



## 0.0.1 AVALIAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA - RS

**ELVIS ALBERT ROBE WANDSCHEER**

Acadêmico do Curso de Geografia/GCC/UFSM - [elvisa@mail.ufsm.br](mailto:elvisa@mail.ufsm.br)

**JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA**

Professor do Curso de Geografia/GCC/UFSM - Dr. em Geociências - [silverio@base.ufsm.br](mailto:silverio@base.ufsm.br)

**SAULO VICHARA BERRO**

Acadêmico do Curso de Geografia/GCC/UFSM - [vichara@mail.ufsm.br](mailto:vichara@mail.ufsm.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia Hidrográfica, Poços, Recursos Hídricos

### 1. INTRODUÇÃO

A formação do Planeta Terra e seus recursos naturais, sua problemática e os conseqüentes reflexos no meio-ambiente são melhor abordados a partir de sua subdivisão em duas áreas distintas. A primeira tratando da dinâmica interna e externa do planeta, bem como dos processos geológicos-geomorfológicos associados a ela. E a segunda tratando de conceitos básicos, objetivando a resolução de problemas de engenharia como, por exemplo, a mecânica de solos, e a mecânica de rochas. Recentemente a mesma associa-se a solução de problemas ambientais, relativos à mineração, a disposição dos efluentes industriais, a disposição dos lixiviados de lixões, a infiltração de esgotos não tratados nas formações superficiais, a exploração dos Recursos Hídricos Subterrâneos, dentre outras formas de abordagens.

A utilização de técnicas cartográficas aliadas a informações geológicas básicas constituem a forma de sistematização do presente trabalho. Assim, o mapeamento em sistema de Informações Geográficas (SIG), o Geoprocessamento nas modelagens numéricas do terreno (MDT), a hidráulica subterrânea (hidrogeologia), os programas de modelagem matemática para avaliação de fluxos, a distribuição de contaminantes, a dispersão, as informações Hidroquímicas pertinentes a realidade do local visam avaliar a qualidade das águas, determinando os condicionantes de exploração, juntamente com a Gestão dos Recursos Hídricos associados ao uso sustentável em Bacias Hidrográficas, especializando os setores de recargas e descargas.

Simulou-se com o uso do programa Surfer 6.0 parâmetros hidrográficos, obtendo-se a partir do cartograma da superfície potenciométrica uma direção aproximada de SO-NE, concordando com a direção do *front* da Cuesta do Haedo.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A obtenção de informações cadastrais de poços escavados e poços tubulares existentes na Bacia Hidrográfica em questão constituiu-se na primeira fase deste trabalho. Independente do fato de serem perfurados por empresas federais, estaduais, municipais ou privadas. Neste sentido utilizou-se o cadastro de poços da Companhia Riograndense de Saneamento/CORSAN, através de sua Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SURHMA), que perfura poços na área urbana; do Programa de Açudes e Poços/PAP, da Secretaria de Obras Públicas e Saneamento, do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, que perfura poços na zona rural, juntamente com a Divisão de Comandos Mecanizados DCM, da Secretaria de Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul. O cadastro de empresas privadas, obteve-se colaboração da HIDROGEO poços artesanais que perfura poços para o Departamento de Águas e Esgotos D.A.E, em Santana do



Livramento além de outros municípios do estado, e que conta com um cadastro digital atualizado.

Os parâmetros obtidos foram dispostos em Planilhas do Microsoft Excel 2000, sistematizando as informações numa única tabela referente a sigla, localização em coordenadas UTM, proprietário, tipos de usos das águas subterrâneas, parâmetros hidráulicos, além de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. A maior parte das informações foram obtidas do Programa SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais, CPRM). O Projeto SISON (Sistema de Informações de sondagens geológicas do Departamento Nacional da Produção Mineral/DNPM), tem cadastrado apenas um poço tubular no Município de Lavras do Sul, não apresentando coordenadas para o mesmo.

Em outra etapa do projeto foi visitado o depósito de resíduos sólidos (lixão) de Santana do Livramento; bem como avaliou-se as condições de tratamento em aterro controlado.

Utilizou-se apoio cartográfico a partir de cartas topográficas do Exército, de escala 1:50.000 para a localização geográfica dos poços, bem como uma correção da altitude obtida com o uso do *Global Position System* (GPS). Utilizou-se como datum de referência o SAD 69, atualmente mais utilizado no país. Quando as coordenadas dos poços estavam apresentadas na forma de Latitude e Longitude; estas foram transformadas pelo Programa TPO CR 6.0 do Laboratório de Geomática da UFSM para UTM.

Utilizou-se os mapas geológicos da CPRM em escala 1:100.000 para a obtenção dos limites do Modelo Numérico do Terreno (MDT) e inserção das informações dos poços com uso do Programa Autocadmap. Os mapas georreferenciados em SIG foram digitalizados para obtenção do MDT e espacialização de suas borduras. O Programa Surfer 6.0 foi por sua vez empregado para a espacialização das informações dos parâmetros físico-químicos e hidráulicos dos poços, fazendo uso integrado dos *layers* produzidos nesse programa, já através do Autocadmap foi possível interpolar várias informações obtidas ao longo da pesquisa.

A superfície potenciométrica fora obtida pela relação entre a altitude da “boca” do poço subtraindo-se o nível estático do poço, indicando portanto o peso da coluna de águas subterrâneas sobre um datum de referência. Neste caso utilizou-se o datum vertical: Imbituba-Santa Catarina e datum horizontal: SAD 69-Minas Gerais. As coordenadas obtidas com Global Position System/GPS ou diretamente do SIAGAS/CPRM, foram apresentadas em projeção plana Universal Transversa de Mercator/UTM. A origem da quilometragem UTM Equador e Meridiano 57° W. de Greenwich acrescidas as constantes 10.000 Km e 500 Km respectivamente.

As transformações de coordenadas geográficas dos poços foram executadas com o auxílio do programa TPO 6.0, do CCR/UFSM (disponível em <http://rural.ufsm.br>).

### 3. REVISÃO TEÓRICA

A apresentação alguns conceitos de Hidrogeologia é indispensável ao correto entendimento a cerca do assunto, segundo Wrege (2002):

**Província Hidrogeológica:** é uma região que possui sistemas aquíferos com condições semelhantes de: armazenamento, circulação e qualidade de água.

**Sistema:** é um grupo individualizado de elementos inter-relacionados, interagindo com o meio ambiente.



**Sistema Aquífero:** é o domínio aquífero contínuo, ou seja, as partes estão contidas por limites (finito) e estão ligados hidraulicamente (dinâmico).

**Aquitardo:** é aquela litologia porosa mas pouco permeável, incapaz de ceder água economicamente a obras de captação mas capaz de ceder quantidades apreciáveis de água lentamente e em grandes áreas; exemplo: siltito. Área de influência é região na qual a superfície potenciométrica é modificada por alguma ação do aquífero.

**Aquiclude:** é aquela litologia porosa mas não permeável, incapaz de ceder água economicamente a obras de captação: exemplo argila. A água está contida nos poros por forças moleculares.

Outros conceitos relevantes são os contidos nas Resoluções do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos/CNRH nº 9 de 21/06/2000 e nº 15 de 11/01/2001:

**Águas Subterrâneas:** as águas que correm naturalmente ou artificialmente no subsolo.

**Aquífero:** corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

**Cuesta do Haedo** segundo Müller Filho (1970, p. 12.):

A cuesta do Haedo é um relevo homoclinal dissimétrico com *front* voltado para Leste, e cujo reverso suave decai em direção ao rio Uruguai. Suas litologias característica são do Triássico superior (arenitos Botucatu e basaltos). O *front* alcança 200 a 300 metros de altitude (Livramento e proximidades de Rosário do Sul), e a margem do Uruguai não alcança os 100 metros (70 metros em Uruguaiana). É entalhada por diversos rios conseqüentes que confluem no Uruguai: o Ibicuí, cujo vale assinala a transição com o Planalto Basáltico, o Quaraí, o Taquarembó e o Negro, os dois últimos em território uruguaio.

Salienta-se ainda que a denominada Cuesta do Haedo é também chamada de Cuesta Uruguiaia, segundo Hausman (1966, p.183) assim descrita:

Seccionada a porção meridional ocidental do derrame basáltico, pela drenagem do rio Ibicuí, ficou ela isolada da porção setentrional criando uma escarpa estrutural que deu individualidade morfológica a ambas as porções do basalto. Para o norte o Planalto estendendo-se até o Estado de Goiás e Mato Grosso, e para o sul, a cuesta penetrando pelo território da República Uruguiaia.

#### 4. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO

Inicialmente foi feito o levantamento quanto ao número de usuários de águas subterrâneas e das cargas e quantidades contaminantes dispostas na superfície do terreno que podem vir a atingir os sistemas aquíferos, observou-se que existem cargas contaminantes de tipos diversos, destacando-se os seguintes:

- Resíduos sólidos dispostos em lixões à céu aberto, que produzem lixiviados;
- Esgotos não tratados dispostos em aterros sanitários controlados ou não;
- Resíduos líquidos indústrias;
- Uso de fertilizantes e agroquímicos diversos na agricultura;
- Suplemento mineral para o gado ou ovinocultura (rocha fosfática contendo flúor e outros elementos);



- Postos de combustíveis localizados nas zonas urbanas e rurais.

A forma de atuação da maioria destes contaminantes se dá de forma pontual, mas pode atingir a zona não saturada e posteriormente saturada dos sistemas aquíferos (poroso e/ou fissural), dependendo da altura do nível freático e da superfície potenciométrica. Pode ser citado como exemplo Santana do Livramento que apresenta uma população de 90.849 habitantes (IBGE, 2000) e que trata apenas 43% de seus esgotos (D.A.E.), enquanto que Rivera trata apenas 30% (OSE- *Obras Sanitarias del Estado*). Da mesma forma que em Santana do Livramento, o Departamento de Rivera no Uruguai, assenta-se sobre afloramentos de arenitos porosos pertencentes ao SAG, portanto aquíferos porosos, que são vulneráveis a cargas contaminantes tanto de origem orgânica quanto inorgânica. A mesma situação de afloramentos do SAG, ocorre nos Municípios de Rosário do Sul (41.058 hab.) e em Cacequi (15.311 hab.). Por outro lado nos Municípios de Dom Pedrito (40.410 hab.), Lavras do Sul (8.109 hab.) e parte de São Gabriel (62.249 hab.), assentam-se sobre aquíferos fissurais, constituídos por rochas cristalinas diversas, pertencentes ao Escudo Sul-Riograndense.

O termo Aquífero Gigante do Mercosul segundo Araújo et al. (1995) é a denominação formal dada a parte do Sistema Hidroestratigráfico Mesozóico constituído por estratos do Triássico (formações Pirambóia e Rosário do Sul no Brasil, Buena Vista no Uruguai) e do Jurássico (formações Botucatu, Misiones no Paraguai e Tacuarembó no Uruguai e na Argentina). O aquífero é confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral (Cretáceo) e por rochas Permo-triássicas de baixa permeabilidade. Sua área de ocorrência extrapola a porção brasileira da Bacia do Paraná, com mais de 839.000km<sup>2</sup> (MS 213.200 km<sup>2</sup>, RS 157.600 km<sup>2</sup>, SP 155.800 km<sup>2</sup>, PR 131.300 km<sup>2</sup>, GO 55.000 km<sup>2</sup>, MG 51.300 km<sup>2</sup>, SC 49.200 km<sup>2</sup>, MT 26.400 km<sup>2</sup>) e estende-se em direção do Paraguai (71.700 km<sup>2</sup>), Argentina (225.500 km<sup>2</sup>) e Uruguai (58.500 km<sup>2</sup>), na Bacia do Chaco-Paraná.

Os estratos do Jurássico, de origem eólica, constituem-se em bons aquíferos em praticamente toda a bacia. Já os do Triássico, de origem flúvio-lacustre/eólico, são afetados por altos níveis de argilosidade que comprometem substancialmente sua eficiência hidráulica em algumas áreas. Este alto teor de argila é o principal meio de distinção entre as duas unidades, principalmente utilizando-se os perfis de raios gama, em subsuperfície. Os estratos jurássicos são em geral pobremente cimentados (porosidade média de 17% e condutividade hidráulica da ordem de 0,2 a 4,6 m/dia, de boa maturidade textural e com arcabouço constituído por grãos de quartzo bem arredondados e selecionados. Os Triássicos, de um modo geral, apresentam menor maturidade textural e maior quantidade de argilas nos poros (porosidade média de 16% e condutividade hidráulica inferior a 0,01 até 4,6 m/dia). A variação faciológica deste aquífero para o sul da bacia é verificada, por um aumento drástico nos valores de argilosidade do reservatório (altos valores de raios gama), que transforma o aquífero Triássico em aquitarde em praticamente todo o Estado do Rio Grande do Sul.

O aquífero possui água potável na maior parte da bacia. Localmente poderá ocorrer alteração na potabilidade, basicamente, devido ao aumento da salinidade e do conteúdo de flúor. Em Araújo et al. (1999) podemos visualizar melhor maiores detalhes hidráulicos a cerca dos aquíferos Botucatu e Pirambóia (Quadro 1).

**Quadro 1 - Propriedades hidráulicas dos aquíferos Botucatu e Pirambóia.**

Propriedades hidráulicas dos aquíferos Botucatu e Pirambóia		
Variável	Aquífero Botucatu	Aquífero Pirambóia
Faixa de espessura (m)	4 – 484	25 – 770



Espessura média (m)	138	139
Faixa de Porosidade a partir de perfis sônicos	17 – 30%	14 – 24%
Condutividade hidráulica média (K)	8,7 m/d	1,9 m/d
Transmissividade (T)	2,4 – 552 m <sup>2</sup> /d	Dados não reais

Fonte: Araújo et al. (1999).

Org.: Autores.

Segundo Campos (2000 p.12):

O Aquífero Guarani encontra-se em 90% de sua superfície confinado, e que os 10% restantes apresentam características de aquífero livre, e constitui a sua principal área de recarga direta. O trecho do aquífero formado pelos basaltos do Aquífero Serra Geral, possui certa fraturação que, dependendo de seu desenvolvimento, lhe confere um comportamento de aquífero-aquitardo.

As formações geológicas existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria são ilustrada no Mapa Geológico (Figura 1), incluindo-se as Notas que foram atribuídas na avaliação do Índice de Vulnerabilidade (Silvério et al. 2003):

**Qa** - Aluvião atual inconsolidado, constituído essencialmente por clásticos finos a grosseiros. Nota 0,6. Área em km<sup>2</sup> 3401,7650; porcentagem da área 21,53.

**Qa1** - Terraço subatual, inconsolidado, constituído essencialmente por cascalho, areia, silte, acima do nível de inundação. Nota 0,7. Área em km<sup>2</sup> 129,5475; porcentagem da área 0,82.

**Qf** - Eluvião e/ou coluvião inconsolidado(s), essencialmente constituído(s) por cascalho, areia e silte, eventualmente inundado(s) em épocas de cheias. Nota 0,7. Área em km<sup>2</sup> 267,5600; porcentagem da área 1,69.

**KTst** - Quaternário Santa Tecla Arenitos e raros conglomerados, avermelhados, quartzosos friáveis. Subordinadamente arenitos brancos ou amarelados, com cimento silicoso ou calcítico, compactos. Nota 0,6. Área em km<sup>2</sup> 41,1175; porcentagem da área 0,26.

**JKsg** - Juro-Cretáceo, Serra Geral, derrames de basaltos toleíticos, cinza escuros a pretos, finos a afaníticos. Nota 0,6 por serem constituídas por lavas antigas. Área em km<sup>2</sup> 205,3650; porcentagem da área 1,30.

**TRJb** - Triássico-Jurássico, Botucatu, Arenitos cor de rosa claro, com estratificação cruzada acanalada de grande porte. Nota 0,8 arenito sem cimentação argilosa. Área em km<sup>2</sup> 800,4150; porcentagem da área 5,07.

**TRrs** - Triássico Rosário do Sul, Arenitos avermelhados, finos a médios, quartzosos, com estratificações paralela e cruzada acanalada e lentes de conglomerado intraformacional. Nota 0,7 arenito contendo cimento argiloso, portanto apresentando um grau de atenuação a contaminantes. Área em km<sup>2</sup> 4924,0000; porcentagem da área 31,17.

**Prr** - Paleozóico Rio do Rasto, Arenitos finos, bem selecionados, lenticulares, siltitos e argilitos, esverdeados, bordos ou avermelhados, com laminações paralela e cruzada acanalada, ondulações, “climbing”, “linsen” e “wavy”. Nota 0,7 arenitos+ siltitos+ argilitos. Área em km<sup>2</sup> 1488,5200; porcentagem da área 9,42.

**Pen** - Paleozóico, Estrada Nova, Argilitos, folhelhos e siltitos, cinza a cinza-escuros ou pretos, com lentes calcíferas, laminações paralelas, cruzada acanalada, ondulação, “flaser” e gretas de contração. Nota 0,7 argilitos, folhelhos e siltitos. Área em km<sup>2</sup> 298,8700; porcentagem da área 1,89.



**Pen-Pi** - Paleozóico, Fm. Estrada Nova + Fm. Irati indivisas. Nota 0,7. Área em km<sup>2</sup> 952,9825; porcentagem da área 6,03.

**Pi** - Paleozóico, Irati, Argilitos, folhelhos cinza-escuros a pretos, pirobetuminosos intercalados com lentes de marga. Nota 0,5 devido a predominância de folhelhos. Área em km<sup>2</sup> 45,3425; porcentagem da área 0,29.

**Pp** - Paleozóico, Palermo, Siltitos arenosos cinza a amarelo-esverdeados, quando alterados. Arenitos finos na base e na parte superior. Intensa bioturbação, laminação cruzada, lenticular, ondulado, cimento calcífero e “flaser”. Nota 0,6 devido à ocorrência de arenitos mais siltitos. Área em km<sup>2</sup> 137,4050; porcentagem da área 0,87.

**Prb** - Paleozóico Rio Bonito, Siltitos cinza e folhelhos escuros, carbonosos, com leitos e camadas de carvão. Associações de arenitos cinza-esbranquiçados, finos a grosseiros, localmente conglomeráticos. Estratificação paralela, cruzada e acanalada. Nota 0,7 devido às associações de arenitos mais siltitos mais folhelhos. Área em km<sup>2</sup> 574,4175; porcentagem da área 3,64.

**Pit** - Paleozóico Itararé, Folhelhos, argilitos cinza-escuros, várvidos, ritmitos, arenitos finos e diamictos, apresentando acamadamento gradacional, laminação convoluta, plano-paralela e cruzada, marcas de onda, “flaser” e “cone-in-cone”. Nota 0,5 folhelhos argilosos. Área em km<sup>2</sup> 62,9475; porcentagem da área 0,40.

**PCCboi** - Associação vulcano-sedimentar constituída por lavas ácidas e intermediárias, subordinadamente siltitos, arenitos e conglomerados; metamorfitos de baixo grau; metagabros e metavulcanitos e granitos intrusivos. Nota 0,7 devido a variabilidade litológica. Área em km<sup>2</sup> 2422,8425; porcentagem da área 15,34.

**Pei** - Pré-Cambriano Indiviso Metatexitos, Diatexitos e rochas graníticas. Nota 0,7 devido à ocorrência de fraturas e fissuras em rochas cristalinas Hausman (1995). Área em km<sup>2</sup> 43,6825; porcentagem da área 0,28.

0.0.1.0.1 Nesta pesquisa foram espacializadas as formações geológicas buscando-se identificar as principais províncias hidrogeológicas, com base nas proposições de Hausman (1995), sendo estas enquadradas em:

- Província Escudo- Sub-Província Cristalina (Aqüíferos Fissurais, 15,62% da área);
- Província Escudo-Sub-Província Creta-Paleozóica (Aqüíferos Fissurais, 0,26% da área);
- Província Gondwânica- Sub-Província Permo-Carbonífera (Aquitardo, Aqüíferos porosos 22,54% da área);
- Província Gondwânica- Sub-Província Rosário do Sul (Aqüíferos porosos 31,17% da área, SAG);
- Província Gondwânica- Sub-Província Botucatu (Aqüíferos porosos 5,07% da área, SAG);
- Província Gondwânica- Sub-Província Aluvial (Aqüíferos porosos 24,04% da área);
- Província Basáltica (Aqüíferos Fissurais, cristalinos, 1,30% da área da Bacia Hidrográfica);



0.0.1.0.2 - Província Escudo - Engloba rochas pertencentes ao Escudo Uruguaio-Sul Riograndense, localmente capeadas por Formações geológicas Eo-Paleozóicas até Terciárias, como a Fm. Santa Tecla, subdivididos da seguinte forma:

- Subprovíncia Cristalina, sob o nome genérico de cristalina, engloba rochas cristalinas e cristalofílicas, bem como os metasedimentos, incluindo rochas das unidades (15 PCCboi Pré-Cambriano, ilustrado na Figura 1, mapa geológico) e (16 PCi Pré-Cambriano Indiferenciado). Sua ocorrência foi da ordem de 15,62%, ocupando cerca de 2466,525 km<sup>2</sup>. Seu comportamento hidrodinâmico é de aquífero fraturado, não sendo esperadas boas condições hidrogeológicas e volumes de águas subterrâneas, mas devem ser consideradas suas fraturas tectônicas e a espessura do manto de alteração (regolito). Salienta-se que o regolito pode funcionar como um aquífero poroso portanto não deve ser desprezado como reservatório de águas subterrâneas, podem ser utilizados poços escavados, ou como fontes para abastecimento unifamiliar. Hausman (1995) citou vazões de 1m<sup>3</sup>/h em poços escavados e em poços perfurados até o contato com a rocha dura, sendo as águas classificadas como bicarbonatadas sódicas. Esta subprovíncia deve apresentar as maiores taxas de escoamento superficial pela sua natureza de aquífero fraturado e não poroso.

- Subprovíncia Creta-Paleozóica, foi incluída a Formação Santa Tecla (4 KTst) que apresenta rochas muito litificadas ou silicificadas, que se depositaram sobre rochas Pré-Cambrianas, formando extensas mesas, semi-tabulares. Existem poucas informações sobre esta subprovíncia, em face da baixa densidade populacional, onde ocorrem, fornecendo de acordo com Hausman (1995) poços com vazões da ordem de 1,0 m<sup>3</sup>/h ou secos. Seu comportamento hidrodinâmico é de aquífero fraturado e deve apresentar um alto índice de escoamento superficial, em face de seu grau de cimentação, apesar de ser composto de rochas sedimentares porosas. Sua ocorrência foi da ordem de 41,1175 km<sup>2</sup> e ocupa 0,26% da área do total da bacia hidrográfica.

0.0.1.0.3 - Subprovíncia Gondwânica Pacote de rochas sedimentares depositadas diretamente sobre o Escudo Uruguaio Sul-riograndense, como parte da Bacia do Paraná, apresentam idades deposicionais desde a era Paleozóica, Neo-Carbonífero (Grupo Itararé) até o Neo-Cretáceo, representando 58,78% da área. Devido à extensão dos depósitos Quaternários, 3798,8725 km<sup>2</sup> representando cerca de 24,04% da área da bacia hidrográfica, também incluíram-se nesta subprovíncia, os depósitos arenosos inconsolidados. Uma vez que representam uma possibilidade de conter reservas de águas subterrâneas, compondo os aquíferos rasos, menores do que 50 m de espessura, com reservas ainda pouco conhecidas, denominou-se de Subprovíncia Aluvial, pertencente ao Quaternário.

- Subprovíncia Permo-Carbonífera, inclui as formações pertencentes aos Grupos Itararé, Guatá e Passa Dois, incluindo as Formações geológicas; (14 Pit, Figura 1), (13 Prb), (12 Pp), (11 Pi), (10 Pen-Pi), (9 Pen) e (8 Prr). Litologicamente dominam formações argilosas e/ou arenosas que são envelopadas a Oeste na zona da Cuesta, pela Formação Serra Geral, o que pode formar aquíferos confinados. Em sua maior extensão forma aquíferos porosos livres, com índices de escoamento superficial diferenciados em função da declividade média do terreno, são importantes áreas de recarga dos sistemas aquíferos profundos. Sua ocorrência foi da ordem de 3560,485 km<sup>2</sup>, representando 22,54% da área total da bacia. A qualidade físico-química das águas subterrâneas dá-se em função dos aspectos granulométricos, texturais, composicionais e no grau de cimentação das unidades, e na facilidade de circulação das águas subterrâneas. Por exemplo cita-se a ocorrência de carvão



na Fm. Rio Bonito o que pode fornecer características sulfurosas as águas subterrâneas, assim como as concreções ou cimentações carbonáticas, podem conferir dureza elevada as águas, tornando-as impróprias para o consumo humano. Hausman (1995) classificou as águas desta subprovíncia, principalmente como carbonatadas sódicas. Obteve-se vazões de  $52,3\text{m}^3/\text{h}$  em Dom Pedrito na Formação Rio Bonito.

- Subprovíncia Rosário do Sul, (7 TRrs) considerou-se como hidroestrutural, onde podem ser observados um grupo de horizontes condutores de águas subterrâneas, intercalados por rochas de comportamentos de aquícludes e aquíardos, formando um pacote, cuja diversificação não é somente quanto a permeabilidade, como também quanto a qualidade da água. O horizonte estratigráfico que constitui esta subprovíncia, pode ser isolado dos outros por um topo (Fm. Serra Geral) e base impermeáveis (Aquíardo e Aquíclude), e ainda localmente por diques básicos que dificultam a circulação das águas subterrâneas podendo levá-las a mineralização. As vazões são bastante irregulares, pode-se atingir volumes da ordem superior a  $99\text{m}^3/\text{h}$  na região de Santana do Livramento, mas também valores como desde zero até  $6\text{m}^3/\text{h}$  no Município de Rosário do Sul. Sua ocorrência foi da ordem  $4924,0000\text{km}^2$ , representando 31,17% da área total da bacia. Hidrodinamicamente funciona como aquíferos porosos, mas localmente associados a Cuesta, no limite Oeste da bacia, e que pode estar silicificada e funcionar como aquífero fraturado. Hausman (1995) classificou as águas subterrâneas como bicarbonatadas sódicas, além dos dados de Eckert e Caye (1995), obteve-se uma amostra com pH 6,8 e dureza total  $90\text{mg/L}$  (pouco dura) em Santana do Livramento.

- Subprovíncia Botucatu, (6 TRJb) arenitos finos eólicos, com teores variados de argilas na matriz em função das fácies deposicionais, o que pode conferir diferentes aspectos de qualidade físico-química e volume explotável, a faixa de pH variou entre 6,0 até 7,5 e a dureza total, foi classificada como: 2 brandas, 5 pouco duras e 2 duras (Eckert e Caye, 1995) no Município de Santana do Livramento. A faixa de vazão varia desde 0 até  $100\text{m}^3/\text{h}$  no Município de Santana do Livramento. Funcionam hidrodinamicamente como aquíferos porosos, livres e localmente confinados, seus afloramentos são importantes na recarga direta dos sistemas aquíferos através de precipitação pluviométrica. Salienta-se que localmente este arenitos podem ser cimentados por sílica, e funcionarem como aquíferos fraturados, podendo apresentar baixa circulação das águas. Sua área de ocorrência foi da ordem de  $800,4150\text{km}^2$ , representando 5,07 % da área total aflorante na bacia hidrográfica.

- Subprovíncia Aluvial, (foram reunidos os depósitos constituídos por clastos de diversos tamanhos principalmente arenosos, siltosos, e cascalhos, associados as planícies aluviais dos rios, arroios que drenam esta bacia hidrográfica, com espessura máxima de 50m, de acordo com CPRM (1986). Sua extensão foi estimada em  $3798,8725\text{km}^2$ , representando 24,04 % da área total da bacia (1 Qa; 2 Qa1 e 3 Qf), devido a sua importância são aqui tratadas como uma Subprovíncia própria. A qualidade e a quantidade explotável de águas subterrâneas não é conhecida até o presente momento, devendo ser estudada com maior detalhes em trabalhos futuros. Também não é ainda conhecida a recarga deste aquífero poroso raso. Deve ser salientada sua importância como possível área fonte de águas para uso complementar na agricultura irrigada.



0.0.1.0.4 - Província Basáltica - Nesta estão incluídos os derrames de rochas vulcânicas que também podem seccionar as rochas sedimentares formando diques intrusivos, os quais podem afetar a circulação dos aquíferos bem como a qualidade das águas subterrâneas em termos de salinidade ou de teor em flúor (Silvério da Silva et al. 2002).

- Subprovíncia da Cuesta, (5 JKsg) situada no extremo Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, faz limite na porção Oeste desta bacia hidrográfica, e normalmente em contato com arenitos da Fm. Botucatu ou Fm Rosário do Sul silicificados. Hidrodinamicamente funciona como um aquífero fraturado contribuindo em parte para o escoamento superficial onde apresentar textura maciça. O Rio Santa Maria é responsável pela esculturação da escarpa da Cuesta (Hausman 1995), que classificou suas águas subterrâneas como sendo bicarbonatadas sódicas, com algumas variações em função de mineralizações localizadas. Suas vazões são dependentes de diversos fatores desde estruturais, tectônicos e também da espessura do regolito, assim suas vazões de exploração podem variar desde zero até 100 m<sup>3</sup>/h em Santana do Livramento ou, entre 0 até 1 m<sup>3</sup>/h em Rosário do Sul. Sua área estimada na bacia foi de 205,3650 km<sup>2</sup> representando 1,30% desta.

Ao longo do cadastro dos poços avaliados constam informações obtidas a partir da CPRM/SIAGAS, CORSAN/SURMA, PAP/SOPS, D.A.E. (Santana do Livramento), SISON/DNPM objetivando aglutinar informações dispersas em diferentes bancos de dados realizados com diferentes metodologias de aquisição de informações, sendo posteriormente tabuladas em uma única planilha de dados e georreferenciados, sendo disponibilizados através do uso do software ARCVIEW. Foram cadastrados com uso do SIAGAS/CPRM e selecionados 430 poços e também incluídos 13 poços do PAP/SOPS, contudo alguns poços não foram incluídos em todas as simulações, por não apresentarem coordenadas cartográficas. Os quadros 2, 3, 4 e 5 ilustram dados referentes aos municípios.

**Quadro 2 - Profundidade dos poços por Município.**

Profundidade dos poços por Município					
Tipo de poço	Santana do Livramento	Cacequi	Rosário do Sul	São Gabriel	Dom Pedrito
0.0.1.0.5 Tubular	0 – 160m	86 – 127m	2 – 120m	0 – 170m	132m
Escavado	0 – 22m	0 – 18m	0 – 20m	0 – 33m	-

Fonte: Trabalho de Campo (2003).

Org.: Autores.

Através deste quadro (Quadro 2) podemos ver que a maior profundidade dos poços deu-se no município de São Gabriel, com 170m de profundidade em um poço do tipo tubular. Poços do tipo escavado atingiram maiores profundidades também no município de São Gabriel, com 33 m. Cabe aqui ressaltar que os principais usos dessas águas subterrâneas são doméstico, urbano e o industrial, predominando o uso doméstico em todos os municípios, merecendo destaque Santana do Livramento, na fronteira com a cidade de Rivera, representando um aquífero transfronteiriço (Quadro 3).



**Quadro 3 - Usos das águas subterrâneas através dos poços por municípios.**

0.0.2 Usos das águas subterrâneas através dos poços por municípios					
0.0.2.0.1 Tipo de Uso	Santana do Livramento	Cacequi	0.0.2.0.2 Rosário do Sul	0.0.2.0.3 São Gabriel	0.0.3 Dom Pedrito
Doméstico	198	18	21	31	03
Urbano	22	08	05	00	00
Industrial	14	00	00	00	00
Não utiliza	02	00	00	00	00
Sem Informação	76	00	25	07	00

Fonte: Trabalho de Campo (2003).  
Org.: Autores.

**Quadro 4 - Tipos de poços por municípios.**

Tipos de poços por municípios					
Tipo de poço	Santana do Livramento	Cacequi	Rosário do Sul	São Gabriel	Dom Pedrito
0.1 Tubular	233	10	17	13	3
Escavado	63	12	21	15	0
Nascente	16	4	13	10	0
Total	312	26	51	38	3

Fonte: Trabalho de Campo (2003).  
Org.: Autores.

**0.1.1**

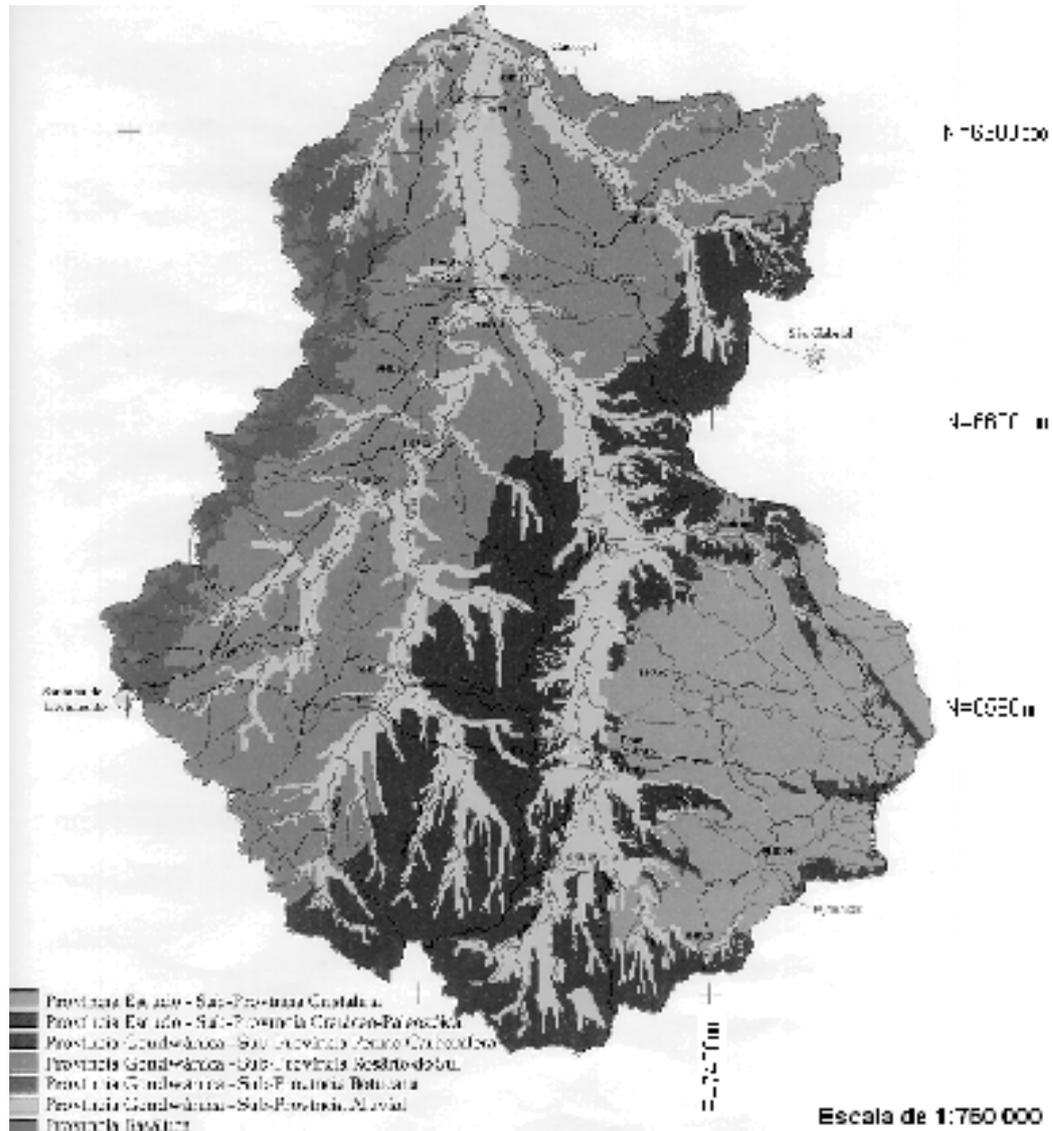
**0.1.2 Quadro 5 - Número de poços de acordo com a Formação Geológica por Município.**

Número de poços de acordo com a Formação Geológica por Município					
Formação	Santana do Livramento	Cacequi	Rosário do Sul	São Gabriel	Dom Pedrito
0.1.3 Serra Geral	81	-	04	00	-
Botucatu	136	-	07	00	-
Rosário do Sul	49	-	23	18	-
Estrada Nova	-	-	01	04	-
Rio Bonito	-	-	02	04	-
Palermo	-	-	00	01	-
Iratí	-	-	06	04	-
Cambai	-	-	00	01	-
Sem Informação	46	26	08	06	03



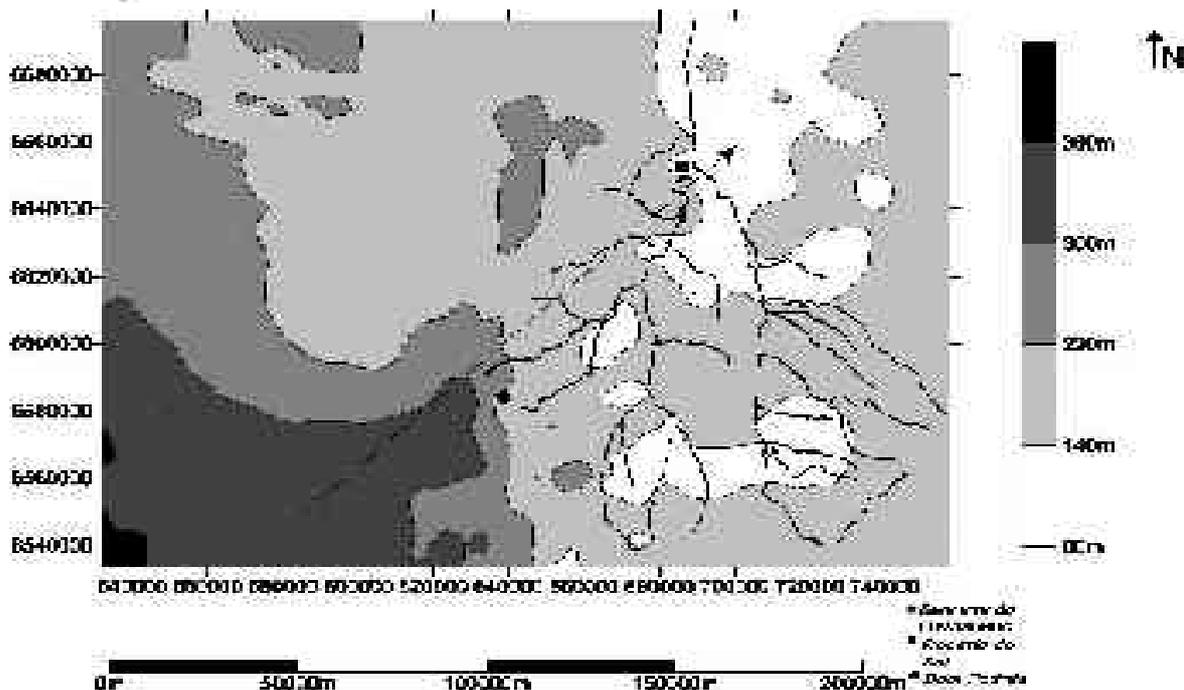
Fonte: Trabalho de Campo (2003).  
Org.: Autores.

**Figura 01 – Mapa Hidrogeológico da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria.**



Fonte: Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM (1973).  
Org.: Autores.

**Figura 02 - Cartograma da superfície potenciométrica uma direção aproximada de SO-NE.**



Escala Gráfica: 1:150.000

Origem da Quilometragem UTM "Equador e Meridiano 57° W. GR."

Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina

Datum Horizontal: SAD 69 - Minas Gerais

Fonte: Trabalho em Surfer 6.0 (2004).

Org.: Autores.

Estas observações indicam que a direção do fluxo subterrâneo serve para perenizar o curso dos rios subseqüentes, tais como o Rio Ibicuí da Armada e o Rio Santa Maria e seus afluentes, dispostos no *front* da Cuesta do Haedo (Müller Filho, 1970).

Em relação a Litologia, houve uma predominância de poços em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG), sendo 74 poços referentes à Formação Botucatu e 77 referentes a Formação Rosário do Sul, portanto 151 poços. Já a Formação Serra Geral (aquífero cristalino) de tipo fissural apresentou um total de 83 poços. Por outro lado, o somatório das Litologias areno-argilosas, ou com predominância de argilas, formando um Aquitardo, obteve-se: 04 poços na Fm. Estrada Nova; 04 na Fm. Irati; 06 na Fm. Rio Bonito e 01 na Fm. Palermo, perfazendo 15 poços penetrantes em Litologias Permo-Triássicas.

Apesar de suas nomenclaturas locais, cabe aqui salientar que estas unidades tem continuidade no Uruguai e, ainda que apresentando nomes diferentes, apresentam equivalência temporal de gênese. Dessa forma, as rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral são conhecidas como Fm. Arapey; a Fm. Botucatu como Fm. Tacuarembó e a Fm. Rosário do Sul equivale a Fm. Rivera constituída de arenitos médios, arenitos médios a finos, com menor participação de *psamitas* finas, apresentando comumente uma muito fraca silicificação Ferrando (1986) e Ferrando e Montaña (1986). A Formação Rosário do Sul é equivalente a Formação Pirambóia em outros estados brasileiros, como por exemplo no Estado de São Paulo e no Paraná.

## 5. CONCLUSÕES

As águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Santa Maria são utilizadas no abastecimento doméstico, irrigação de lavouras e em segundo plano o industrial. Além



disso, existem diversas fontes, em potencial, de contaminação, dentre os quais podemos citar os poços de combustíveis, distribuídos principalmente na área urbana, juntamente com os lava-jato e os depósitos de resíduos sólidos (lixões).

As fontes, em potencial, de contaminação podem afetar as águas subterrâneas e posteriormente poluir a bacia do Rio Santa Maria, pois vê-se na Figura 2 que a direção do fluxo subterrâneo serve para perenizar o curso dos rios subsequentes, tais como o Rio Ibicuí da Armada e o Rio Santa Maria e seus afluentes, dispostos no *front* da Cuesta do Haedo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Banco de Dados. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/topo.htm>>. Acesso em: 05 de Setembro de 2003.
- DNPM. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul** - Escudo Sul- Riograndense. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1989. Escala 1:5.000.000.
- ECERT, R. M. & GUGLIOTTA, A. P. Poços de água subterrânea construídos pela CPRM/Porto Alegre no RS, com Ênfase à Área Gondwânica. **Ciência & Natura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 1990. p. 119-122.
- FOSTER, S. S. D. Fundamental Concepts In Aquifer Vulnerability Pollution Risk An Protection Strategy. In: Conference On Vulnerability Of Soil And Graundwater To Polutants. **Anais...** Netherlands: Haya, 1987, p. 174-179.
- FOSTER, S. S. D. e HIRATA, R. C. **Determinação do Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas**: Um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, v. II, p. 67-92. 1993.
- GOVERNO abre guerra contra contaminações em poços de gasolina. **Abasinforma**, Porto Alegre, n. 106, p.12-13, set. 2000.
- HAUSMAN, A. Comportamento do Freático nas Áreas Basálticas do Rio Grande do Sul. **Boletim Paranaense de Geografia**, n.18/20, 215 p., 1966.
- HEATH C. R.. **Hidrologia Básica de Águas Subterrâneas**. Tradução de Mário Wrege e Paul Potter. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1983. 84p. Título original: United States Geological Survey, Water Supply Paper 2220.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de Dados. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 de Outubro de 2003.
- LABORATÓRIO DE GEOMÁTICA DA UFSM. Banco de Dados. Disponível em: <<http://rural.ccr.ufsm.br>>. Acesso em: 10 de Novembro de 2003.
- MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Santa Maria: Imprensa Universitária. 1970, 34 p.
- PRESOTTO, C. A.; DIAS, A; KIRCHNER, A; GARCIA, P. F. Projeto Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 1973. 236 p.
- ROSA FILHO, E. F.; FORLIN, M.; XAVIER, J. M. Informações básicas sobre a distribuição do sistema Aquífero Guarani nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. **A Água em Revista**: Revista Técnica e Informativa da CPRM, Porto Alegre, v.VI, n.10, p. 23-26, jun.1998.
- SILVÉRIO DA SILVA, J.L.; FLORES E. M.M.; BERTAZZO, V. M. Estudo Hidroquímico das águas subterrâneas da região de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul. In: XVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL. **Anais...** Porto Alegre: PUC, 2001. p. 10.
- SILVÉRIO, J. L. et al. Avaliação da Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, RS. **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Curitiba-PR, 23 a 27 Nov 2003. CD-ROM