

MODELO CONCEITUAL PRELIMINAR DE CIRCULAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO AQUÍFERO SERRA GERAL, RIBEIRÃO PRETO, SP

Amélia J. Fernandes¹, Carlos Maldaner², Ingo Wahnfried², Luciana M.R. Ferreira¹, Márcia M. N. Pressinotti¹, Cláudia Varnier¹, Mara A. Iritani¹, Ricardo Hirata²

RESUMO

Existem evidências de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG), através da Formação Serra Geral, nas vizinhanças da área de afloramento do SAG, onde cidades economicamente muito desenvolvidas estão instaladas, no Estado de São Paulo. Estas cidades são abastecidas por água subterrânea do SAG e, ao mesmo tempo, constituem uma ameaça para este recurso tanto em termos de quantidade como de qualidade. Este trabalho faz parte de uma pesquisa em andamento cujo objetivo principal é caracterizar os parâmetros hidráulicos dos caminhos preferenciais de fluxo de água subterrânea através dos basaltos do Aquífero Serra Geral (ASG), os quais devem constituir a ligação entre o SAG e a superfície. Os métodos empregados na pesquisa são: mapeamento geológico de detalhe, levantamento detalhado de fraturas e análise tectônica, geofísica de superfície e de poço, testes hidráulicos, testes com traçadores, e análises hidroquímica e isotópica. Este trabalho apresenta um modelo conceitual preliminar de circulação da água no ASG, o qual é baseado em mapeamento geológico, no levantamento preliminar de fraturas tectônicas e em dados de poços cadastrados. Conclui-se que os principais caminhos de circulação correspondem principalmente a fraturas subhorizontais, geradas durante o resfriamento dos basaltos, e a fraturas tectônicas subverticais que, provavelmente, conectam a superfície aos arenitos do SAG.

PALAVRAS –CHAVE: Aquífero Serra Geral, Ribeirão Preto, aquífero fraturado

ABSTRACT

There is evidence of vertical recharge of the Guarani Aquifer System (SAG), through the Serra Geral Formation, in the vicinity of the SAG outcropping area, where greatly economically developed cities are settled in the State of São Paulo. These cities are supplied by groundwater of the SAG and, at the same time, constitute a threat to this resource in terms of both quantity and quality. This work is part of an ongoing research¹ whose main goal is to characterize the hydraulic parameters of the preferential pathways of groundwater flow through the basalts of Serra Geral Aquifer (ASG), which constitute the linkage between the SAG and the surface. The employed methods consist of detailed geological mapping, detailed fracture survey and analysis of tectonic structures, surface and well geophysics, hydraulic tests, tracer tests, and hydrochemical and isotopical analysis. This work presents a conceptual model for the circulation of groundwater in ASG, which is based on geological mapping, tectonic fracture survey and pre-existent well data. It is concluded that the main pathways for groundwater circulation in the basalts correspond mainly to subhorizontal fractures, related to the cooling process of the basalts, and to subvertical tectonic fractures that probably constitute the linkage between the surface and the sandstones of the SAG.

KEYWORDS: Serra Geral Aquifer, Ribeirão Preto; fractured aquifer

¹Instituto Geológico/SMA-SP, ²Instituto de Geociências/IGc-USP

1 - Introdução

A área estudada insere-se em faixa de afloramento do Aquífero Serra Geral (ASG), mais especificamente no município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, onde o Sistema Aquífero Guarani (SAG) (formações Botucatu e Pirambóia) aflora ou encontra-se parcialmente confinado pela Formação Serra Geral. Este município foi escolhido por ser o mais populoso do Brasil totalmente abastecido por mananciais subterrâneos, e também o que apresenta a maior quantidade de informações hidrogeológicas disponíveis.

O entendimento e a quantificação do fluxo vertical através dos basaltos, resultando em recarga do Aquífero Guarani, são os objetivos do projeto “A Formação Serra Geral como conexão hidráulica entre o Sistema Aquífero Guarani e a superfície: análise estrutural e ensaios in situ”, com financiamento da FAPESP (Processo 04/11798-04). Estes temas são de grande importância, pois interferem tanto na disponibilidade hídrica, como na vulnerabilidade à poluição do SAG, tendo em vista que importantes cidades paulistas estão localizadas nesta faixa de provável contribuição vertical. Este trabalho apresenta os primeiros resultados obtidos no projeto mencionado.

2 - Métodos

Os métodos empregados foram:

- Levantamentos geológico e estrutural realizados em duas fases: uma primeira de reconhecimento regional e outra de detalhe (escala 1:10.000). No levantamento estrutural foram anotados dados que permitiram a distinção entre estruturas de resfriamento (disjunções colunares e fraturas horizontais) e estruturas tectônicas tais como: relações angulares entre as fraturas, persistência através de basaltos vesículo-amigdaloidais, feições da superfície da fratura e tipo de fratura (simples ou zona de fratura). A fase de levantamento geológico de detalhe concentrou-se na área de Bonfim Paulista, para a qual foi elaborado mapa de detalhe compatível com a escala 1:25.000 a 1:10.000.

- Elaboração de mapas de lineamentos de forma independente por dois intérpretes e sobre vários materiais em papel ou digitais e nas seguintes escalas: (1) 1:100.000, sobre 4 imagens de modelo digital de elevação do terreno (*Shuttle Radar Topographic Mission* - SRTM) segundo iluminações provenientes de N, E, N45E e N45W; (2) 1:60.000, sobre fotos aéreas em 1:60.000 de 1965 da USAF, da região de Ribeirão Preto; (3) 1:10.000 sobre mapa digital das cartas topográficas 1:10.000, do IGC, segundo as mesmas iluminações utilizadas no modelo da Shuttle. Mapa de lineamentos em escala 1:25.000 foi compilado do projeto SIA-Guarani (processo FAPESP 02/10368-0, SMA/SÃO PAULO & STMUGV/BAVIERA 2004).

- Cadastramento de poços através de: consulta do banco de dados do projeto SIA-Guarani e do SIDAS (Sistema e Informação de Águas Subterrâneas do Departamento de Águas e Energia

Elétrica (DAEE); visitas a condomínios, residências e empresas, com verificação de coordenadas geográficas; e às principais empresas de perfuração que atuam na região.

- Construção de seções geológicas regionais e de detalhe utilizando dados de poços, e de mapas geológicos e topográficos em escala 1:50.000 (toda a região) e 1:10.000 (área a leste de Bonfim Paulista).

3 - Estratigrafia dos derrames

Os trabalhos de campo realizados permitiram a identificação e mapeamento de quatro derrames de basaltos (figuras 1 e 2). Estes derrames foram denominados, da base para o topo, de B1, B2, B3 e B4. Os três primeiros apresentam espessuras aproximadas de 45m, 45-50m e 80m, respectivamente. Os basaltos apresentam granulação fina (B1, B2 e B4) ou são afaníticos (B3); no centro dos derrames predominam fraturas verticais, em geral com espaçamento métrico a decimétrico (B1, B2 e B4) ou disjunções centimétricas (B3). Os contatos entre B1 e B2 e entre B2 e B3 podem ser marcados por arenitos pouco espessos e peperitos (figura 3). Camadas de basalto com vesículas, amígdalas e, por vezes, geodos (basaltos VA) são comumente observadas no topo de cada derrame, sendo melhor desenvolvidas no basalto B1. Um aspecto distintivo do derrame B2 é a presença de fenocristais de mineral verde claro de até 1cm e de augita ao redor de 0,5cm. O contato entre B2 e B3 pode ser ondulado e apresentar desnivelamentos significativos em distâncias curtas. Além das disjunções centimétricas, é característico do basalto B3 a presença de brechas hidráulicas (figura 4) e de diques de diabásio de mergulho baixo (figura 5). Fraturas horizontais, de espaçamento métrico a decimétrico também estão presentes e são mais frequentes junto aos contatos dos derrames, onde as disjunções estão ausentes. Importantes surgências de água ocorrem em fraturas horizontais adjacentes aos níveis de brecha do basalto B3.

4 - Estruturas Tectônicas

As fraturas tectônicas foram diferenciadas das fraturas que delimitam as disjunções colunares com base nos seguintes critérios: distribuição anisotrópica; continuidade lateral e vertical, algumas vezes persistindo na porção de basalto VA; presença de várias superfícies subparalelas e pouco espaçadas; relação angular entre os grupos de fraturas; e presença de estrias de atrito. Para a região como um todo, foram identificados 4 *trends* direcionais principais correspondentes a N20-40E, N55-N65E, N55-75W, N30-N40W, seguindo esta ordem de importância, conforme é observado na figura 6. Na região de Bonfim Paulista (distrito de Ribeirão Preto), selecionada para a realização do

estudo de detalhe, os *trends* de fraturas são bastante semelhantes (figura 7): N20-55E (com máximo entre N20-30E) predominando sobre N20-80W (com máximo em N65-80W). A direção N80 a EW e NS também estão presentes, mas são subordinadas.

As camadas de basalto VA contém poucas fraturas, constituindo uma barreira para a propagação das mesmas. Nestes níveis foram identificadas algumas fraturas com as seguintes direções: N40-60E, N10-20E, N60-70W e N80E. Desta forma, apesar da porção de basaltos maciços ser intensamente fraturada, somente uma pequena parte destas fraturas se propaga através dos contatos entre os mesmos.

As estruturas tectônicas podem ser subdivididas basicamente em fraturas simples ou zonas de fraturas, todas com mergulhos elevados ou subverticais. As simples são contínuas, planares ou suavemente onduladas, com espaçamento decimétrico ou métrico, e estão presentes principalmente nos B1, B2 e B4. Estrias sub-horizontais foram observadas em parte destas superfícies, que muitas vezes são preenchidas por minerais lamelares pretos e/ou carbonatos, sendo que os *steps*, relacionados às estrias, são geralmente marcados por estes minerais. Estas feições servem como indicadores cinemáticos e, neste caso o movimento é no mesmo sentido do caimento dos *steps*.

As zonas de fraturas foram encontradas no B1 e B3, ocorrendo com menor frequência que as fraturas simples. Apresentam espessuras centimétricas a decimétricas, variando de 3 até 50cm e grande continuidade lateral e vertical; constituem-se de várias superfícies subparalelas, com espaçamento milimétrico, ou onduladas e anastomosadas, formando um padrão lenticular, o que indica que foram geradas por cisalhamento. São acompanhadas por maior alteração intempérica para argilo-minerais de cores ocre ou esverdeada, indicando que, pelo menos em parte da sua evolução, ou mesmo atualmente, constituíram caminhos importantes de circulação de água. As direções de zonas de fraturas, em ordem decrescente de importância são: N40-70W, N60-50E, EW a N80E, N30-35W e N10W (figura 8). Como indicado pelo mergulho elevado das fraturas e pelas estrias sub-horizontais, ou de caimentos baixos, conclui-se que os eventos tectônicos pós-basaltos na região foram de regime transcorrente.

Análise preliminar dos paleoesforços que deram origem às estruturas tectônicas descritas é apresentada em Fernandes *et al.* 2005 (enviado ao 43º Congresso Brasileiro de Geologia). Apesar de ser necessária a coleta de mais dados estruturais, estes autores concluem que os resultados preliminares são concordantes com o que é descrito na literatura referente à tectônica cenozóica no Estado de São Paulo e realizam correlações com os eventos descritos por Fernandes & Amaral (2002) e Fernandes & Melo (2005). O evento mais jovem, descrito por Fernandes & Melo (2005), seria extensional e com σ_3 de direção NNW. Isto permitiria a geração de fraturas NE-ENE atualmente mais abertas, podendo contribuir com maior eficácia para o fluxo de água subterrânea.

No entanto, ainda não é possível descartar, em termos de controle de circulação da água subterrânea, a atuação dos esforços associados aos demais eventos tectônicos quaternários. Somente investigações hidrogeológicas de detalhe podem esclarecer esta questão.

Foram elaborados alguns mapas de lineamentos, separadamente por dois intérpretes, sobre vários materiais em papel ou digitais e também em escalas distintas. Dois deles são apresentados nas figuras 9 e 10. Observa-se que: (1) Os resultados obtidos pelos dois intérpretes são bastante semelhantes no que diz respeito aos *trends* identificados, diferindo com relação à frequência relativa entre eles; (2) nas rosáceas observa-se que os *trends* mais importantes são os NE, vindo em seguida o NW-WNW, tanto para a região de Ribeirão Preto, como para a área de Bonfim Paulista; (3) enquanto pela interpretação de lineamentos a direção EW é bastante importante, os *trends* de fraturas que mais se aproximam são ENE ou WNW; e (4) Nota-se que, entre de lineamentos e de fraturas medidas, existem 5 intervalos principais de direções estruturais na área de Bonfim Paulista (NS-N25E, N40-55E, N30-55W, N65-80W e N5-25W).

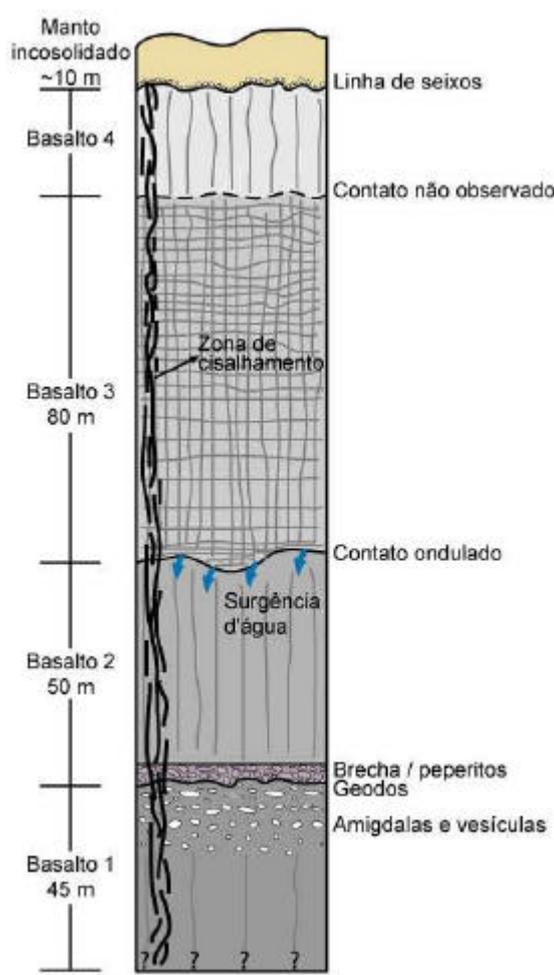


Figura 1. Coluna estratigráfica esquemática dos basaltos mapeados na região de Ribeirão Preto.

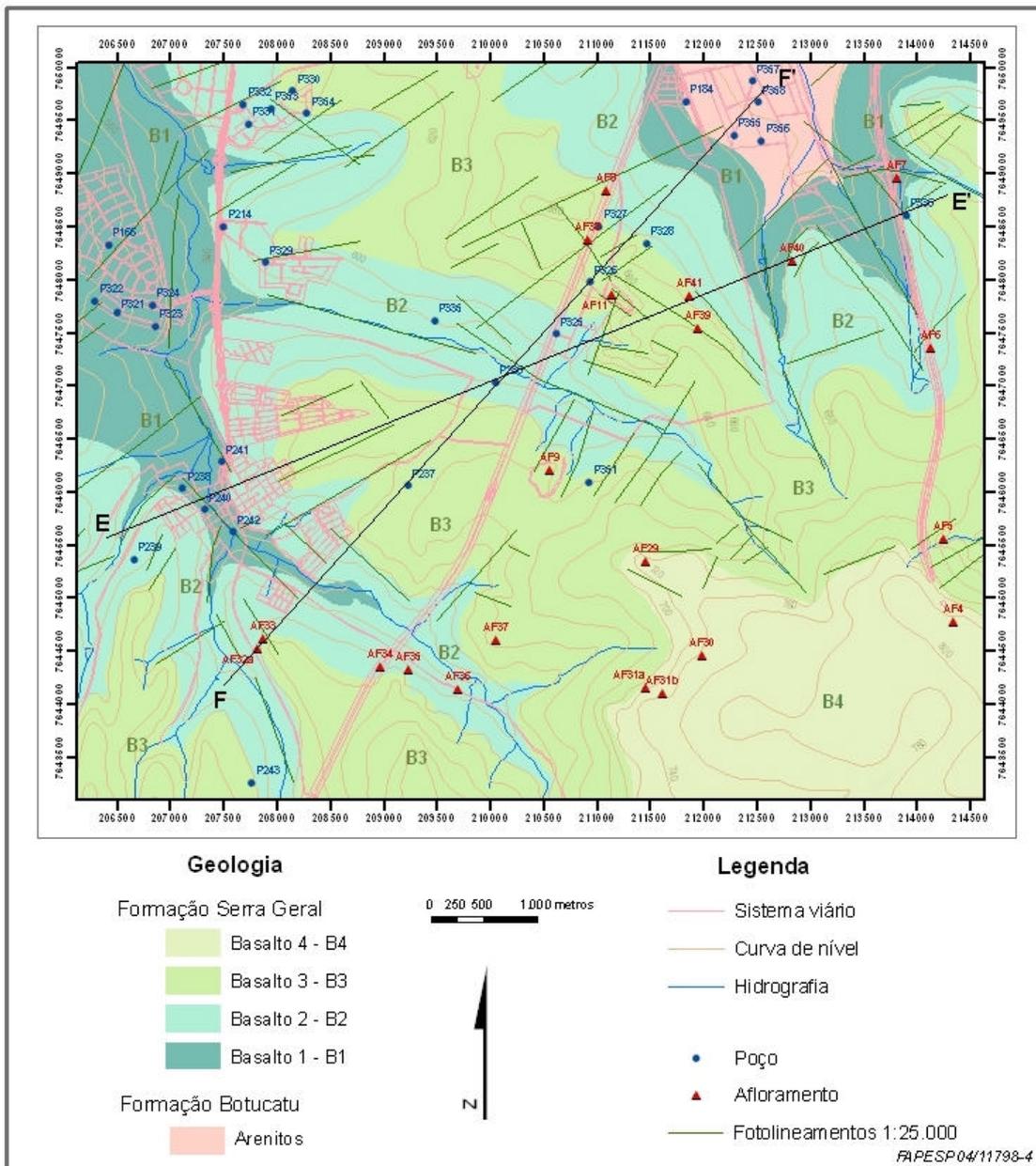


Figura 2. Mapa geológico da área de Bonfim Paulista, mostrando localização de poços, de afloramentos e das seções geológicas de detalhe.



Figura 3

(3) Basalto vesicular-amigdaloidal em matriz arenosa silicificada (peperito, contato B2/ B1). (4). Brecha hidráulica. (5) Dique de mergulho baixo.



Figura 4



Figura 5

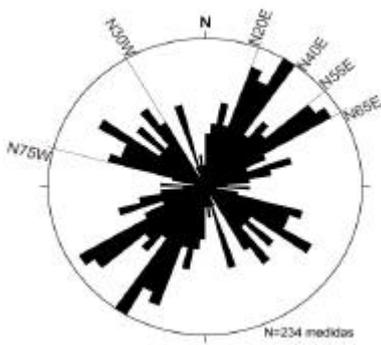


Figura 6. Rosácea com todas as direções de fraturas tectônicas medidas nos trabalhos de campo na região de Ribeirão Preto (SP).

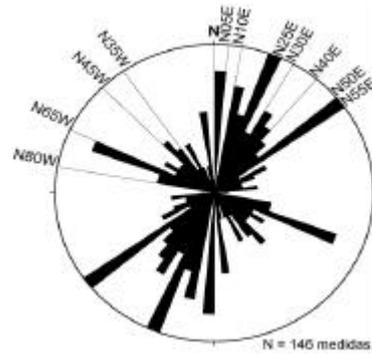


Figura 7. Rosácea com todas as direções de fraturas tectônicas medidas nos trabalhos de campo na área de Bonfim Paulista (SP).

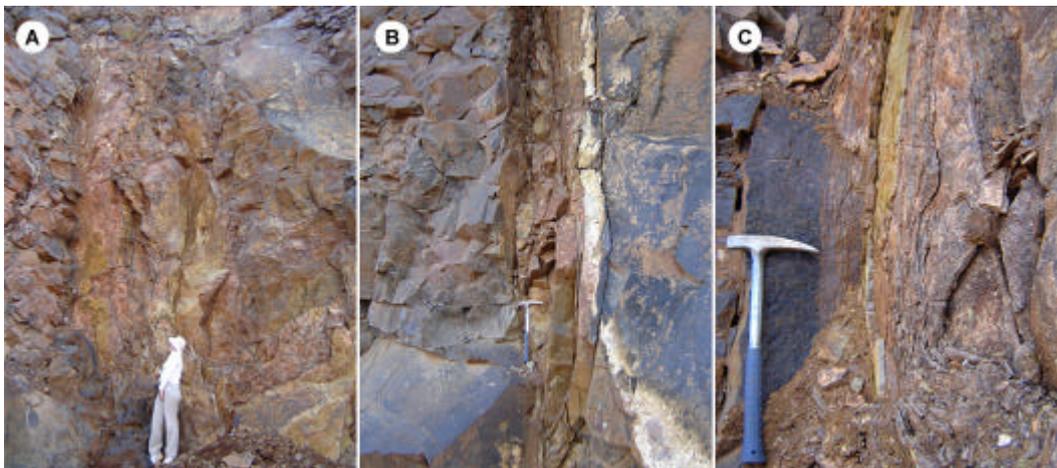


Figura 8. Zonas de fraturas de cerca de 1 m de espessura (A), constituindo porções de denso fraturamento (B e C) na qual a alteração é mais acentuada. As principais direções estão em torno de N28E/76SW e N16W/89SW.

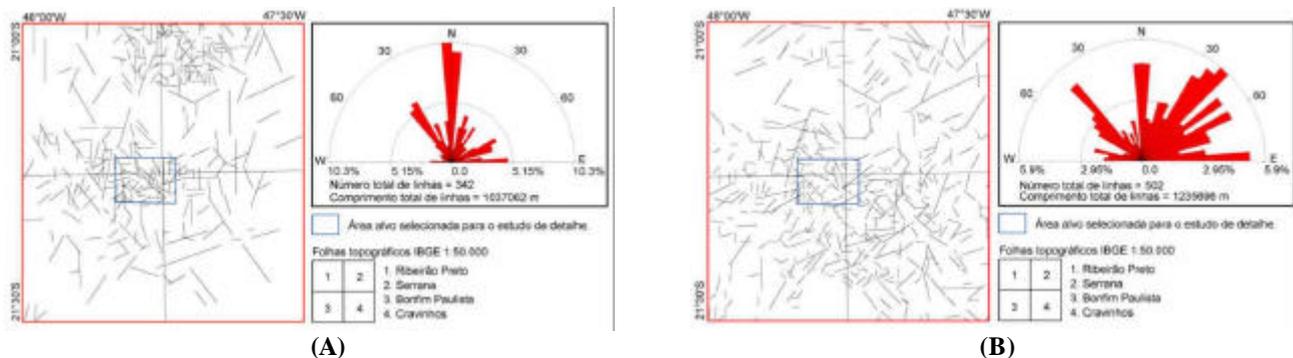


Figura 9. Mapa de lineamentos das folhas topográficas 1:50.000 de Ribeirão Preto, Bonfim Paulista, Serrana, Cravinhos, traçado em escala 1:100.000 sobre 4 imagens de modelo digital de elevação do terreno segundo iluminações provenientes de N, E, N45E e N45W. Os lineamentos foram traçados independentemente por dois intérpretes (A e B).

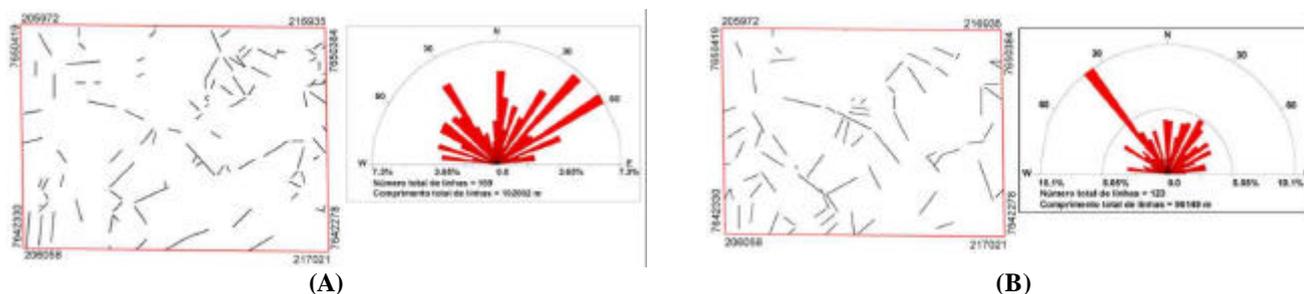


Figura 10. Mapa de lineamentos, traçado em 1:60.000 sobre fotos aéreas, da área de Bonfim Paulista. Os lineamentos foram traçados independentemente por dois intérpretes (A e B).

5 - Análise dos dados de poços

Foram cadastrados nos municípios de Ribeirão Preto e Jardinópolis 398 poços tubulares profundos, sendo 371 em Ribeirão Preto e 27 em Jardinópolis, em muitos casos com registro incompleto de dados importantes, tais como perfis litológico e construtivo e profundidade do nível dinâmico ou mesmo estático.

A tabela 1 apresenta as espessuras médias das litologias encontradas nos poços. Com relação à espessura de basalto, 250 poços continham informação, sendo que em 6 esta era inferior a 10 m e em 15 era maior que a profundidade de perfuração, não atingindo a base do ASG. Estes 21 poços não foram considerados na tabela 1, procurando-se diminuir a dispersão dos dados. Dos 229 poços utilizados na análise, somente 129 possuíam informações sobre a espessura de basalto são, ou seja, diferenciavam a presença de materiais inconsolidados. O basalto são apresenta na região espessura média de 80,16 m e de 88,89 quando considerada a camada inconsolidada; esta apresenta espessura média de 13,75 m.

A espessura média de arenitos das formações Botucatu e Pirambóia (dados de 286 poços) é de 126,54 m. Vale a pena ressaltar que este valor não corresponde à espessura total do SAG nesta região, uma vez que somente dois poços foram perfurados atravessando todo o pacote de arenito.

Os poços na região apresentam uma profundidade média de 172,78 m (tabela 1). Os valores de produtividade dos poços foram calculados levando-se em consideração os dados de testes de bombeamento. Os poços apresentam valores médios de vazão de 81,67 m³/h, nível estático de 57,74 m e nível dinâmico de 84,32 m. O rebaixamento médio para estas taxas de bombeamento é de 25,13 m e a capacidade específica média é de 5,63 m³/h/m. Na tabela 1 pode se observar a grande variação do número de poços utilizado para a análise de cada parâmetro, pois nem todos apresentam

todas as informações sobre os mesmos parâmetros, dificultando o cálculo da capacidade específica e de outras análises.

Uma vez que poços que atravessam somente o ASG são poucos, não foi possível avaliar como se comporta o nível d'água dentro deste aquífero, pois sempre existe a influência da potencimetria do SAG subjacente. Com o objetivo de verificar como se dá esta influência foram feitos gráficos de “Nível estático *versus* Espessura atravessada do SAG” e “Nível estático *versus* Profundidade do poço”. A Figura 11 mostra que existe correlação entre a profundidade do nível estático e a espessura do SAG para os poços localizados nas regiões de Jardinópolis e Bonfim Paulista, sugerindo que, conforme um dado poço se aprofunda no SAG, passa a interceptar curvas potenciométricas de menores valores. Isto indicaria um fluxo com componente vertical e descendente para as águas do SAG próximo à sua área de afloramento.

Tabela 1. Espessura das litologias encontradas nos perfis dos poços cadastrados e seus dados de produtividade.

	Média	Mediana	Desvio padrão	Número de poços com informação
Espessura SAG (m) ¹	126,54	125,00	72,32	286
Espessura Solo e/ou Cenozóico+ASG (m) ²	88,89	84,00	39,73	229
Espessura Solo e/ou Cenozóico (m)	13,75	12,00	9,19	156
Espessura ASG (m) ³	80,16	72,00	43,75	129
Profundidade do poço (m)	172,78	164,50	79,41	344
Vazão (m ³ /h) *	81,67	54,00	75,11	226
Nível Estático (m) *	57,74	48,25	38,71	214
Nível Dinâmico (m) *	84,32	77,08	39,05	172
Rebaixamento (m)	25,13	21,00	18,78	168
Capacidade Específica (m ³ /h/m)	5,63	3,81	8,84	159

¹ espessura de arenito dentro do poço; ² espessura de basalto somada à espessura de materiais inconsolidados; ³ espessura de basalto no poço (exclui a camada de materiais inconsolidados).

* dados obtidos nos testes de bombeamento.

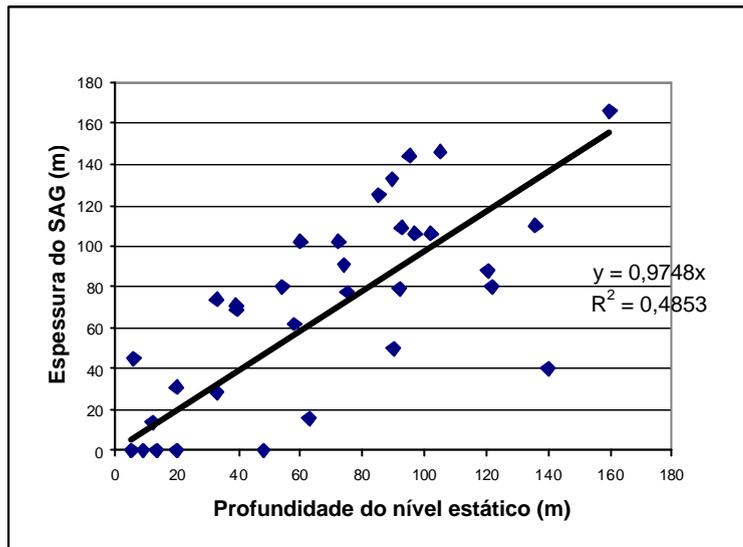


Figura 11. Gráfico de correlação entre nível estático e espessura atravessada do SAG para todos os poços localizados fora da atual área urbana de Ribeirão Preto (regiões de Jardinópolis e de Bonfim Paulista).

6 - Seções geológicas

A partir dos dados dos poços, dos mapas geológicos e mapas topográficos foram elaboradas seções hidrogeológicas regionais e locais, baseadas em mapas 1:50.000 e 1:10.000, respectivamente, sendo que aqui são apresentadas somente as locais, ilustradas nas figuras 12 e 13. As seções regionais são apresentadas por Maldaner *et al.* (2005, enviado ao 43º Congresso Brasileiro de Geologia). Estes autores concluem que a superfície de contato dos arenitos da Formação Botucatu com a dos basaltos da Formação Serra Geral é contínua e com ondulações cujo comprimento de onda é de cerca de 2 km e amplitude de 50 a 100 m; defendem que estas ondulações devem corresponder ao paleorelevo de dunas da época de deposição dos arenitos Botucatu. Portanto, as variações relativamente abruptas das cotas do contato entre basalto e arenito não seriam devidas a deslocamentos verticais e tectônicos, como proposto por outros autores. É importante mencionar novamente que as fraturas tectônicas, observadas na região, foram geradas por regimes tectônicos transcorrentes, para os quais são predominantes movimentos laterais e não verticais (ver item 4).

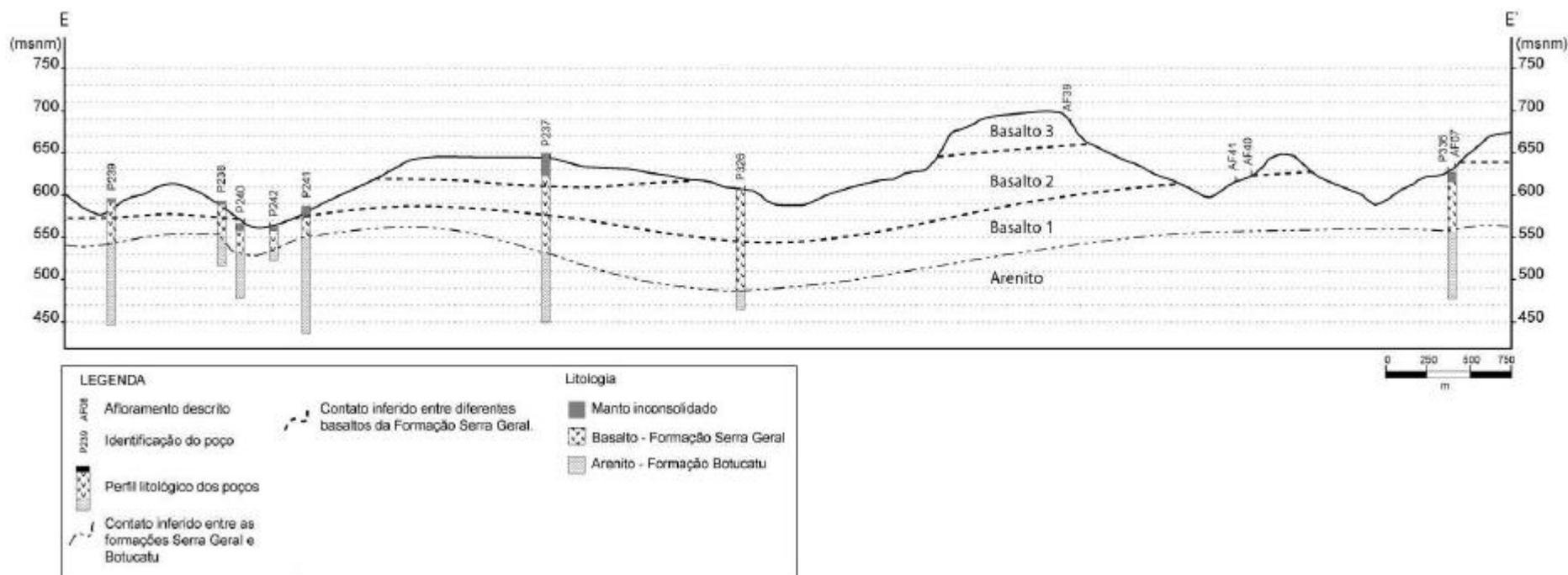


Figura 12. Seção geológica (localizada na figura 2) mostrando os contatos entre basalto (ASG) e arenito (SAG) e entre os vários derrames de basaltos.

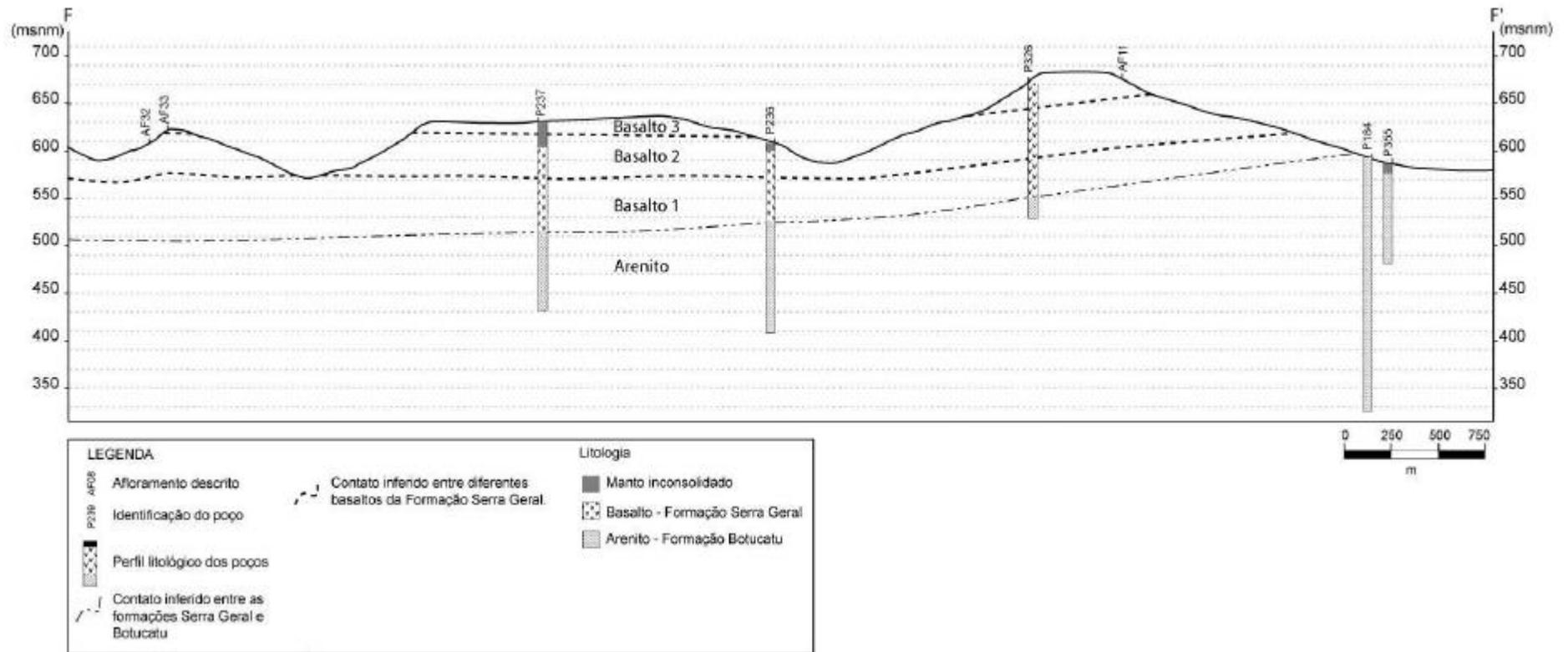


Figura 13. Seção geológica (localizada na figura 2) mostrando os contatos entre basalto (ASG) e arenito (SAG) e entre os vários derrames de basaltos.

7 - Modelo conceitual de circulação da água nos derrames basálticos

A partir das observações de campo foi possível elaborar um modelo conceitual de circulação da água nos derrames basálticos na região de Ribeirão Preto (SP). Neste modelo, supõe-se que as fraturas horizontais e pelo menos parte das verticais, de origem tectônica, estão interconectadas e que o nível potenciométrico do Sistema Aquífero Guarani (SAG) está acima do contato com o Aquífero Serra Geral, mas abaixo do nível d'água dos basaltos. Os caminhos preferenciais de circulação são condicionados pelos seguintes fatores:

- Com exceção da porção sudeste da área de Bonfim Paulista, existem três derrames na região, sendo que as fraturas sub-horizontais, principalmente aquelas situadas junto aos contatos interderrames, ou muito próximo a estes, constituem as discontinuidades mais permeáveis. Principalmente em afloramentos de pedreiras observou-se vegetação e fluxo de água ao longo destas fraturas.
- As zonas de cisalhamento que cortam todos os derrames verticalmente também constituem caminhos de fluxo significativo, como indicado pela maior alteração da rocha ao longo destas zonas, mas menor que o das fraturas sub-horizontais.
- As fraturas das disjunções colunares são caminhos de circulação de água somente junto à superfície. No derrame superior foi observada deposição de óxidos nos planos de fraturas, próximo à superfície. Abaixo da faixa de alteração estas fraturas estão seladas, havendo preenchimento por minerais lamelares pretos ou granulares brancos.
- Os derrames são considerados impermeáveis nas porções isoladas pelas fraturas sub-horizontais e pelas estruturas tectônicas subverticais.

Desta forma a maior parte do fluxo fica limitado às fraturas subhorizontais e a algumas estruturas tectônicas subverticais. Considerando-se que a velocidade da circulação da água no SAG é muito lenta, o fluxo vertical também é mais lento. Porém este pode ser maior em porções onde as zonas de cisalhamento alimentam alguma discontinuidade horizontal e onde a condutividade da zona o permite. As saídas desta água ocorrem na intersecção das discontinuidades com a superfície do terreno, criando nascentes d'água, nas drenagens e, também, no SAG.

Algumas estruturas tectônicas verticais podem servir de meio para que ocorra fluxo ascendente e descarga caso interceptem a superfície do terreno em cotas abaixo do nível potenciométrico do SAG.

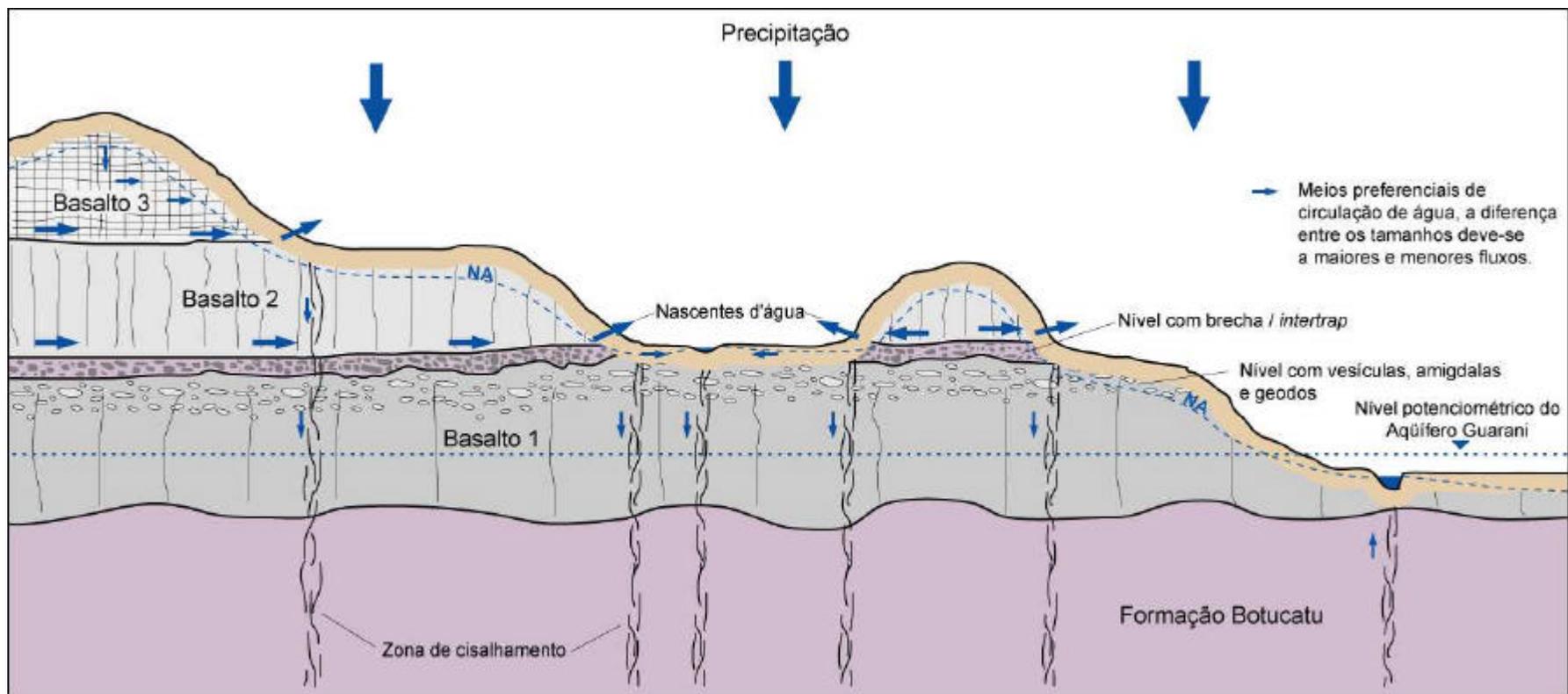


Figura 14. Seção esquemática mostrando os principais meios de circulação de água nos derrames basálticos da região de Ribeirão Preto (SP).

8 - Conclusões

Com base nos trabalhos de campo, na região de Ribeirão Preto, foram caracterizados quatro derrames de basaltos denominados, da base para o topo, de B1, B2, B3 e B4. Os três primeiros apresentam espessuras aproximadas de 45m, 45-50m e 80m, respectivamente. Os contatos entre B1 e B2 e entre B2 e B3 são, por vezes, marcados por arenitos pouco espessos e peperitos. A superfície de contato dos arenitos da Formação Botucatu com os basaltos é contínua e ondulada, devido ao paleorelevo de dunas atuantes durante a deposição dos arenitos. Camadas de basalto com vesículas, amígdalas e geodos são comumente observadas no topo de cada derrame.

Entre lineamentos e fraturas tectônicas medidas no campo, existem 5 *trends* estruturais principais de fraturas de mergulhos elevados cortando os basaltos na área de Bonfim Paulista (NS-N25E, N40-55E, N30-55W, N65-80W e N5-25W). Estas estruturas foram geradas em regimes tectônicos transcorrentes, como atestado pelos seus mergulhos elevados e pelas estrias de atrito subhorizontais ou de mergulhos baixos.

Existe correlação entre a profundidade do nível estático e a espessura do Sistema Aquífero Guarani (SAG) para os poços localizados nas regiões de Jardinópolis e Bonfim Paulista, sugerindo que, conforme um dado poço se aprofunda no SAG, passa a interceptar curvas potenciométricas de menores valores. Isto indicaria um fluxo com componente vertical e descendente para as águas do SAG próximo à sua área de afloramento.

O fluxo de água subterrânea, nos basaltos, ocorre principalmente segundo fraturas horizontais, muitas vezes próximas aos contatos entre derrames, e secundariamente, em parte das estruturas tectônicas subverticais que devem permitir a recarga vertical do SAG. Considerando que a velocidade da circulação da água no SAG é muito lenta, o fluxo vertical também é lento. As saídas desta água ocorrem na intersecção das discontinuidades com a superfície do terreno (criando nascentes d'água) e nas drenagens.

9 – Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP pelo financiamento do projeto (processo 04/11798-4) e pela concessão de duas bolsas de estudos, uma de doutorado (processo N° 04/15543-0) e outra de iniciação científica (processo 05/00101-5), cujos trabalhos são a ele relacionados.

10 - Referências Bibliográficas

- FERNANDES, A.J. & AMARAL, G. 2002. Cenozoic tectonic events at the border of the Parana Basin, São Paulo, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14(8):911-931.
- FERNANDES, A.J. & MELO, C.L. 2005. Coberturas cenozóicas e estruturas deformadoras na Depressão Periférica Paulista, Campinas, São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 25(1/2):49-66.
- Fernandes A J, Maldaner C, Pressinotti MMN, Wahnfried I, Ferreira LMR, Varnier C, Iritani MA, Hirata R (2005) Estratigrafia e estruturas dos basaltos da Formação Serra Geral em Ribeirão Preto, SP (enviado ao 43º Congresso Brasileiro de Geologia).
- Maldaner C, Fernandes A J, Wahnfried I, Ferreira LMR, Pressinotti MMN, Varnier C, Iritani MA, Hirata R (2005) Representação tridimensional do Aquífero Serra Geral na região de Ribeirão Preto, SP (enviado ao 43º Congresso Brasileiro de Geologia).
- SMA/SÃO PAULO & STMUGV/BAVIERA (2004) Projeto “Sistema de Informação para o Gerenciamento Ambiental do Recurso Hídrico Subterrâneo no Afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo”. Cooperação Técnica entre a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Brasil) e a Secretaria de Meio Ambiente, Saúde Pública e Proteção ao Consumidor do Estado da Baviera (Alemanha) - CD-ROM (Relatório Técnico).