paris M., D'élia M. 1997. Geohidrologia del Sistema Acuífero en la Ciudad de Paraná (Argentina) y sus alrededores. *In: Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, 4, Actas, p. 442 – 459*.
-

-
- Frasca A. A. & Lisboa N. A. 1993. Contribuição do Sensoriamento Remoto na Compartimentação Morfotectônica e Morfoestrutural da Bacia do Paraná, Grupo São Bento, RS e suas relações com as estruturas do embasamento. *In: Simpósio de Sensoriamento Remoto, 7, Anais, v. 3, p. 211-220.*
- Frasca, A. A. S. 1996. *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, RS.* Dissertação de Mestrado, Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 105 p.
- Freeze R. A., Cherry J. A. 1979. *Ground Water.*, Prentice Hall, New Jersey, 604 p.
- Freitas M. A. de., Caldasso A. L. da S., Caye B. R., Dias A. A., Passaglia S. C., Miranda G. X. de 2003. Projeto Oeste de Santa Catarina. Porto Alegre: CPRM/SDM/Epagri. Relatório Final.
- Fúlfaro V. J., Saad A. R., Santos M. V., Viana R. B. 1982. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, **12** (4): 590 - 611.
- Galloway W. E., Henry C. D., Smith, G. E. 1982. Depositional framework, hydrostratigraphy and uranium mineralization of the Oakville Sandstone (Miocene), Texas Coastal Plain. Bureau of Economic Geology. Univ. Texas, Austin, Rept. Invest. N° 113
- Gammerman N. 1973. Formação Rosário do Sul. *Pesquisas*, **2**: 5 – 36.
- Giardin A. & Faccini U. F. 2002. Heterogeneidades faciológicas e hidroestratigrafia do Aquífero Guarani na região central do Rio Grande do Sul: abordagem metodológica e resultados preliminares. *In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Anais, CD-ROM.*
- Gilboa Y., Mero F., Mariano I. B. 1976. The Botucatu aquifer of South America. Model of an untapped continental aquifer. *Journal of Hydrology*, **39**:165-179.
- Godoy E., Paredes J. L. 1995. Aquíferos Potenciales del Paraguay. *In: Encontro MERCOSUL de Águas Subterrâneas, 1, Atas, 120 p.*
-

-
- Greenkorn R. A. & Kesser D. P. 1969. Dispersion in heterogeneous nonuniform anisotropic porous media. *Ind. Eng. Chem.* 61p. p.14 – 32.
- Grehs S. A., Szubert E. C., Grazziotin V. 1973. Resultados Finais da Construção dos Poços-Teste, Município de Alegrete, RS – Projeto Sudoeste 1. *Água Subterrânea*, 1 (3):105 -128.
- Hausman A. 1965. Esboço Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. *In: UFRGS, Centro Acad. Est. Geol, SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS.* p.37–71.
- Hausman A. 1966. Comportamento do Freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul. *Boletim Paranaense de Geografia*, 18/20:177 – 213.
- Hausman A. 1995. Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia. Série Mapas*, 2.
- Hedberg H. D. (Ed.) 1976. *International Stratigraphic Code, by the International Subcomission on Stratigraphic Classification.* John Wiley, New York. 1 v.
- IBGE. 1986. *Mapa Geológico das Folhas Porto Alegre e Uruguaiana.* Projeto Radambrasil. Florianópolis. 2 mapas
- IPT. 1980. *Reconocimiento Hidrogeológico del Acuífero Tacuarembó entre Paysandú y Bella Unión. República Oriental del Uruguay.* (Relatório Técnico nº 14364)
- Jorgensen D. G. 1982. Aquifer Names. *In: Jorgensen D. G. & Signor D.C. (Eds.) Geohydrology of the Dakota Aquifer*, s.n., Lincoln, Nebraska, pp. 4-7. (Proceedings of the First C.V. Theis Conference on Geohydrology, ,)
- Jorgensen D. G., Helgeson J. O., Imes J. L. 1993. Aquifer Systems underlying Kansas, Nebraska , and parts of Arkansas, Colorado, Missouri, New Mexico, Oklahoma, South Dakota, Texas and Wyoming- Geohydrologic framework: *U.S. Geological Survey, Professional Paper 1414-B*, 238 p.
- Kimmelman e Silva A. A., Rebouças A. C., Santiago M. M. F. 1989. ¹⁴C Analisis of groundwater from the Botucatu Aquifer System in Brasil. *Radio Carbon.* 31(3):926–933.
-

-
- Kittl S. T. 2000. *Contributions to the knowledge on the stratigraphy and hydrochemistry of the Giant Guarani Aquifer System, South America*. Master Thesis, Eberhard-Karis-Universität zu Tübingen, Germany. 90 p.
- Krusemann G. P. & Deridder N. A. 1970. Analysis and evaluation of Pumping Test Data. 2.ed. The Netherlands, International Institute for Land Reclamation and Improvement. 1 v.
- Laney R. L. & Davidson C. R. 1986. Aquifer-nomenclature guidelines. *U.S. Geological Survey, Open-file Report, 86-534*, 46 p.
- Lavina E. L. 1992. *Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (Intervalo Kazaniano-Scytiano) da Bacia do Paraná*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 512 p.
- Lavina E. L., Faccini U. F., Ribeiro H. J. 1993. A Formação Pirambóia (Permo-Triássico) no Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, **38**: 179–197.
- Leinz V. 1949. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do Sul do Brasil. *Boletim da Faculdade de Ciências e Letras USP*. **5**:1–61.
- Lisboa N. A. 1993. Compartimentação hidrogeológica e diferenciação hidrogeoquímica em aquíferos do extremo sul do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul *In*: SBG, Simpósio de Recursos Hídricos do Cone Sul, 1, *Anais*, v. 4, 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*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 135 p.
- Lisboa N. A., Schuck M. T. de O., Eick N. C., Carraro C. C. 1985. Identificação de uma estrutura tectônica elíptica na Formação Serra Geral (RS), através de imagens do LANDSAT, radar e aerofotos. *In*: SBG, Simpósio Sulbrasileiro de Geologia, 1, *Anais*, p.131–145.
-

-
- Lohman S. W. et al. 1972. Definitions of selected groundwaters terms- Revisions and conceptual refinements. *U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper*, **1988**, 9 p.
- Lopes M. F. C. 1984. Água Subterrânea no Estado de São Paulo – Síntese das condições de ocorrência. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 3, *Anais*, p. 305–316.
- Macfarlane P. A. et al. 2000. Revision to the Nomenclature for Kansas Aquifers: Current Research in Earth Sciences, Kansas *Geological Survey, Bulletin* **244**, part2, In:<<http://www.kgs.ku.edu/Current/2000/macfarlane1.html>.>
- Machado J. L. F. 1988. Estimativa das características geohidráulicas de alguns poços tubulares da fronteira oeste do RS. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 25, *Anais*, v. 6. p.2611-2621.
- Machado J. L. F. 1990. Resposta Aqüífera das Litologias Gonduânicas na Região de Santa Maria – RS. *Revista Ciência e Natura*, v. 12.
- Machado J. L. F. 1994. *Mapa Hidrogeológico da Folha de Santa Maria, RS, Escala 1:100.000*. CPRM, Porto Alegre. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos. Projeto Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos)
- Machado J. L. F. 1997. *Carta Hidrogeológica da Folha de Porto Alegre*. CPRM, Porto Alegre, 1 mapa. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).
- Machado J.L.F. 1998. *Hidroestratigrafia Química Preliminar dos Aqüíferos da Região Central do Rio Grande do Sul*. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 10, *Anais*, 7p.
- Machado J. L. F. (Coord.) 2000. *Mapa de Integração Hidrogeológica da Bacia do Prata e Áreas Adjacentes*. CPRM/MERCOSUL- Subgrupo de Trabalho 2 – SGT2. Comissão Temática de Geologia e Recursos Minerais., Porto Alegre, 1 mapa
- Machado J. L. F., Freitas M. A. de, Caye B. R. 2002. Evolução hidrogeoquímica dos aqüíferos no oeste catarinense. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12, *Anais*, CD-ROM.
-

-
- Machado J.L.F. & Szubert E. 1994. A Importância Hidrogeológica do Aquífero Passo das Tropas, Membro Inferior da Formação Santa Maria-RS. In: SBG, Cong. Bras. de Geol., 38, Balneário Camboriú. Anais... v. 2
- Magna Engenharia. 1997. *Avaliação Quali-Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do Sistema Taquari – Antas*: relatório final. Porto Alegre, 1 v.
- 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, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 75 p.
- Maxey G. B. 1964. Hydrostratigraphic Units. *Journal of Hydrology*, **2** :124-129.
- Milani E. J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 225 p.
- Milani E. J., Faccini U. F., Scherer C. M. S., Araújo L. M., Cupertino, J. A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. *Bol. IG/USP, Série científica*, **29**:125-173.
- Möbus G. 1987. *Análise estrutural e hidrogeológica do aquífero fraturado da Formação Serra Geral na região noroeste do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 124 p.
- Montaño J, Tujchneider O., Auge M, Fili M., Paris M., D'élia M., Pérez M., Nagy M. I., Collazo P., Decoud P. 1998. *Acuíferos regionales en America Latina. Sistema Acuífero Guaraní: capítulo Argentino-Uruguayo*. Centro de Publicaciones. Secretaría de Extensión. Universidade Nacional del Litoral. Santa Fé, 217 p.
- Montaño J. & Pessi M. 1985. Estudio Hidrogeológico de Rivera. OSE, Montevideo, 1 v.
- Montaño J. & Pessi M. 1988. Características Hidráulicas e Hidrogeoquímicas del Acuífero Tacuarembó – Área Rivera. *Revista Água Subterrânea*, **12**:67- 74.
- Montaño J., Carrión R. 1990. Optimización de la Explotación del Sistema Acuífero Jurásico – Triásico, Tacuarembó – Buena Vista. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 6, *Anais*, v. 1, p.180–89.
-

-
- Montardo D. K. 1982. *Estudo Geológico dos Sedimentitos do Gondwana Superior na Região de Candelária a Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 142 p. Mapas.
- NORTH AMERICAN COMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURA - NACSN. 1983. North American Stratigraphic Code: *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, **67**(5) : 841-875.
- Northfleet A., Medeiros R. A., Mühlmann H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Bol. Téc. da Petrobrás*, **12**:291-346.
- Novatski C. H. 1996. *Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná, intervalo abrangido entre as aloformações Rio do Rasto e Botucatu, Folha São Leopoldo, RS, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 246 p.
- Noyes C. M., Maley M. P., Blake R.G. Defining Hydrostratigraphic Units within the Heterogeneous Alluvial Sediments at Lawrence Livermore Nacional Laboratory. Em: <<http://www-erd.llnl.gov/library/JC - 139779.pdf>>
- Oliveira E. P. 1918. *Regiões carboníferas dos Estados do Sul*. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro. 125 pp.
- Padula E. L. 1972. Subsuelo de la Mesopotamia y Regiones Adyacentes. In: Leanga A. *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, p.213–235.
- PAULIPETRO/Consórcio CESP/IPT. 1982. *Geologia da Bacia do Paraná*. São Paulo, 198 p.
- Perrotta M. M., Salvador E. D., Lopes R. da C., D'Agostino L. Z., Wildner W., Ramgrab G. E., Peruffo N., Freitas M. A. de, Gomes S. D., Chierigati L. A., Silva L. C. da, Sachs L. L. B., Silva V. A., Batista I. H., Marcondes P. E. P. 2003. Folha SG.22-Curitiba. In: Schobbenhaus C., Gonçalves J. H., Santos J. O. S. dos, Abram M. B., Leão Neto R., Matos G. M. M., Vidotti R. M. (Eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Brasília: CPRM. 1 CD ROM.
- Pessoa M. S. 1982. *Banco de Dados Hidrogeológicos e Análise Estatística da Vazão dos Poços no Estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1 v.
-

-
- Petit V., Hanot F., Pointet T. 2003. Référentiel hydrogéologique BD RHF. Guide méthodologique des découpage des entités. *BRGM/RP – 52261 – FR*, 101 p., 17 fig.
- Poland J. F., Lofgren B. E., Riley F. S. 1972. Glossary of selected terms useful in studies in the mechanisms of the aquifer systems and land subsidence due to fluid withdrawal. *U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper 2025*, 9 p.
- Posamentier H. W. & Allen G. P. 1994. Siliciclastic Sequence Stratigraphy: concepts and applications. *Course Notes. CPGEO – UFRGS*, **86**: 91–109.
- Presotto C. A., Dias A., Kirchner C. A., Garcia P. F. 1973. *Projeto Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul*: relatório final. CPRM/SUDESUL, Porto Alegre, 263 p.
- Pulido J.L. 1978. *Hidrogeología Práctica*. URMO, Bilbao, 314 p.
- Ramgrab G. E., Wildner W., Lopes R. da C., Favilla C. A. C., Silva M. A. S. da, Sachs L. L. B., Silva V. A., Batista I. H. 2003. Folha SH.22-Porto Alegre. In: Schobbenhaus C., Gonçalves J. H., Santos J. O. S. dos, Abram M. B., Leão Neto R., Matos G. M. M., Vidotti R. M. (eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*: Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Brasília : CPRM. 1 CD ROM. (Inédito)
- Rebouças A. C. 1976. *Recursos Hídricos da Bacia do Paraná*. Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 143 p. 2 mapas.
- Rebouças A.C. 1988. Groundwater in Brazil. *Episodes*. **11** (3): 209-214.
- Rebouças A. C. 1994. Sistema Aquífero Botucatu no Brasil. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 8, *Anais*, p. 500-509.
- 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, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 254 p.
- Renne P. R., Ernesto M., Pacca I. G., Coe R. S., Glen J. M., Prévot M, Perrin M. 1992. The Age of Paraná Flood Vulcanism, Rifting of Gondwanaland, and the Jurassic – Cretaceous Boundary. *Science*, **258**:975-979.
- Rocha G. A. 1996. *Mega Reservatório de Água Subterrânea do Cone Sul: Bases para uma Política de Desenvolvimento e Gestão. Contribuição ao Seminário e Workshop Internacional "Aquífero Gigante do Mercosul"*. s.n., Curitiba, 23 p.
- Rocha G. A. 1997. O Grande Manancial do Cone Sul. *Estudos Avançados, USP*, **30**: 191-212.
-

-
- Roisenberg A. 1990. *Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Ácido Mesozóico da Província Meridional da Bacia do Paraná*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 1 v.
- Roisenberg A, & Chies J. O. 1987. Vulcanismo Basalto-Riolítico da Formação Serra Geral e Mineralizações Associadas. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1, Anais*, p. 38-54.
- Rosa Fº E. F., Forlin M., Xavier J. M. 1998. Informações básicas sobre a distribuição do Sistema Aqüífero Guarani nas regiões sul e sudeste do Brasil. *A Água em Revista*, **10**:23–26.
- Rosa Fº. E. F., Hindi E. C., Rostirolla S. P., Ferreira F. J. F., Bittencourt A. V. L. 2003. Sistema Aqüífero Guarani – Considerações Preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no Fluxo das Águas Subterrâneas. *Revista Águas Subterrâneas*, **17**:91-111.
- Sanberg J. R. D. 1980. *Estudo Hidrogeológico nas Províncias litológicas do Estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade federal do Rio Grande do Sul. 1 v.
- Sanford R. M. & Lange F. W. 1960. Basin study approach to oil evaluation of Paraná- miogeosyncline south Brazil. *Bulletin of American Petroleum Geologists*, **44**(8):1316–1370.
- Scherer C. M. S. & Lavina E. L. 1997. Aloformação Guará: uma nova unidade estratigráfica mesozóica na porção meridional da Bacia do Paraná. *In: SBG, Simp. Cronostr. Bacia do Paraná, 3, Boletim de Resumos*, p. 36-37.
- Scherer C. M. S. 1998. *Análise estratigráfica e litofaciológica da Formação Botucatu (Eocretáceo da Bacia do Paraná) no Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 230 p.
- Scherer C. M. S. 2000. Eolian Dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin. *Sed. Geology*, (in press).
-

-
- Schneider R. L., Mühlmann H., Tommasi E., Medeiros R., Daemon R. F., Nogueira A. A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná *In*: SBG, Cong. Bras. Geol., 28, *Anais*, v., p.41-65.
- Schraeder G. 1970. *Estudo Hidrogeológico para a instalação de captagem de águas subterrâneas no arenito Botucatu, município de Alegrete (RS)*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1 v.
- Schultz C. L. 1995. Subdivisão do Triássico do RS com base em Macrofósseis: problemas e perspectivas. *Com. Mus. Ciên. Technol. UBEA/PUCRS, Sér. Ciências da Terra*, 1:25-32
- Schultz C. L., Scherer C. M.S., Lavina E. L. 2002. Dinosaur's footprints from the Guará Formation (Upper Jurassic ?), Paraná Basin, Southern Brazil. *In*: VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Corrientes. p. 64
- Seaber P. R. 1982. Definition of hydrostratigraphic units. 2nd Annual Symposium on Florida Hydrogeology, Northwest Florida Water Management District. *Public Information Bulletin*, 82 (3):25-26.
- Seaber P. R. 1986. Evolution of Classification and Nomenclature of Hydrogeologic Units. *EOS* 67 (16):28.
- Seaber P. R. 1988. Hydrostratigraphic Units. *In*: Rosenshein J.S. & Seaber P.R. (Eds.) *Hydrogeology: The Geology of North America*, W. Back/Geological Society of America, Boulder,CO. pp. 9-14
- Silva Busso A. 1999. Contribuição al Conocimiento de la geología y hidrogeología del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chaco-paranaense Oriental, Argentina. Tese de Doutorado, Universidad de Buenos Aires. 2 v.
- Silva M. A. S., Favilla C. A. C., Wildner W., Ramgrab G. E., Lopes R. da C., Sachs L. L. B., Silva V. A., Batista I. H. 2003. Folha SH.21-Uruguaiana. *In*: Schobbenhaus C., Gonçalves J. H., Santos J. O. S. dos, Abram M. B., Leão Neto R., Matos G. M. M., Vidotti R.M. (eds.) *Carta Geológica Brasil ao Milionésimo* : Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Brasília :CPRM. 1 CD ROM. (Inédito)
- Silva R. B. G. da 1983. *Estudo Hidroquímico e Isotópico das Águas Subterrâneas do Aqüífero Botucatu no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 133 p.
-

-
- Silva R. B. G., Diogo A., Fraiha Júnior S. 1982. Características hidroquímicas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. *In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2, Anais*, p. 411 – 420.
- Soares P. C., Matos J. T., Ballieiro M. G., Meneses P. R. 1982. Lineamentos e imagens de LANDSAT e RADAR e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. *In: SBG, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, Atas*, 1:143 -156.
- TAHAL Consulting Engineers Ltd. 1986. *Proyecto Agrícola de Riego Basado en la Perforación de Pozos Profundos*. Tahal Consulting Engineers – VERNON, ROU, tomo 3, Anexo B, El Acuífero Tacuarembó.
- Takahashi H. A. 1991. *Caracterização morfoestrutural e hidrogeológica de aquíferos em meio fraturado através de técnicas de sensoriamento remoto e análise estatística, em Setor do Planalto Meridional – RS*. Dissertação de Mestrado., Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade federal do Rio Grande do Sul. 126 p
- Takahashi I. A., Haertel V., Lisboa N. A. 1993. Caracterização Morfoestrutural e Hidrogeológica de aquíferos em meio fraturado através de técnicas de sensoriamento remoto e análise estatística em setor do Planalto Meridional, RS. *In: SBG, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7, Anais*, v. 3, p.332-350.
- Teissedre J. M. & Barner U. 1981. Comportamento Geotérmico e Geoquímica das águas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. *Revista Águas Subterrâneas*, 4:85–95.
- Tóth J. 1978. Gravity Induced Cross-Formational Flow of Formation Fluids, Red Earth Region, Alberta, Canada, Analysis, Patterns, and Evolution. *Water Resources Research*, 5:805-843.
- Van Wagoner R. M., Mitchum R. M., Campion K. M., Rahmanian V. D. 1990. Siliclastic Sequence Stratigraphy in well logs, cores and outcrops: Concepts for high – resolution correlation of time and facies. *American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series*, nº 7, 55p.
-

-
- Verruijt A. 1970 *Theory of Groundwater Flow*. The Netherland, Delft. University of Technology.
- Washburne C. W. 1930. Petroleum geology of State of São Paulo. *Bol. Com. Geogr. Geol*, **22**:1-282.
- Watson I. & Burnett A. 1995. *Hydrology – An Environmental Approach*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 702 pp.
- White I. C. 1908. *Relatório Final da Comissão de Estudo das Minas de Carvão de Pedra do Brasil*: relatório sobre as “Coal Measures” e rochas associadas do Sul do Brasil. Parte 1: Geologia. 300 p. (português e inglês)
- Zalán P. V., Conceição J. C. J., Wolf S., Astolfi M. A. M., Vieira I. S., Appi V. T., Neto E. V. S., Cerqueira J. S., Zanotto O. A., Paumer M. L., Marques A. 1986. *Análise da Bacia do Paraná*. PETROBRÁS/DEPEX/CENPES, Rio de Janeiro, 172 pp. (Relatório GT – OS – 009/25)
- Zalán P. V., Wolf S., Conceição J. C. L., Astolfi A. M., Vieira I. S., Appi V. T., Zanotto O. A., Marques A. 1991. Tectonics and Sedimentation of Paraná Basin. *In: International Gondwana Symposium, 7, Proceedings*, p. 83 - 117.
- Zalán P. V., Wolf S., Vieira E. S., Conceição J. C. P., Appi V. T., Neto E. V. S., Cerqueira J. R. & Marques A. 1990. The Paraná Basin. *In: Leighton M. W., Kolata D. R., Oltz D. F., Eidel J. J. (Eds). Interior Cratonic Basins. AAPG Memoir* **51**:681-708.
- Zerfass H. 1998. *Estratigrafia da sedimentação meso e Neotriássica no Município de São Pedro do Sul, RS: faciologia, análise de proveniência e história diagenética*. Curso de Geologia, UNISINOS, Monografia de Conclusão de Curso, 181 p.
- Zerfass H., Lavina E. L., Schultz C. L., Garcia A. J. V., Faccini U. F., Chemale Jr. F. 2003. Sequence stratigraphy of continental triassic strata of Southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate. *Sedimentary Geology*, **161**: 85 -105.
-

ANEXOS

ANEXO 1

Dados de poços tubulares do Compartimento Oeste (Confinado).

Nº do poço	Poço	Cidade	Latitude (N/S)	Longitude (E/W)	Cota (m)	Cota Topo SAG (m)	Cota Potenciométrica (m)	STD (mg/l)	Espessura SAG (m)	Espessura Confinamento SAG (m)
103	UR-01-RS	URUGUAIANA	29,683056	56,640278	105	51	65	386,4		54
104	UR-02-RS	URUGUAIANA	29,683111	56,667222	85	-1	57	486,6		86
105	UR-04-RS	URUGUAIANA	30,091111	56,501944	115	28	69	317,2		87
106	UR-05-RS	URUGUAIANA	30,073056	56,493611	125	20,7	71	362,4		105,7
107	UR-06-RS	URUGUAIANA	29,699167	56,679444	80	-110	66	343,3		190
108	UR-10-RS	URUGUAIANA	29,689167	56,645556	105	77	67			28
109	UR-12-RS	URUGUAIANA	29,799722	57,008333	85	22	66			63
110	UR-13-RS	URUGUAIANA	29,947222	56,624722	130	-160	70	462		290
111	UR-14-RS	URUGUAIANA	29,884444	56,870556	130	49	65,3	248,7		81
112	UR-15-RS	URUGUAIANA	29,944444	57,113333	85	-201	67	494,2		256
113	IT-01-RS	ITAQUI	29,324444	56,427222	74	-38	59	337		112
114	IT-02-RS	ITAQUI	29,332778	56,438722	77	-37	58	343,2		114
115	IT-03-RS	ITAQUI	29,168056	56,546389	75	-35	61,5			110
116	IT-04-RS	ITAQUI	29,294444	56,590556	78	78	59,55			0
117	IT-05-RS	ITAQUI	29,282778	56,382222	83	23	58,5			60
118	IT-06-RS	ITAQUI	29,295556	56,415	81	72	64			9
119	IT-07-RS	ITAQUI	29,211111	56,493889	84	4	58,4	187,2		80
120	IT-08-RS	ITAQUI	29,231667	56,460833	102	85	63	223,7		22
121	IT-10-RS	ITAQUI	29,279444	56,230833	80	-81	62	269,6		161
122	IT-11-RS	ITAQUI	29,234722	56,301389	105	-24	73,1			129
123	AL-01-RS	ALEGRETE	29,927778	55,969167	160	69	95,2	72,2		91
124	AL-02-RS	ALEGRETE	29,493056	56,043056	105	-21	76,7	274,8		126
125	AL-03-RS	ALEGRETE	29,591389	55,943889	105	-49	75	316,2		154
126	AL-04-RS	ALEGRETE	29,857778	55,943889	142	34	109	178,2		108
127	AL-05-RS	ALEGRETE	29,805556	55,983333	140	-6	114	390		146

128	AL-06-RS	ALEGRETE	29,826389	55,980556	152	77	116			75
129	2AL-1-RS	ALEGRETE - PETROBRÁS	29,818889	55,766667	80	56			578	32
130	IB	URUGUAI	30,540556	57,4775	108	-313			579	421
131	PLD	URUGUAI	30,539167	56,716944	199	-35			450	234
132	YA	URUGUAI	30,230556	56,973889	90	-331			377	421
133	GV-GUAVIRAVI	ARGENTINA	29,466667	56,916667	67	-35	52		611	102
134	G 1700 MV4	MANOEL VIANA	29,586944	55,482222	110	58	77	84,6		52
135		SANT. DO LIVRAMENTO	30,713056	55,694167	230	62	188	294		168
136	G 2138 QUA2a	QUARAÍ	30,383333	56,433333	118	22	87	339,1		96
137	G 919 UN2	UNISTALDA	29,065556	55,128333	350	275,5	seco			74,5
138		UNISTALDA	29,042167	55,202722	330	199,9	seco			131
139		QUARAÍ	30,231944	56,127333	185	-7	105			192
140		QUARAÍ	30,425833	56,065278	190	78	138			112
141		ITAQUI - TUPARAÍ	29,156944	56,377778	80	-30	59			110
142	COR 2964 BSN1	URUGUAINA - Bar. Sanchuri	29,539056	56,810556	69	69	54,97	65		0

Dados de poços tubulares do Compartimento Leste (Confinado)

Nº do poço	Poço	Cidade	Latitude (N/S)	Longitude (E/W)	Cota (m)	Cota Topo SAG (m)	Cota Potenciométrica (m)	STD (mg/l)	Espess. do SAG (m)	Espess. Confinam. SAG (m)
55	1SJQ-1-SC	São Joaquim	28,271583	49,916694	1.428,00	681			101	747
56	2TO-1-RS	Torres	29,326444	49,791417	25	-121			68	146
57	5AT-09-RS	D. Pedro De Alcântara	29,418806	49,860917	10,8	0,8			67,2	0
58	5AT-06-RS	São João do Sul	29,264972	49,754556	4,86	-48,14			20	53
59	AT-03-SC	São João do Sul	29,192806	49,755417	12,6	-24,1			16	36,7
60	AT-08-SC	Passo de Torres	29,304361	49,720111	8,6	-81,4			41	90
61	GT-04-RS	Caraá	29,775167	50,338194	92,77	-31,63			157,3	124,4
62	GT-06-RS	Xangri-Lá	29,77925	50,038306	5,34	-259,66			118	265
63	GT-07-RS	Capão da Canoa	29,648972	49,965056	18,12	-180,58			210,2	198,7

64	TG-42-RS	Maquiné	29,77125	50,160806	5,34	-198,66				
65	TG-22-RS	Imbé	29,834472	50,064667	9,03	-290,97			14,55	300
66	TG-24-RS	S. Antônio da Patrulha	29,80175	50,524722	113,7	113,7			134	0
67	TG-93-RS	Osório	29,796583	50,219889	7,67	157,33			247,65	165
68	CA-79-RS	Rolante	29,58025	50,557778	100,41	100,41			185	0
69		Dois Irmãos	29,580167	51,089389	151	88		132	288	63
70	G 160 RI1	Riozinho	29,640611	50,454306	20	14		15,21	188,7	6
71	JPA 1610/2-RS	Osório	29,884	50,268028	10	-56		6	286	
72	JPA 1590.1	Pedágio/S.A. Patrulha	29,884472	50,448528	16	-26		10		
73		Piratuba	29,251194	49,900806	14	14		10,16	166	0
74		Morrinhos do Sul	29,415111	49,950111	25	-205		12	150	230
75		Terra de Areia	29,574889	50,064639	10	-132		-2,38	342,8	
76		Três Coroas	29,513389	50,779694	55	31		52,45	187	24
77		Três Coroas	29,491389	50,753056	280	140		111	104	140
78		Igrejinha	29,581389	50,801528	40	28		39,59	274,4	12
79	DCM	Nova Hartz	29,581944	50,937611	280	101		190		179
80	G 1236 IV6a	Ivoti	29,608861	51,179028	190	120		100,63	272,9	70
81	G 1569 EV5	Estância Velha	29,659861	51,164694	135	91		70,37	140	44
82	G 1135 BPI1	Bom Princípio	29,499333	51,35875	100	39		44,17	223,5	61
83	G 748 FE 3	Feliz	29,448694	51,308611	60	36,5		38,49	348,2	23,5
84	G 2824 MRE									134
	10a	Morro Reuter	29,552972	51,077806	350	216		310,78	230	
85	G 2011 DI2	Dois Irmãos	29,598917	51,076417	150	96		125,08	163,7	54
86		Harmonia	29,537833	51,460306	180	61		107		119
87		Harmonia	29,564833	51,412306	90	-6		49		96
88		Tupandi	29,475917	51,423417	95	86		57,55	208,9	90
89		Brochier	29,557389	51,5915	127,63	40		98,4	198,9	87,63
90	DCM - CESA	Caxias do Sul	29,169556	51,211333	760	60		160		700
91		Caxias do Sul	29,3095	51,163722	90	90		77,75		0

Dados de poços tubulares do Compartimento Norte – Alto Uruguai (Confinado)

Nº do poço	Poço	Cidade	Latitude (N/S)	Longitude (E/W)	Cota (m)	Cota Topo SAG (m)	Cota Potenciométrica (m)	STD (mg/l)	Espess. SAG (m)	Espess. Confinam. SAG (m)
162	2 PI-1-SC	Piratuba	27,426139	51,784083	437	-102	508	818	136	539
163	CONC-178-CPRM	Concórdia - Cprm	27,241667	52,033333	546	106	381	425	129	440
164	ITÁ-06-CPRM	Itá-Cprm	27,283333	52,333333	398	26	291,3	628	142	369
165	CHP-20-CNTP	Chapecó	27,193889	52,6675	690	-253	625	376	260	943
166	SJO-01-CORNER	São João do Oeste	27,098611	53,591389	305	-962	215,6	3.834	8	1267
167	1ES-1-RS	Esmeralda 1	28,178889	51,178667	917	9			146	908
168	1ES-2-RS	Esmeralda 2	28,093833	51,152278	935	-65			33	1000
169	2LV-1-RS	Lagoa Vermelha	28,166139	51,504056	684	-128	735		50	812
170	1MC-1-RS	Muitos Capões	28,351972	51,112806	909	-25			0	934
171	2AO-1-RS	Atanásio	28,701389	51,664667	687	-165			218	852
172	1MA-1-RS	Machadinho	27,587083	51,66325	728	-17			105	745
173	2MR-1-RS	Marcelino Ramos	27,507806	51,902806	367	163	637	680	145	530
174	2RD-1-RS	Rondinha	27,839417	52,76725	645	-533			80	1178
175	Frig. PRENDA	Santa Rosa	27,916667	54,583333	280	-835	11,5	547	40	1115
176	CASCATA NAZZARI	Erechim	27,615	52,150833	546	-165	472	1.651		711
177	4-AR-01-RS	Aratiba - Cprm	27,416667	52,3	338	-59	291		94	397
178	POÇO AVENTURA	Nova Prata	28,776389	51,520833	428	-174	250	449		602
179	1SE-1-SC	Seara	27,14375	52,298528	670	28			246	642
180	Usina Velha	Veranópolis	28,964722	51,589667	280	-230	101			510
181	PAP-Cotiporã	Cotiporã	29,018194	51,72575	145	-133	85			278

 Dados de poços tubulares do Compartimento Central – Missões (Confinado)

Nº do poço	Poço	Cidade	Latitude (N/S)	Longitude (E/W)	Cota (m)	Cota Topo Guarani (m)	Cota Potenciométrica (m)	STD (mg/l)	Espess. SAG (m)	Espess. Confinam. SAG (m)
1	2 IT-1-RS	Itacurubi	29,016666	54,997361	354	-76	119		266	426
2	2 RI-1-RS	Ijuí	28,3	55,05	151	-45			325	194
3	G2224-JC 33	Júlio de Castilhos	29,233333	53,666667	510	124	160			386
4	G2018 AT-7	Arroio do Tigre	29,333333	53,1	380	32	246	222		348
5	G1636 SLU 5	São Luiz Gonzaga	28,466667	54,966667	190	106	120	118,8		84
6	G903 SAM 2	S. Antônio das Missões	28,511472	55,230694	190	77	134	223		113
7	G1044 SNI 3a	São Nicolau	28,183917	55,279444	148	24	94,5	184		124
8	SOP-CEOI	Garruchos	28,185833	55,638333	70	42	46			28
9		Itacurubi	28,796111	55,234444	170	42	147			110
10		Itaara	29,624444	53,769722	405	60	318			127
11	G879 SIM 4	Silveira Martins	29,643611	53,580278	430	278	373			130,5
12	G1330 NP 5	Nova Palma	29,464722	53,465833	105	299,5	99,5	153,7		59
13		Santa Cruz do Sul	29,61375	52,340583	210	66	193			22
14	G2076 ARM 1	Arroio do Meio	29,389444	51,953889	45	188	23,6	118,3		112
15	G2303 EN 15	Encantado	29,237778	51,888333	75	-67	-14	227,2		224
16	G2251 LJ 4	Lajeado	29,444694	51,972861	80	-149	51,1	159,5		58
17	G2286 EST 8a	Estrela	29,4925	51,965556	20	22	-7,7	167,4		42
18	G2838 TEU 2a	Teutônia	29,448889	51,803278	70	45	64,5	230		25
19		Teutônia	29,467778	51,807556	54,5	-25,5	69,9			80
20	G1179 CAA 1	Teutônia	29,506528	51,823833	80	-31,5	79,1	185,5		111,5
21	G-51-GL1	Bom Retiro do Sul	29,553083	51,879444	70	24,5	66,6	157		45,5
22	COR BR-6	Bom Retiro do Sul	29,599833	51,923139	47	-10	29,5	149		57

 Dados de poços tubulares do Compartimento Oeste (Afloramentos)

Nº do poço	Poço	Cidade	Latitude (N/S)	Longitude (E/W)	Cota (m)	Cota Potenciométrica (m)	STD (mg/l)
143	7 - 6 S	SANTIAGO	29,122222	55,198889	250	207	72
144	27 - 2 SFA	SÃO FRANCISCO DE ASSIS	29,593056	55,469722	100	97	68,4
145	28 - 8 SFA	SÃO FRANCISCO DE ASSIS	29,544444	55,122222	118	110,6	52
146	39 - 5 AL	ALEGRETE	29,940278	55,330556	180	148,7	56
147	40 - 1 AL	ALEGRETE	29,829167	55,215833	175	157	44
148	41 - 11 CQ	CACEQUI	29,870833	54,820833	130	109,8	64,8
149	50 - 14 AL	ALEGRETE	30,138333	55,586667	135	100,5	270
150	51 - 2 RS	ROSÁRIO DO SUL	30,165833	55,4225	145	107,5	76
151	51 - 3 AL	ALEGRETE	30,070833	55,477222	138	115	64
152	52 - 3 CQ	CACEQUI	30,029167	55,033333	141	87	
153	52 - 5 CQ	CACEQUI	30,154167	55,050833	180	146,5	
154	70 - 1 LV	SANTANA DO LIVRAMENTO	30,725833	55,158333	140	140	270
155	74 - 4 LV	SANTANA DO LIVRAMENTO	30,8125	55,379167	190	188,8	
156	75 - 5 LV	SANTANA DO LIVRAMENTO	30,866667	55,096389	153	133	
157	78 - 5 LV	SANTANA DO LIVRAMENTO	31,055556	55,260556	180	156,6	199
158	79 - 1 LV	SANTANA DO LIVRAMENTO	31,166667	55,215	168	136	302
159	87 - 2 CQ	CACEQUI	29,983333	54,678611	150	140	55
160	88 - 11 CQ	CACEQUI	29,755278	54,405833	118	101,8	191
161	90 - 10 SE	SÃO GABRIEL	30,122222	54,553889	150	129	

Dados de poços tubulares do Compartimento Leste (Afloramentos)

Nº do poço	Poço	Cidade	Latitude (N/S)	Longitude (E/W)	Cota (m)	Cota Potenciométrica (m)	STD (mg/l)
92	CORLAC	TAQUARA	30,577139	50,789861	22	16,3	147
93	COR SP 5a	SAPIRANGA	29,628056	50,97825	40	24	554,3
94	PAR 4	PAROBÉ	29,616917	50,829444	43	41,2	172
95	POR 1	PORTÃO	29,702889	51,241889	45	34,5	203
96	H 1092	NOVO HAMBURGO	29,662417	51,131583	55	40,5	108,8
97	H 1092	ESTÂNCIA VELHA	29,626278	51,185667	70	66	121
98	G 1144 PH 3	NOVA HARTZ	29,58475	50,887861	20	10,5	194,1
99		CAMPO BOM	29,649861	51,0395	41	33,2	59
100	Vila Palmeira	SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	29,841361	50,598222	43	36,2	
101	Comexi	MONTENEGRO	29,644389	51,463556	48	43,5	126
102		LINDOLFO COLLOR	29,595583	51,214028	26	12	136

Dados de poços tubulares do Compartimento Central – Missões (Afloramentos)

Nº do poço	Poço	Cidade	Latitude (N/S)	Longitude (E/W)	Cota (m)	Cota Potenciométrica (m)	STD (mg/l)
23	G 557 MT 2	MATA	29,562305	54,462777	120	120,42	222,2
24		MATA	29,559027	54,355222	115	120	275
25	9 SM - 06 - RS	DILERMANDO DE AGUIAR	29,706167	54,208278	120	98	195
26	G 1978 SPS 6	SÃO PEDRO DO SUL	29,635833	54,184005	194	180,6	65,6
27	G 2463 SPS 7	SÃO PEDRO DO SUL	29,626166	54,158583	130	115,9	127
28		SANTA MARIA	29,614416	53,987361	130	118,7	252
29		SANTA MARIA	29,721638	53,991556	105	98,6	22,8
30		SANTA MARIA	29,841833	53,940305	105	94,8	1.654,3
31		SANTA MARIA	29,830694	53,787916	90	84	2.033,9
32		SANTA MARIA	29,96175	53,688	81	52,6	27,3
33		SANTA MARIA	29,7755	53,666472	115	105,4	27,3

34		SANTA MARIA	29,720027	53,597833	95	64	366,6
35	G 416 SM 3	SANTA MARIA	29,695416	53,830667	82	75,9	223
36		SANTA MARIA	29,555027	53,50075	64	43	624
37	9 FM - 01 - RS	FORMIGUEIRO	29,997861	53,504527	80	53	
38		RESTINGA SECA	29,933027	53,138833	35	30	
39		RESTINGA SECA	29,798611	53,363056	45	15	
40		RESTINGA SECA	29,935111	53,230556	50	0	
41		RESTINGA SECA	29,678333	53,3825	59	15	
42		RESTINGA SECA	-29,748333	53,39	45	37	
43		RIO PARDO	-29,970527	52,701833	26	20,6	
44		CACHOEIRA DO SUL	-29,917083	53,064972	35	30,6	336,2
45		CACHOEIRA DO SUL	-29,881889	53,006278	75	51,7	
46	G 2317 TAQ 3	TAQUARI	29,759389	51,865722	53	30,9	200
47	G 1170 CAD 1	CANDELÁRIA	29,68525	52,798583	50	44,5	
48	COR FAZ 02	FAXINAL DO SOTURNO	29,572527	53,447194	60	9	
49	G 1002 CBR 1	CERRO BRANCO	29,691861	52,952889	80	64,1	156,4
50	G 456 AGU 2	AGUDO	29,6445	53,238056	70	40,6	6.346,4
51	G 1613 SCZ 11	SANTA CRUZ DO SUL	29,72975	52,446056	59	16	273,1
52	G 195 VC 1	VERA CRUZ	29,720527	52,483111	34,4	30,4	170
53		SANTA CRUZ DO SUL	29,821389	52,361333	61	36	112
54	G 1701 VA 31	VENÂNCIO AIRES	29,599917	52,191139	58	23,2	134,9

ANEXO 2
