

# AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA FLUTUAÇÃO DO NÍVEL FREÁTICO EM MICROBACIAS REPRESENTATIVAS

*José Luiz Silvério da Silva<sup>1</sup>; Edner Baumhardt<sup>2</sup>; Leonidas Luiz Volcato Descovi Filho<sup>3</sup>; Jussara Cabral Cruz<sup>4</sup>; Alessandro Salles da Silva<sup>5</sup> & Elizandra Mazieiro<sup>6</sup>*

**RESUMO** --- Atualmente vem crescendo o uso de florestas de eucaliptos implantadas para produção de celulose. Ainda existem muitos mitos com relação ao seu cultivo. Esta pesquisa visa apresentar dados preliminares realizados em duas bacias representativas com diferentes usos do solo. Ambas situam-se sobre áreas de recarga direta do Sistema Aquífero Guarani/SAG na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, no Município de Rosário do Sul em rochas da Formação Pirambóia, pertencente ao Bioma Pampa, em cotas altimétricas entre 130 a 155m. Executaram-se 5 poços de monitoramento visando medir flutuações do nível do lençol freático em aquífero livre. Na microbacia com campos sulinos 25 ha instalou-se um registrador automático de nível de água, com avaliações horárias e profundidade de 20m. Na área florestada 84 ha implantaram-se 4 poços entre 10 a 18m. Ambas as bacias representativas monitora-se as vazões de cursos de água em 2 vertedouros, as precipitações pluviométricas. Nos poços da área florestada avaliou-se com freatímetro sonoro, registrando-se os níveis das águas com frequência quinzenal, durante três avaliações. A faixa de variação média foi de 0,09 m a 0,98m na florestada. A direção do fluxo subterrâneo foi de SE-NW. Coletaram-se amostras de solos e rochas para avaliação das texturas.

**ABSTRACT** --- Today is growing the use forests established for production of eucalyptus pulp. Although there are many myths related to its cultivation. This research aims to present preliminary data on two representative watersheds with different land uses. Both are situated on Guarani Aquifer System/GAS direct recharge outcrops in the central region of Rio Grande do Sul state, southern Brazil in the municipality of Rosário do Sul. Pirambóia Formation in the main sedimentary rocks belonging to Paraná basin in, Pampa biome whose altimetric quotas are between 130 and 155 meters. Were executed five monitoring wells to measure the groundwater level in an unconfined aquifer. In the livestock (campos) use 25 hectares was installed one automatic levellogger and one barometric. This monitoring well was executed with 20 meters depth. In the forested area with 84 hectares were implemented four wells from 10 to 18 meters. Were measured the stream exploitation in two spillways and the rainfall. The groundwater levels in the forested area were evaluated using water level meter, fortnightly frequency. The average range was 0.09 m 0.98 m at forested area. The major direction of groundwater flow was Southwest to Northwest. Were collected samples from rocks and soils to texture evaluation.

Palavras-chave: monitoramento, balanço hídrico, SAG,

<sup>1</sup>) Professor Associado da UFSM, CCNE, Av. Roraima n.º.: 1000, 97105-900 Santa Maria. E-mail [silveriufsm@gmail.com](mailto:silveriufsm@gmail.com).

<sup>2</sup>) Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, CT, Av. Roraima n.º.: 1000, 97105-900 Santa Maria. E-mail [ednerb@gmail.com](mailto:ednerb@gmail.com)

<sup>3</sup>) Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, CT, Av. Roraima n.º.: 1000, 97105-900 Santa Maria. E-mail [leonprs@gmail.com](mailto:leonprs@gmail.com)

<sup>4</sup>) Professor Adjunto da UFSM, CT, Av. Roraima n.º.: 1000, 97105-900 Santa Maria, E-mail [jussaracabralcruz@gmail.com](mailto:jussaracabralcruz@gmail.com)

<sup>5</sup>) Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, CT, Av. Roraima n.º.: 1000, 97105-900 Santa Maria. E-mail [alessandromardini@gmail.com](mailto:alessandromardini@gmail.com)

<sup>6</sup>) Aluna do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, CT, Av. Roraima n.º.: 1000, 97105-900 Santa Maria. E-mail [elismazieiro@gmail.com](mailto:elismazieiro@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Guarani/SAG é um importante corpo hídrico subterrâneo transfronteiriço situado nos territórios da Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. O SAG ocupa parte de oito estados brasileiros RS (157.600 km<sup>2</sup>, SC 49.200 km<sup>2</sup>, PR 131.300 km<sup>2</sup>, SP 155.800 km<sup>2</sup>, MG 51.300 km<sup>2</sup>, MT 26.400 km<sup>2</sup>, MS 213.200 km<sup>2</sup>, GO 55.000 km<sup>2</sup>) perfazendo cerca de 840 mil km<sup>2</sup> PSAG (2008).

O plantio de florestas de eucaliptos para produção de celulose vem ocorrendo em diversos estados brasileiros como exemplo: no RS, SC, SP. No RS, segundo Baumhardt *et al.* (2008), três grandes empresas florestais plantarão juntas cerca de 300 mil hectares, fato esse que trás a necessidade de agregar conhecimento a real função hidrológica do eucalipto. O consumo de água durante as fases de crescimento da floresta implantada bem como o reabastecimento do subsolo ainda é pouco conhecido, sendo assim, esse fato gera muitos mitos em relação aos plantios de eucaliptos, tais como: “o cultivo de eucalipto seca o solo”, ou ainda, “o eucalipto esgota a fertilidade do solo”.

Nos estados do RS e SC a silvicultura ocupa áreas de afloramento do SAG as quais também podem ser consideradas de recarga direta através da precipitação pluviométrica.

Já na fronteira com o Uruguai entre os Departamentos de Rivera e Taquarembó existem várias florestas implantadas de eucalipto ocupando áreas de afloramentos do SAG folha H-7 (1985). De acordo com matéria da Gazeta Mercantil (31/10/2002) havia sido plantado 35.000 ha de florestas naquele país.

No Estado do Rio Grande do Sul o zoneamento para plantio de eucaliptos obedecem a uma faixa de fronteira de 150 km. Uma vez que o Município de Rosário do Sul foi licenciado para o plantio de florestas de eucaliptos em áreas de afloramentos do SAG, torna-se indispensável o conhecimento do consumo de água por uma floresta implantada através do balanço hídrico.

De acordo com Wendland *et al.* (2007) “tendo em vista a importância estratégica, social e econômica para os quatro países de domínio do SAG, faz-se necessário à ordenação do uso desse recurso hídrico”. Os autores salientaram que um dos pontos relevantes para a boa gestão dos recursos do SAG é a promoção de estudos hidrogeológicos vindo à determinação das taxas de recarga do sistema. A implantação de um sistema de monitoramento, que permita obter informações detalhadas sobre o estado atual em regiões específicas do SAG é imprescindível para o planejamento e gestão mais eficientes.

Almeida e Soares (2001, 2003) realizaram um monitoramento hidrológico de longa duração através da comparação entre o uso da água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. Concluíram que as estimativas a partir de

modelos hidrológicos para o cálculo do balanço hídrico demonstraram que as plantações de eucalipto se comparam à floresta nativa quanto a evapotranspiração anual e ao uso de água no solo.

Uma vez que o plantio de eucaliptos foi licenciado pela Fundação Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul no Município de Rosário do Sul em áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani, escolheu-se duas microbacias representativas para execução do monitoramento do nível da água subterrânea e execução de um balanço hídrico. As duas microbacias situam-se na folha topográfica de Rosário do Sul, na porção central do estado gaúcho, ou seja, a Depressão Central, na borda da Bacia do Paraná. A área em estudo é parte da Seção Hidrológica de Referência/SHR-15, seção definida para balanço hídrico com objetivo de outorga de direito de uso dos recursos hídricos para bacia de gerenciamento do Rio Santa Maria (Silveira *et al.* 2003). Pertencem ao Bioma Pampa ou campos sulinos. O Pampa, restrito ao Rio Grande do Sul, se define por um conjunto de vegetação de campo em relevo de planície IBGE (2004).

Atualmente existem diversos métodos para avaliar a recarga subterrânea dentre eles destacam-se autores tais como: Allison *et al.* (1978), Lerner *et al.* (1990), Healy e Cook (2002), Scanlon *et al.* (2002) e nacionais Maziero (2005), Barreto (2006) e Wendland *et al.* (2007).

O Método da Flutuação da Superfície Potenciométrica (WTF- Water Table Fluctuation) é a técnica mais amplamente usada para a estimativa da recarga. Embora este método seja aplicável aos aquíferos não confinados (livres=freáticos), ele requer o conhecimento do rendimento específico e das flutuações no níveis da água subterrânea em uma escala de tempo. Dentre as vantagens desta técnica é ser simples na execução e ser sensível aos mecanismos do movimento da água na zona não-saturada (vadosa) Healy e Cook (2002). Estes autores ainda consideram-na uma estimativa precisa da recarga e de vital importância para a gestão adequada de um aquífero.

Dentro desse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar um sistema de monitoramento de águas subterrâneas que está sendo implantado em duas micro-bacias, uma florestada e outra com uso pecuário, numa área de campo; ambas no bioma pampa, que já contam com monitoramento de águas superficiais. O monitoramento apresentado visa dar subsídios a compreensão dos impactos da silvicultura nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos em áreas de bioma pampa.

## **MICROBACIAS ESPERIMENTAIS**

Desde Setembro de 2008 foram instrumentadas duas microbacias hidrográficas representativas, em zona de afloramento do SAG na região central do Estado do Rio Grande do Sul inserido no Bioma Pampa no Município de Rosário do Sul.

Realizou-se a comparação entre duas microbacias hidrográficas representativas, a primeira na fazenda São Carlos, apresenta campo com uso de pecuária extensiva numa área de campo de 25 ha.

A segunda microbacia é florestada, coberta por plantio de eucaliptos com cerca de três anos e meio, para produção de celulose, licenciado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/FEPAAM, com área de 84 ha na Fazenda “Estância Tarumã” pertencente a multinacional Stora Enso, distanciadas 16 km. Em ambas as microbacias estão sendo realizadas medições de vazões. Incluem-se também medições de precipitação pluviométrica (dois Pluviômetros *Ville de Paris*) e ainda a instalação de 16 interceptômetros na área florestada com eucaliptos.

No mês de abril de 2009 foram perfurados cinco poços de monitoramento de nível de águas para instalação de medidores de nível de água subterrânea do tipo transdutores de pressão equipados com *datalogger*, bateria, sensor de nível e de temperatura do tipo *Levellogger Junior Solinst*<sup>®</sup>. O poço piloto (P1) a ser testado com o equipamento em poços foi perfurado em profundidade de 20m em arenitos pertencentes a Formação Pirambóia do Grupo Rosário do Sul CPRM (2008). Neste poço o monitoramento o equipamento foi programado para registro de nível da água a cada uma hora, iniciando-se em 17 de abril de 2009.

Na microbacia florestada com plantio de eucaliptos executaram-se quatro poços de monitoramento com profundidade entre 10 e 18 metros. Um deles, (P4, 10 m de profundidade) próximo do curso de água distanciado cerca de 30 metros do P3 (12 m de profundidade) que fica na intersecção eucalipto Área de Preservação Permanente (APP). Os dois poços dentro da área florestada foram perfurados com profundidades de 18m (P2) e 15 m (P5). Após a finalização dos poços de monitoramento, as paredes externas da cabeça do poço e a laje de proteção formam pintadas com tinta à base de epóxi (NBR 12.244/2006) e registrados os níveis da água. O período utilizado para registro inicial das informações foi entre 08/05/2009 (primeiro registro considerado, trinta dias após a perfuração ter sido concluída) coincidindo com período de estiagem no Sul do Brasil. O segundo registro realizado com Freatímetro Jaciri sonoro, ocorreu em 21 de maio do corrente após ter ocorrido no período uma precipitação acumulada de 56,5 mm na microbacia de campo (pecuária) e de 59,8 mm na microbacia florestada em relação ao dia 08/05. A terceira avaliação ocorreu em 05/06/2009 com uma chuva acumulada de 43,7 mm na microbacia florestada e 43 mm na microbacia de campo, como mostra o quadro 1. Portanto foram realizadas três avaliações de medições de nível, com uma frequência quinzenal na área florestada. Desta maneira, o período de avaliação deu-se entre 17 de abril até o registro em 05 de junho do corrente para discussão e apresentação neste evento. As medições continuarão por vários anos nestas duas áreas gerando-se uma série histórica de dados de nível de águas subterrâneas e de avaliação de rio-aquífero.

Quadro 1: Precipitação pluviométrica acumulada nas microbacias representativas

Período Considerado	Precipitação acumulada pluviométrica (mm)	
	Campo	Floresta
17 abril a 08 maio	5,6	6,7
08 maio a 21 maio	56,5	59,8
21 maio a 05 junho	43,0	43,7

Foram coletadas amostras de calha em profundidades de dois em dois metros em todos os poços buscando-se identificar a textura e os constituintes das rochas sedimentares clásticas penetradas durante a perfuração dos poços de monitoramento. Realizou-se a descrição macroscópica da textura das partículas e também uma avaliação de existência plasticidade. Buscou-se com as amostras de calha realizar uma análise granulométrica estimativa através do peneiramento da fração areia e de pipetagem da fração silte + argila. Esta atividade foi realizada no Laboratório de Sedimentologia da Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências. Também foram coletados em campo e avaliados no laboratório a textura de uma amostra de rocha sedimentar em afloramento e seu solo *in situ*.

A figura 1 imagem da esquerda, ilustra-se a descrição dos materiais recolhidos no perfil do poço (P1) na microbacia de campo. Na primeira coluna faz-se a descrição da textura da rocha ao tato manual e uso de água buscando-se identificar a plasticidade do material constituinte. Na coluna do meio ilustra-se a amostra coletada propriamente, e na coluna da direita, apresentam-se as cores impregnadas em folha branca para mostrar as variações de croma das amostras úmidas no perfil e registrados em imagens (JPEG).

Esse procedimento foi realizado para os cinco poços de monitoramentos perfurados de acordo com as Normas técnicas da ABNT, NBRs 12.212/2006 e 12.244/2006, utilizando-se tubos de plástico de diâmetro 40 mm, protegidos com laje sanitária em concreto, numerados e pintados de cor amarela, para facilitar a visualização e evitar acidentes. Todos foram protegidos com tubo em concreto com diâmetro de 0,40m, tampados (figura 1 imagem da direita). Lateralmente instalou-se um cano plástico PVC ranhurado para facilitar as trocas de pressão internas e o ar atmosférico uma vez que também utiliza-se equipamentos de calibração do nível da água, o qual realiza medições de pressão em *Barologger Solinst*<sup>®</sup>. O monitoramento realizado com os sensores registra as informações com frequência de hora em hora as quais podem ser posteriormente transferidas para *notebook* através de cabo conector utilizando-se o programa específico do equipamento.

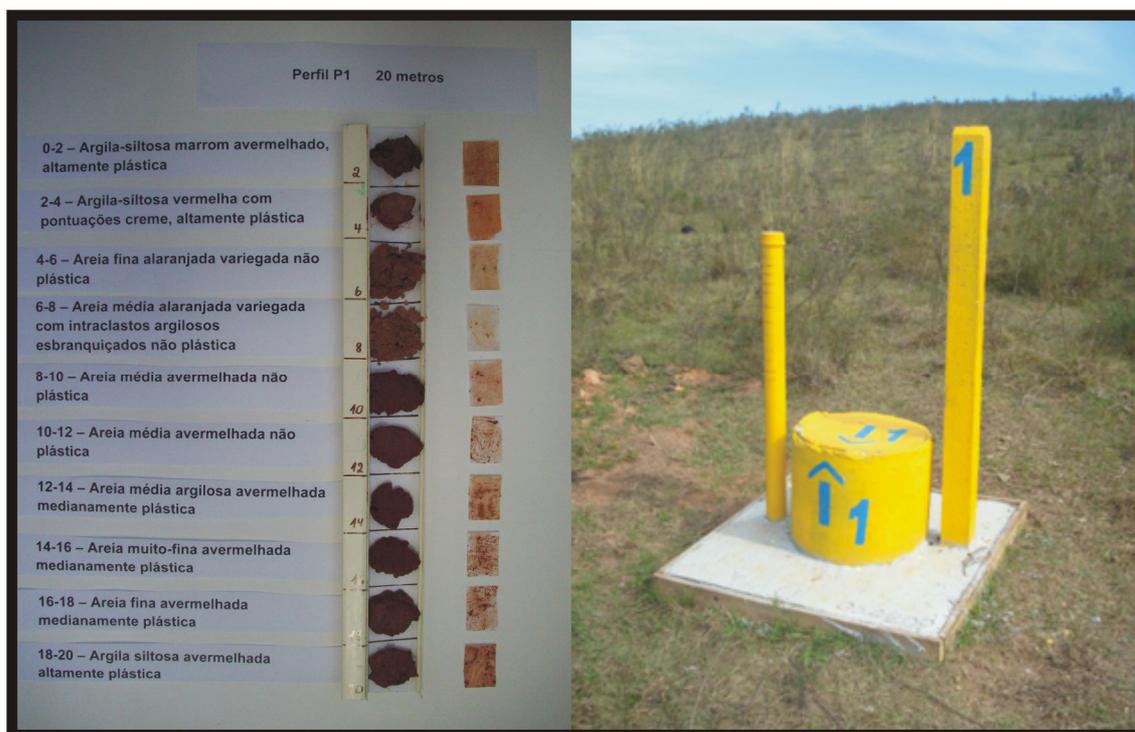


Figura 1 – Imagem da esquerda perfil do poço de observação P1 com 20 metros de profundidade. Imagem da direita poço de observação P1 executado próximo do curso de água em profundidade de 20m, cota altimétrica na boca do poço 132m. Área de campo, bioma pampa.

Obtiveram-se as coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) datum SAD-69 (South American Datum ano 1969) com uso do aparelho manual GPS Map 76 CSX Garmim com ajuste de calibração em ponto cotado e erro máximo de dois metros. Utilizou-se como base cartográfica a carta topográfica do Exército Brasileiro Folha de Rosário do Sul SH. 21-Z-B-II-3 Mapa Índice MI – 2980/3 escala 1: 50.000, datum Córrego Alegre georreferenciada e transformada para SAD-69 UTM, Meridiano central 57°W de Greenwich fuso 21, com uso do programa ArcGIS 9.3 desenvolvido pela ESRI.

O monitoramento das bacias incluiu registros de informações da precipitação pluviométrica em pluviômetros, instalados nas fazendas por pessoal treinado para esta finalidade desde Fevereiro de 2009.

Ainda sendo realizadas medições em dois vertedores triangulares de 90°, dispostos no exutório de cada microbacia representativa em avaliação, bem como coletadas amostras de água de chuva com uso de 16 interceptômetros instalados na microbacia florestada com plantio de eucaliptos para avaliação da interceptação. Utilizou-se garrafas PET de volume 2 litros, previamente *taradas*.

Para análise das informações preliminares do monitoramento dos poços, procedeu-se a espacialização das informações registradas em cartogramas gerados com uso do Programa SURFER 8.0 com o objetivo de avaliar a direção preferencial do fluxo subterrâneo. A figura 2 imagem

superior foi simulada a partir de informações da superfície potenciométrica obtida dos poços de observação (P2, P3, P4 e P5) em 08 de maio, a imagem em posição intermediária foi simulada com dados coletados em 21 de maio e, a figura inferior foi obtida a partir da simulação de dados coletados em 05 de junho do corrente. Para o cálculo da superfície da superfície potenciométrica utilizou-se a cota altimétrica na boca do poço obtida com GPS subtraindo-se o nível da água do dia em análise.

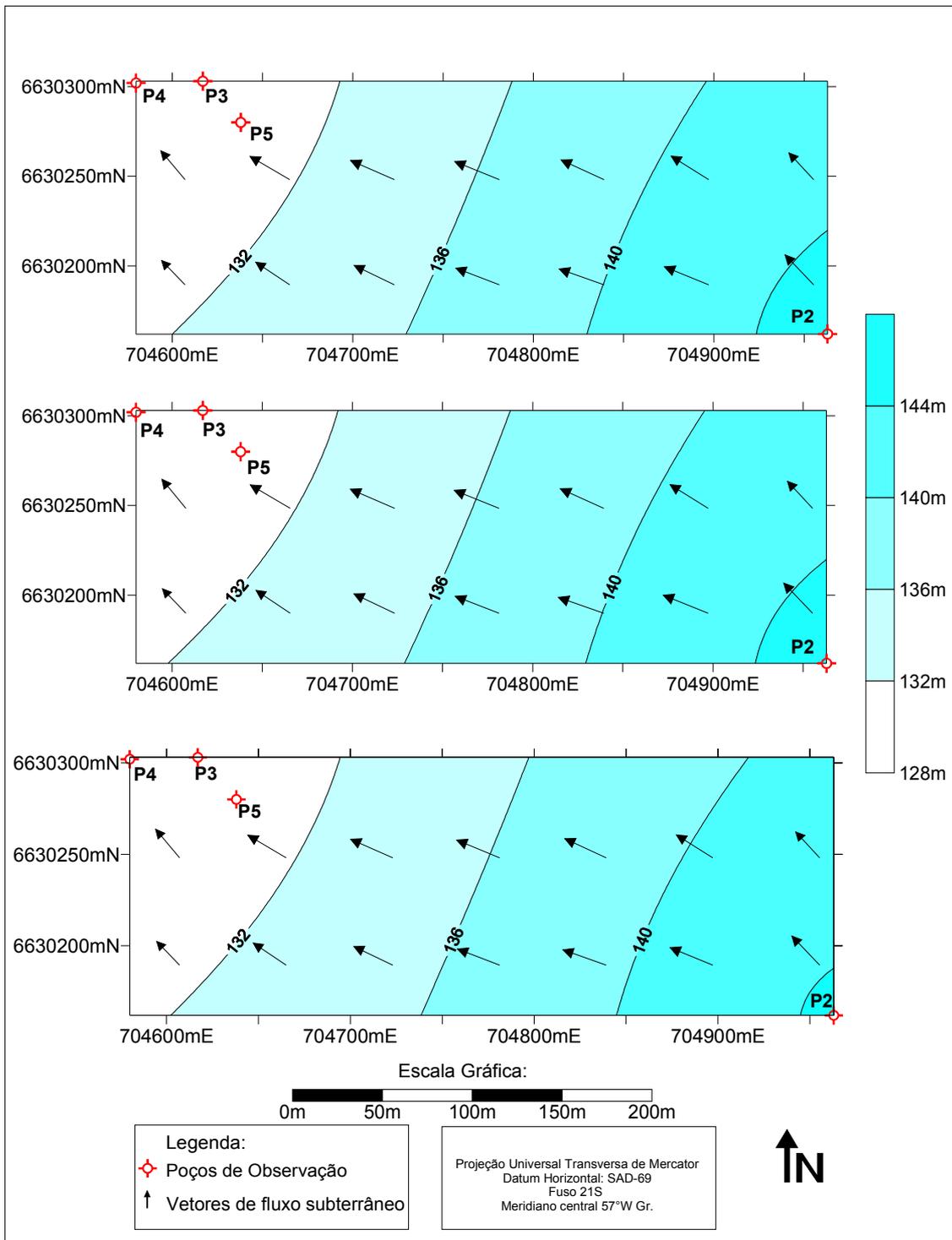


Figura 2 – Cartograma dos poços de observação P2, P3, P4 e P5 em microbacia florestada, com uso do programa SURFER 8.0.

Observa-se na figura 2 que ocorreu uma pequena flutuação na superfície potenciométrica registrada entorno do poço P2, situado em cota mais elevada 155 m. Conclui-se que existe um fluxo preferencial de direção sudeste para noroeste contribuindo para a manutenção do fluxo de base do curso de água secundário e também para o curso de água principal, mantido pela vegetação ripária ilustrado na figura 3.

Esta figura foi gerada utilizando-se o programa ArcGis 9.3, adicionando-se o aerofotograma georreferenciado em datum SAD-69, obtido no ano de 2005, antes do plantio da floresta de eucaliptos. Posteriormente sobrepôs-se os planos de informações pontuais representando as vetores de direção do fluxo subterrâneo preferencial e a alocação dos poços de observação (P2, P3, P4 e P5). As direções de fluxo subterrâneo foram simuladas com uso do programa SURFER 8.0, ilustrados na figura 3.

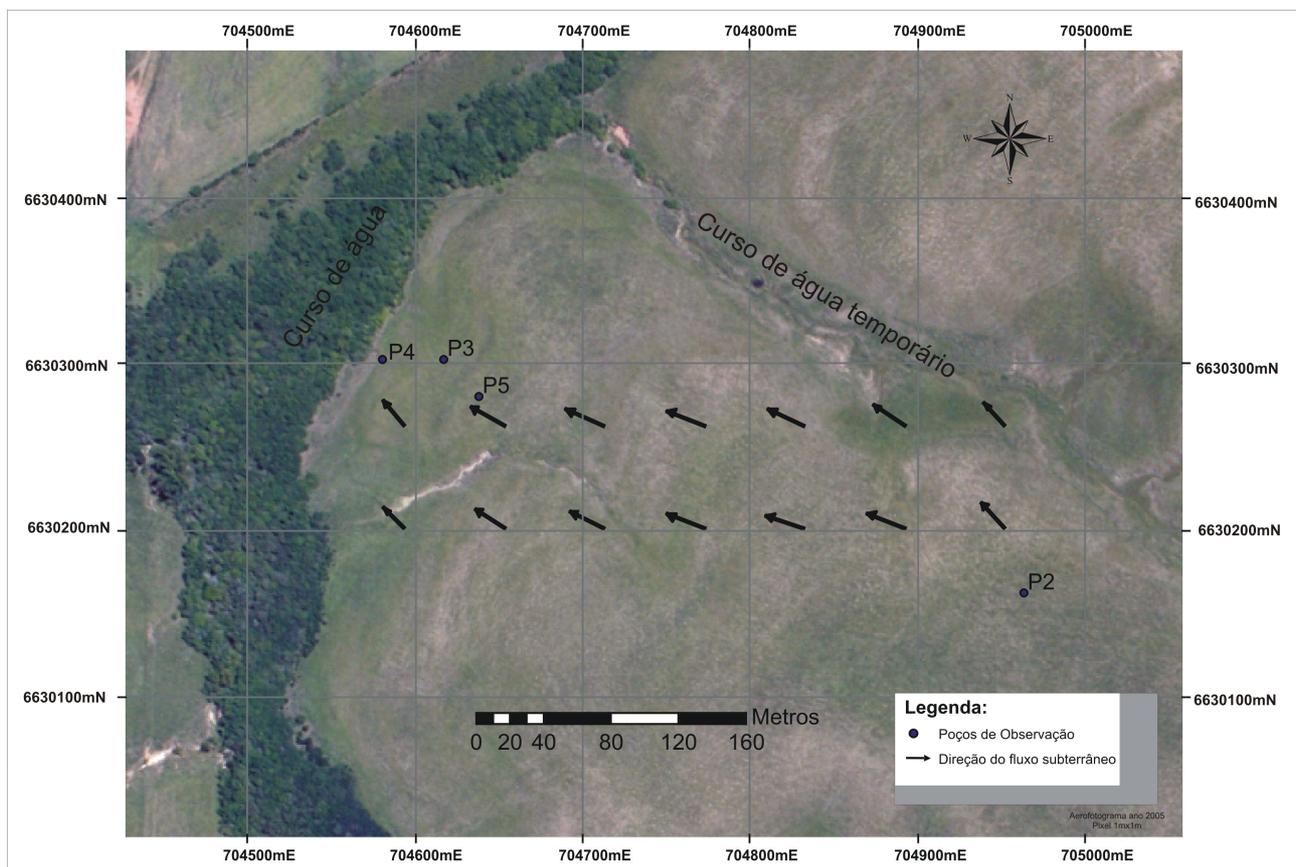


Figura 3 – Ilustra o sentido preferencial do fluxo subterrâneo na área florestada com eucaliptos aerofotograma ano 2005 1mx1m de resolução de pixel.

Nesta pesquisa será utilizada para avaliação da recarga subterrânea o método de Flutuação da Superfície Potenciométrica (WTF- Water Table Fluctuation) Healy e Cook (2002). Segundo esses autores o método *WTF* está baseado na premissa na qual o nível da água subterrânea em aquíferos

não confinados, relaciona-se a recarga de água que atinge o lençol freático. O Coeficiente de Armazenamento (S) a ser utilizado provisoriamente, foi adotado originalmente a partir do trabalho de Sracek e Hirata (2002) os quais estimaram para o Sistema Aquífero Guarani valores da ordem de  $4 \times 10^{-5}$  a  $2 \times 10^{-4}$  para o Estado de São Paulo.

## DISCUSSÃO

Os materiais geológicos constituídos por rochas sedimentares clásticas foram considerados pertencentes ao Grupo Rosário do Sul (Formação Rosário do Sul= Formação Pirambóia) CPRM (2008) constituído por arenitos finos, argilosos, micáceos e bem consolidados, siltitos arenosos e argilosos, estratificação cruzada acanalada e planar. Já os tipos de características dos sistemas aquíferos: as litologias arenosas de granulometria muito fina, argilosas resultam em permeabilidade baixa. Trata-se de um aquífero proporcionando baixas vazões nos poços. A água é de boa qualidade CPRM (1994). Na amostra de solo superficial coletada na área florestada, obteve-se como resultado da análise granulométrica 79,13% da fração areia; 10,64% da fração silte e 10,23% da fração argila, sendo que 42% da amostra ficou retida na fração areia muito fina, portanto, considerou-se como textura, franco arenosa fina.

Durante a execução dos trabalhos, não se procedeu a extração de água para avaliação de parâmetros de qualidade, buscando-se desta maneira não influenciar na variação do nível da água nos poços de monitoramento. Executou-se uma avaliação dos cursos de água superficiais através do uso de sondas multiparâmetros, Horiba D-55 para pH, O.D. e Temperatura da água (°C) e a Condutividade Elétrica, através de condutivímetro Hanna HI-93000. No dia 08 de maio de 2009 (período de outono no sul do país), os parâmetros dos cursos de água obtidos em campo estão ilustrados no quadro 2.

Quadro 2: Parâmetros físico-químicos de águas superficiais Maio 2009

Uso	pH	O.D. (mg.L <sup>-1</sup> )	Temp. H <sub>2</sub> O (°c)	C.E. (µS.cm <sup>-1</sup> )	STD (mg.L <sup>-1</sup> )
Campo	7,01	2,40	20	543	353
Florestada	7,73	0,95	14	538	350

Os Sólidos Totais Dissolvidos/STD em (mg.L<sup>-1</sup>), foram obtidos pela multiplicação da condutividade elétrica, expressa em (µS.cm<sup>-1</sup>), por uma constante 0,65 Feitosa e Manuel Filho (1997). Portanto se obteve nas duas áreas águas doces, de acordo com Resolução CONAMA

nº357/2005, e quanto ao pH, a área com uso campo possui caráter neutra, e na área com plantio de eucaliptos apresentou caráter levemente alcalina.

As cotas altimétricas da boca dos poços de monitoramento podem ser observadas no quadro 3 e obtidas para avaliações da direção dos fluxos subterrâneos. Notar que a faixa de variação das cotas altimétricas situou-se entre 155m no Poço (P2) a 130m no (P4), o que confirma com a unidade geomorfológica Planície pertencente ao Bioma Pampa IBGE (2004). As cotas altimétricas dos dois vertedouros foram semelhantes, 127m na bacia hidrográfica representativa com área de campo e uso pecuária e 126m na bacia representativa de floresta implantada, com uso de eucaliptos.

Quadro 3: Parâmetros dos poços de monitoramento executados.

	Coletas de níveis água (m)			Faixa de variação (m)	Média	Uso do solo	Distância ao corpo de águas (m)	Distância ao vertedouro (m)	Cota da boca do poço (m)	Superfície Potenciométrica (m) acima do datum
	8/mai	21/mai	5/jun							
<b>P1</b>	3,36	3,46	3,39	0,10	3,40	Área aberta x campo	20,10	20,10	132,0	128,60
<b>P2</b>	9,28	9,28	10,26	0,98	0,61	Florestada	100,00 <sup>©</sup>	423,25	155,00	145,39
<b>P3</b>	3,51	3,45	3,40	0,11	3,45	Área aberta x campo	52,09	52,09	132,0	128,55
<b>P4</b>	1,79	1,70	1,62	0,17	1,70	Área aberta	15,52	15,52	130,0	128,3
<b>P5</b>	4,91	4,87	4,82	0,09	4,87	Florestada	74,49	74,49	135,0	130,13

©- Indica a distância obtida em relação a um curso de águas lateral, tomada em direção perpendicular.

Observou-se que a maior variação de nível de água ocorreu no Poço P2 instalado em área florestada com plantio de eucaliptos, localizado no ponto de cota mais elevada ilustrado nas figuras 2 e 3.

Na figura 3 observa-se a direção do fluxo subterrâneo de sudeste para noroeste simulada no programa Surfer 8.0 e transformada em plano de informação *shapefile* e adicionada ao programa ArcGis 9.3, sobrepondo ao *shape raster* do aerofotograma da área florestada do ano de 2005. Observa-se que o fluxo subterrâneo de direção sudeste noroeste contribui para o nível de base dos cursos de água captados pelo vertedouro avaliado.

O poço P1 pertencente a bacia de campo, apresentou uma variação de nível entre 3,31 e 3,36 metros figura 4. O período avaliado foi entre 17 de abril a 05 de junho de 2009, respectivamente dias 01 e 49 da figura 4 eixo (x). Os registros de nível de água foram obtidos a cada hora.

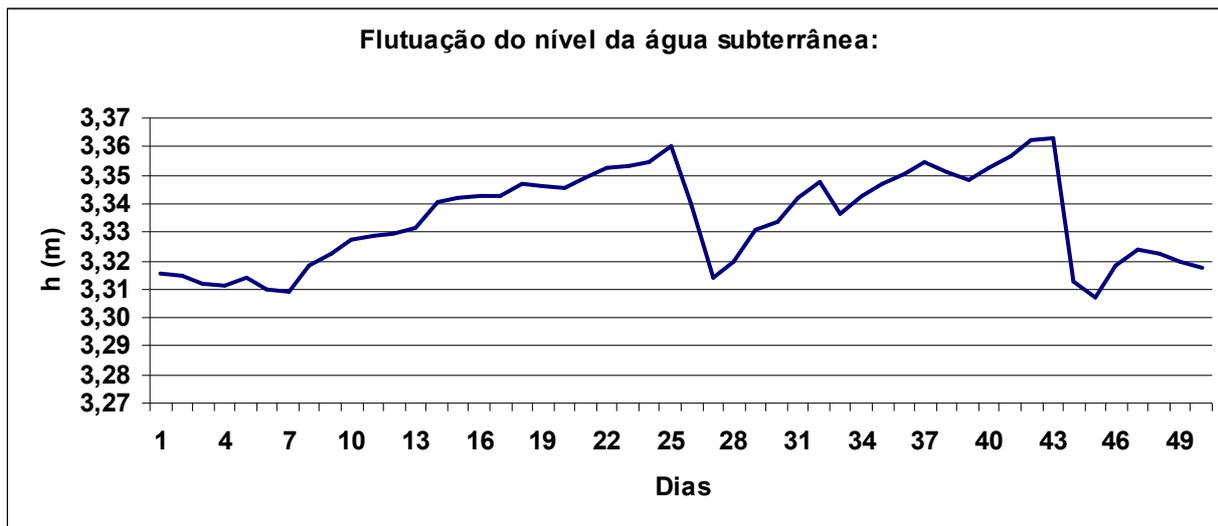


Figura 4- Flutuação do nível da água do lençol freático no poço P1, microbacia de campo.

Utilizando-se o modelo WTF Healy e Cook (2002) para estimativa de recarga (R) do aquífero no período avaliado conforme a equação 1, tem-se:

$$R = \frac{S_y \cdot \Delta h}{\Delta t} \quad \text{onde,} \quad (1)$$

O R é a recarga do aquífero e considerando-se para o coeficiente de armazenamento ( $S_Y$ ) do SAG os valores disponibilizados por Sracek e Hirata (2002)  $4 \times 10^{-5}$  a  $2 \times 10^{-4}$  pode-se estimar como recarga no aquífero não-confinado na microbacia de campo em Rosário do Sul-RS valores de:

$$\text{Mínimo, } R = S_Y \Delta h / \Delta t = (4 \times 10^{-5}) \times 0,05 \text{m} / 49 \text{dias} = 0,00000004 \text{ m/dia}$$

$$\text{Máximo, } R = S_Y \Delta h / \Delta t = (2 \times 10^{-4}) \times 0,05 \text{m} / 49 \text{dias} = 0,00000204 \text{ m/dia}$$

De acordo com o mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul elaborado por Machado e Freitas (2005), os aquíferos penetrados, apresentam média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular. O sistema aquífero Sanga do Cabral/Pirambóia compõe-se na área avaliada de camadas siltico-arenosas avermelhadas com matriz argilosa e arenitos finos a muito finos. As capacidades específicas são muito variáveis, em geral entre 0,5 e 1,5 m<sup>3</sup>/h/m. A partir da observação de poços tubulares perfurados próximos da área do estudo, cadastrados pelo SIAGAS/CPRM (2009), observou-se uma variação no nível estático entre 12 a 36 metros quadro 4. As vazões situam-se entre 1,32 até 5 m<sup>3</sup>/h e as vazões específicas entre 0,05 até 0,5 m<sup>3</sup>/h/m. Em poço tubular perfurado na fazenda São Carlos, o nível da água obtido foi de 9,48 metros, sem encontrar-se descrição de perfil geológico. Informações referentes a capacidade de armazenamento do aquífero penetrado não foram registradas ainda. Estas deverão ser obtidas na seqüência dos trabalhos de pesquisa.

Quadro 4: Poços tubulares cadastrados pelo SIAGAS/CPRM 2009 na área de estudo.

Nº SIAGAS	N.E. (m)	Vazão (m³/h)	Vazão esp. (m³/h/m)	Prof. (m)	Litologia	Formação Geológica
4300001306	23,5	1,32	0,05	55	0-5 Ar. Argiloso	Rosário do Sul
					5-25 Ar. Fino	
					25-55 Ar. Fino	Estrada Nova
4300009305	12,0	2,0	0,20	50	0-50 Ar. Médio	?
4300009306	36,0	2,0	0,50	50	0-41 solo	
					41-50 basalto	Serra Geral (dique?)
4300009307	16,0	5,0	x	82	0-1 Solo Argiloso	Botucatu
					1-15 Ar. Fino	
					15-40 Ar. Médio	
					40-82 Basalto	Serra Geral (dique?)

## CONCLUSÃO

Observou-se que houve flutuação do nível do lençol freático em aquífero livre pertencente ao Sistema Aquífero Guarani na região central do Estado do Rio Grande do Sul, comparando-se duas microbacias representativas com usos florestada com eucaliptos e de campo com pecuária extensiva.

Mesmo num período pequeno de avaliação pode-se notar, comparando-se as duas microbacias, que houve uma flutuação maior do nível da água subterrânea na área florestada, tomando-se como relação os poços P1 e P4, ambos localizado próximo a cursos de águas.

Observou-se que na área florestada a direção do fluxo subterrâneo foi de sudeste para noroeste contribuindo para o nível de base do curso de água avaliado em área de vegetação ripária pertencente à Área de Preservação Permanente.

Desta maneira, o período de avaliado até o presente momento demonstra que ocorreram registros e que estes serão aprimorados através de medições que continuarão por vários anos nestas duas microbacias representativas e gerarão uma série histórica de dados de nível de águas subterrâneas e de avaliação de rio-aquífero. Estas informações serão úteis para a realização dos balanços hídricos incluindo-se o consumo de água na área florestada com eucaliptos. Assim gerando-se subsídios consistentes para os órgãos licenciadores e gestores dos recursos hídricos subterrâneos.

Esses resultados preliminares demonstram, portanto, a utilidade e a validade da instrumentação de bacias experimentais para estudos do comportamento das águas em função dos diferentes usos do solo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo financiamento de parte dessa pesquisa através do Projeto BEFLORESTA concedido pelo Edital Universal 2007 tendo a Prof. Dra. Jussara Cabral Cruz como beneficiária.

Além disso, agradecemos ao Sr. Ildo Spanevello (proprietário da área de campo) e a Stora Enso (multinacional proprietária da área florestada) pelo apoio irrestrito aos diversos estudos que a UFSM vem conduzindo em suas propriedades.

E ao projeto FINEP/CT-HIDRO (2008-2011), coordenado na UFSM pelo Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva, pelo auxílio financeiro e bolsa DTI.

## BIBLIOGRAFIA

ALLISON, G. B.; HUGHES, M. W. (1978). *“The use of environmental chloride and tritium to estimate total local recharge to an unconfined aquifer”*. Australian Journal Soil Res. 16, pp.181-195.

ALMEIDA, A. C. e SOARES, J. V. (2001). *“Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing Eucalyptus plantation in Brazil”*. Journal of Hydrology 253: pp.130-147.

ALMEIDA, A. C. e SOARES, J. V. (2003). *“Comparação entre uso de água em plantações de Eucalyptus grandis e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil”*. R. Árvore, Viçosa-MG. V.27. pp. 159-170.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS/ABNT. (2006). *“NBR 12212: Projeto de poço para captação de água subterrânea”*. Rio de Janeiro, 10 p.

\_\_\_\_\_.(2006). *“NBR 12244: Construção de poço para captação de água subterrânea”*. Rio de Janeiro, 10 p.

BARRETO, C. E. A. G. (2006). *“Balanço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em Bacia Representativa”*. Dissertação de Mestrado, USP, São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. p. 149 + apêndices.

BAUMHARDT, E. ; MAZIERO, E. ; CRUZ, J. C. ; CRUZ, R. C. ; SILVA, J. C. M. ; FRANTZ, C. F. (2008). *“A questão da vegetação ripária em situação de mudança de uso do solo: o caso da silvicultura na metade sul do RS”* In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008, Salvador, BA. ANAIS do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste,

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS/CPRM. (1994). *“Mapa Hidrogeológico da Folha de Santa Maria”* (SH.22-V-C-IV). Escala 1:100.000.

COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS/CPRM (2008). *“Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul”*. Programa Geologia do Brasil. Integração,

Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais Escala de 1: 750.000, CD-ROM.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE/CONAMA (2005). “Resolução no 357” de 13 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água. Substitui a Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo Brasília, DF.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXERCÍTO/DSG (1979). “Carta Topográfica: Folha de Rosário do Sul” (SH.21-Z-B-II/3). Porto Alegre, (Escala 1:50.000).

ESRI (2008). ArcGIS 9. What is ArcGIS 9.3? Redlands, CA: ESRI, 130 p.

FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J. (1997). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza: Editora Gráfica LCR, 389p.

GAZETA MERCANTIL (2009). Alessandra Bellotto/ Uruguai investe em reflorestamento. Página B16- do Panorama Setorial. Disponível em [HTTP://www.ipef.br/servicos/clipping/view.asp?Id=86](http://www.ipef.br/servicos/clipping/view.asp?Id=86). Acesso em 25 de maio de 2009.

GOLDEN SOFTWARE Inc. (2004). “SURFER 8. Contouring and 3D surface mapping for scientists and engineers. User’s Guide”. Versão 8. Colorado - U.S.A.

HEALY, R. W. and COOK, P.G. (2002) Using groundwater level to estimate recharge. *Hydrogeology Journal* 10:91-109.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/IBGE (2004). Comunicado Social (21 de maio de 2004) “Mapa de Biomas e de Vegetação” Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_impressao.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=169) Acesso em 02 de maio de 2009.

LERNER, D. N. ISSAR, A. S.; SIMMERS, I. (1990). “Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge”. *International Contributions to Hydrogeology*. Vol. 8. International Association of Hydrogeologists, Verlag Heinz Heise.

MACHADO, J. L. F. e FREITAS, M. A. (2005). “Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final”. Porto Alegre: CPRM, 65p.: il.; mapa.

MAZIERO, T. A. (2005). “Monitoramento de água subterrânea em Área Urbana: Aspectos Quantitativos”. Dissertação de Mestrado, USP, São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. PROJETO PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI/PSAG (2008). Disponível em: <http://www.sg-guarani.org>. Acesso em 13 de dezembro de 2008.

SCANLON, B.R.; HEALY, R.W.; COOK, P.G. (2002). “Choosing appropriate techniques for quantifying ground water recharge”. *Hydrogeology Journal* 10:18-39.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS/SIAGAS. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/CPRM (2009). Disponível em: <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp?w=1024&h=764&info=1> Acesso em: 07 Abril 2009.

SRACEK, O.; HIRATA, R. (2002). “*Geochemical and Stable Isotopic Evolution of the Guarani Aquifer System in the State of São Paulo, Brazil*”. Hydrogeology Journal, 10, 643 – 655.

URUGUAY, Servicio Geográfico Militar. (1985). Carta del Ejército escala 1:50.000, impreso en la imprenta del Ejército, primera edición. Octubre de 1985;

SILVEIRA G. L.; CRUZ, J. C.; SILVÉRIO da SILVA, J. L.; CRUZ, R. C. SILVA, C. E. (2003). “*Desenvolvimento de Ações para a implantação da outorga na Bacia do Rio Santa Maria*”. UFSM/DRH/SEMA/RS. Convênio nº02/2002. Relatório Técnico 1.

WENDLAND, E.; BARRETO, C.; GOMES, L. H.; PAIVA, J. B. D. (2007). “*Balanço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa*”. In: Acuífero Guarani: avances em el conocimiento para su gestión sustentable. Org. por AMORE, L.; SANTA CRUZ, J. N.; MANGANELLI, A.; MONTES, R. Primera edición. Montevideo, p. 139-155.