



Estudos de Caso e Notas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

ESTRUTURAS LOCAIS CONDICIONANTES DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E HIDRÁULICAS DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI (SAG): ALTO ESTRUTURAL DA FAZENDA SANTA HELENA, MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA DO SUL (SP)

CONDITIONING LOCAL STRUCTURES OF THE GEOMETRIC AND HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF THE GUARANI AQUIFER SYSTEM (GAS): THE SANTA HELENA FARM STRUCTURAL HIGH, BOA ESPERANÇA DO SUL, SÃO PAULO, BRAZIL

Flavio de Paula e Silva¹; Flavio de Paula e Silva Filho¹ ✉

¹ Geodata Consultoria e Projetos Hidrogeológicos, Araraquara, São Paulo.

✉ geodata@fpsgeodata.com.br, flaviofps@hotmail.com

Resumo

Denominou-se Alto Estrutural da Fazenda Santa Helena (AEFSH) à subestrutura identificada em subsuperfície por perfurações de poços para captação de água subterrânea no Sistema Aquífero Guarani (SAG), alojada no Alto do Jacaré-Guaçu na região das bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Município de Boa Esperança do Sul (SP). Ainda com extensão não delimitada, o AEFSH representa estrutura de pequeno porte que condiciona as características geométricas e hidráulicas do SAG. Dados de poços profundos e de perfuração geofísica mostraram que o SAG está representado, na área, por arenitos finos a muito finos, argilosos, intercalados por frequentes camadas de argilito. Essa sucessão, pertencente à porção basal da Formação Piramboia, assenta-se sobre siltitos e argilitos da Formação Corumbataí. A espessura reduzida, da ordem de 80 m, e as características litológicas locais do SAG afetam negativamente a transmissividade do aquífero, resultando em poços com baixa produtividade. O presente trabalho dá conhecimento da existência dessa subestrutura que exerce influência no armazenamento hídrico e nas potencialidades locais do SAG, e chama a atenção para a possibilidade de haver inúmeras outras em contexto geológico similar ou ocultas sob a cobertura basáltica da Formação Serra Geral e sedimentar do Grupo Bauru.

Palavras-chave:

Sistema Aquífero Guarani
Heterogeneidades estruturais
Condicionantes estruturais

Keywords

Guarani Aquifer System
Structural heterogeneities
Conditioning structures.

Abstract

Fazenda Santa Helena High (FSHH) is the name given to the local structure identified by well drillings for groundwater extraction in the Guarani Aquifer System (GAS), housed in Jacaré-Guaçu High, into the region of the Jacaré-Guaçu and Jacaré-Pepira basins, Boa Esperança do Sul Municipality, São Paulo State, Brazil. This structure, whose limits have not yet been delimited, affects the geometric and hydraulic characteristics of the SAG. Data from deep wells and borehole logging showed that the SAG is represented in the area by fine to very fine clayey sandstones, with frequent Interbedded shale layers. This succession belongs to the basal portion of the Piramboia Formation and lies above unconformity on siltstones and shales of the Corumbataí Formation. The reduced thickness of about 80 m and the lithologic characteristics of the SAG affect negatively the aquifer transmissivity, resulting in low-productivity wells. The present article reveals the existence of this substructure that exerts influence on the water storage and the local potentialities of the SAG, and draws attention to the possibility that there are innumerable others in a similar geological context or hidden under the coverage of the basalitics of Serra Geral Formation and sedimentary rocks of Bauru Group.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i3.29256>

1. INTRODUÇÃO

Importantes estruturas marginais de caráter regional, como os arcos de São Vicente, Bom Jardim de Goiás, Assunção, Campo Grande, Rio Grande e Ponta Grossa, Flexura de Goiânia e Sinclinal de Torres, definiram os limites e a geometria das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná e condicionaram o arcabouço físico e faciológico das formações Santa Maria (Triássico), Piramboia (Triássico) e Botucatu (Eocretáceo), unidades constituintes do Sistema Aquífero Guarani – SAG, um dos maiores reservatórios de água subterrânea do planeta (OEA, 2007). Esses elementos estruturais regionais, com tendência à subsidência ou ao soerguimento, mantiveram essa propensão durante toda a história evolutiva da bacia, mas manifestaram-se com maior intensidade entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior, durante a primeira fase da Reativação Wealdeniana (Almeida, 1980).

Estruturas locais ou subestruturas internas à bacia como falhas, fraturas, arqueamentos e depressões têm sido descritas na porção paulista da área de ocorrência do SAG, desde há muito (p. ex., Soares et al., 1973; Soares, 1974; Paulipetro, 1981). Essas estruturas afetam as características geométricas e hidrodinâmicas do aquífero, produtividade de poços, reservas subterrâneas e condicionam as direções do escoamento subterrâneo.

Almeida (1980) atribuiu as seguintes causas à origem das estruturas locais: movimentos tectônicos verticais de blocos do embasamento, positivos ou negativos, que se refletiram na cobertura sedimentar por falhas e/ou dobramentos menores; intrusões de rochas alcalinas e alcalino-ultrabásicas que podem estar ocultas sob os derrames basálticos da Formação Serra Geral; intrusões em forma de sills ou lacólitos, soerguendo a cobertura sedimentar.

Dentre essas estruturas locais, uma das mais conhecidas no Estado de São Paulo é o Alto de Piratininga (Paulipetro, 1981), alvo investigações para exploração de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná. Esse alto estrutural foi responsável pela compartimentação na distribuição das unidades litoestratigráficas constituintes do SAG na região das cidades paulistas de Bauru, Agudos e Piratininga, condicionando os parâmetros geométricos do aquífero e, conseqüentemente, suas características hidráulicas (Paula e Silva, 1988; Paula e Silva & Cavaguti, 1994). A pujança dessa estrutura é testemunhada pela ausência de cobertura basáltica da Formação Serra Geral em boa parte da cidade de Bauru, pelas espessuras variáveis entre 60 m a 300 m do SAG e por elevar o substrato permiano do aquífero, representado pela Formação Teresina, à cota 380 m em seu ponto mais alto.

Na Depressão Periférica Paulista são conhecidas várias estruturas, dentre elas as de Anhembi e Carlota Prenz. Compreendem altos estruturais onde rochas permianas da Formação Teresina sobressaem em meio a rochas da Formação Pirambóia (Triássico). Nesses locais, o SAG apresenta ocorrências de arenitos asfálticos preenchidos, secundariamente, por migração de hidrocarbonetos de formações subjacentes.

Em Ribeirão Preto, Paula e Silva et al. (2008) confirmaram a existência de uma depressão com caimento para sudoeste e cotas inferiores a 350 metros, ao nível da discordância que separa as formações Piramboia e Botucatu, identificada em trabalhos anteriores como Depressão de Ribeirão Preto (Sineli, 1971; Soares et al., 1973). Essa depressão teria sido originada devido a movimentações tectônicas associadas aos fenômenos magmáticos da Reativação Wealdeniana e à tectônica cenozoica (Paula e Silva et al., 2008).

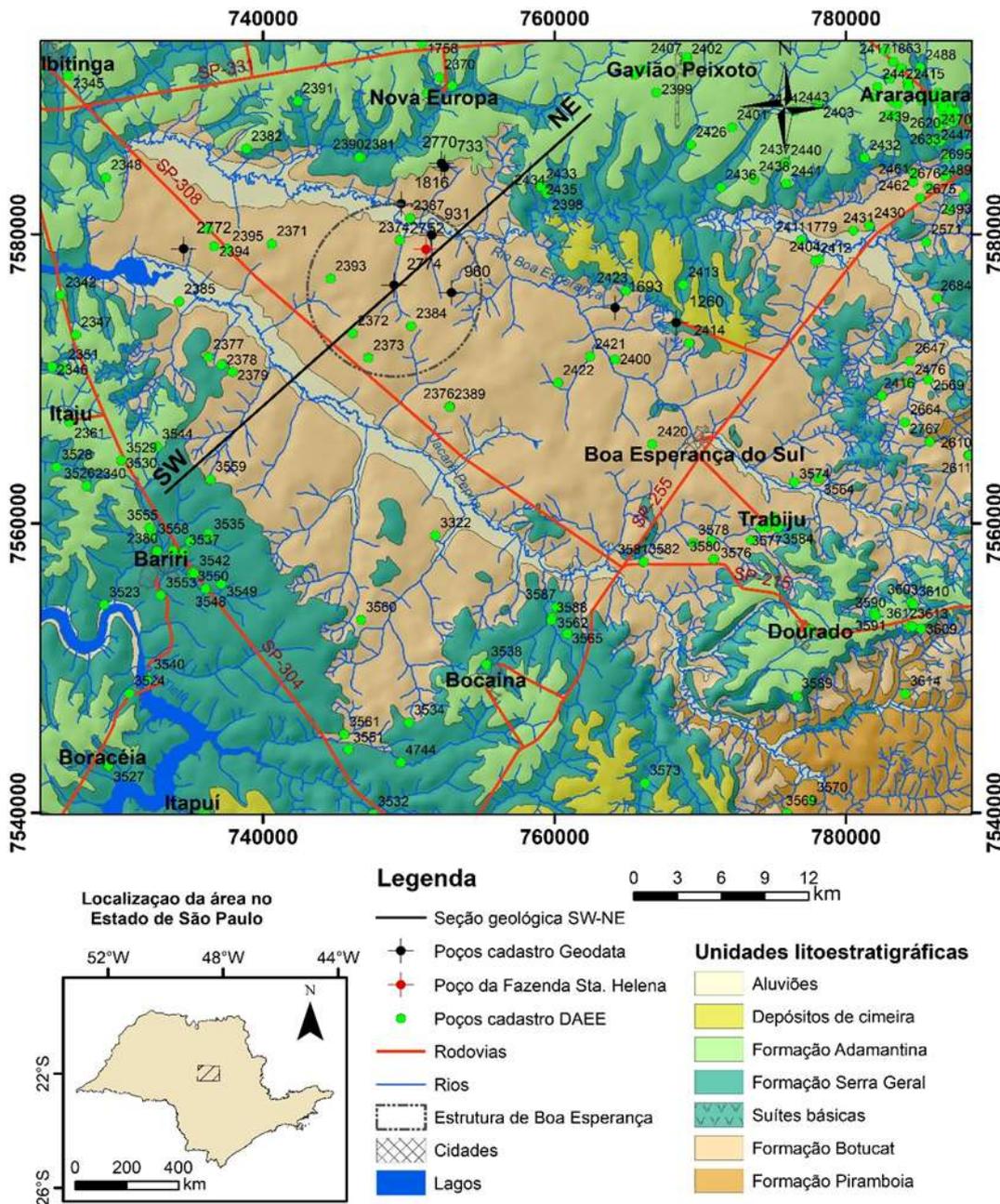
Estudos de subsuperfície realizados na cidade de São Carlos (SP) revelaram uma complexidade geológica maior do aquela esboçada nos mapas geológicos existentes, por conta do intrincado sistema de corpos de diabásio que seccionam as camadas das formações Botucatu e Piramboia, em vários níveis; do relacionamento estratigráfico que coloca o Grupo Bauru diretamente sobre a Formação Botucatu, em determinados setores; e da ausência dos basaltos da Formação Serra Geral em alguns setores da cidade, enquanto em outras partes alcançam mais de 200 metros de espessura (Geodata, 2014).

A prospecção de água subterrânea no SAG tem revelado, frequentemente, estruturas locais de dimensões variadas, mas geralmente não relatadas por falta de conhecimento ou desinteresse por parte dos perfuradores de poços.

Uma dessas subestruturas de pequeno porte, aqui denominada Alto Estrutural da Fazenda Santa Helena (AEFSH), ainda não delimitada, foi constatada na região das bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira (Figura 1), Município de Boa Esperança do Sul (SP), alojada no Alto do Jacaré-Guaçu, estrutura primeiramente reconhecida por Soares (1974) e descrita com mais detalhes adiante. Poços perfurados nessa área atravessaram espessura delgada do pacote basal do SAG, representado por sucessão de arenitos finos a muito finos, às vezes médios, argilosos e com intercalações frequentes de pelitos. De acordo com os mapas geológicos existentes, a expectativa era atravessar coluna estratigráfica composta pelas formações Botucatu e Piramboia, com pelo menos 200 metros de rochas reservatório, com potencial para extração de 200 m³/h a 250 m³/h, fato que não ocorreu.

O objetivo do presente trabalho é dar conhecimento da existência dessa subestrutura que exerce influência no armazenamento hídrico e nas potencialidades locais do SAG, e chamar a atenção para a possibilidade de haver inúmeras outras em contexto geológico similar ou ocultas sob a cobertura basáltica da Formação Serra Geral e sedimentar do Grupo Bauru.

Figura 1 – Geologia do Alto do Jacaré-Guaçu e localização do Alto Estrutural da Fazenda Santa Helena. SW-NE: seção geológica da Figura 3.



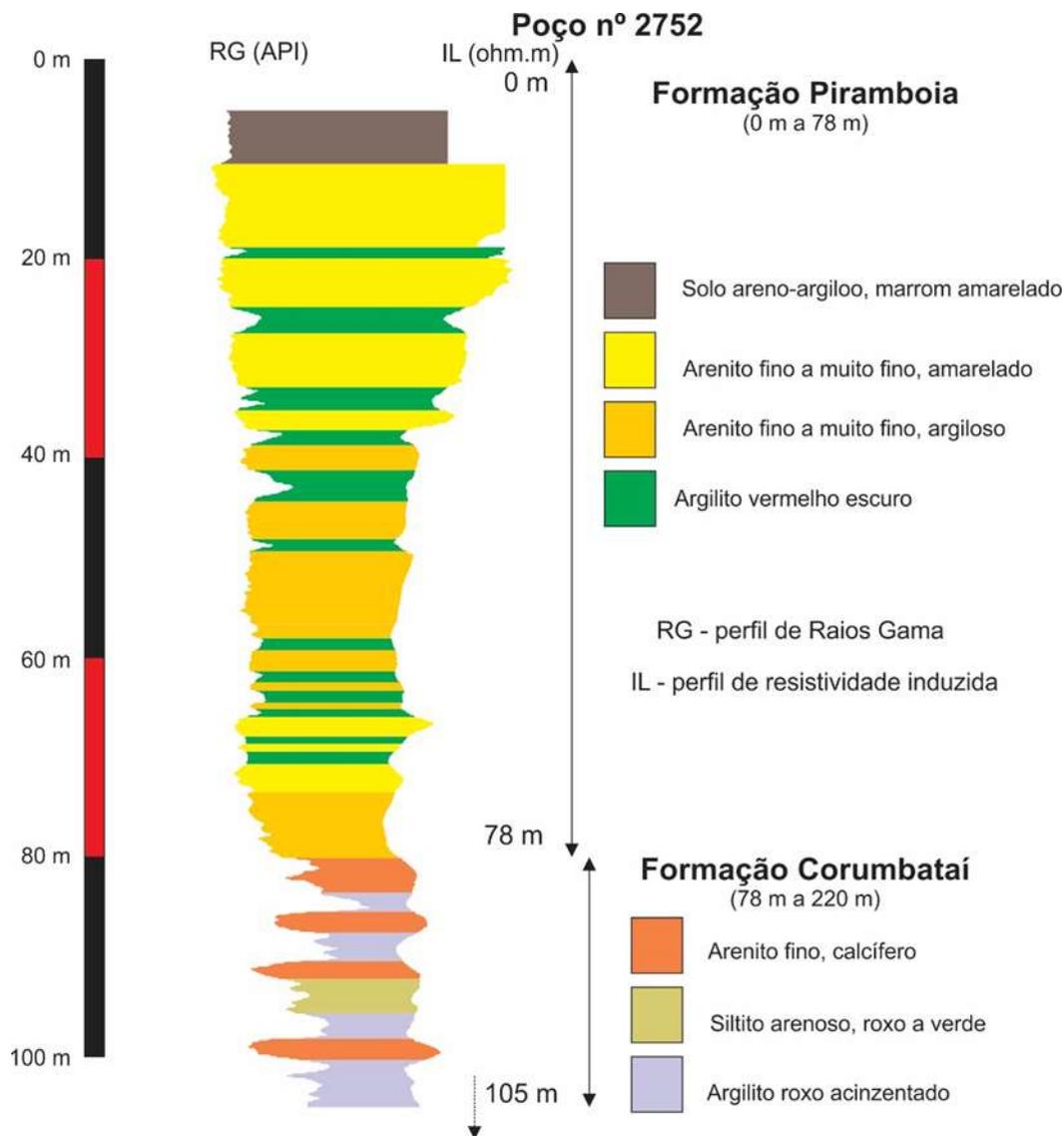
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está representada em dois mapas geológicos que mostram a distribuição das unidades litoestratigráficas em território paulista: o mais antigo, elaborado pela UNESP (1980) na escala 1:250.000, e o mais recente, publicado por Perrota et al. (2005) na escala 1:750.000. Os mapas não apresentam divergências significativas em relação às unidades litoestratigráficas reconhecidas e limites de ocorrência. Opcionalmente, adotou-se a interpretação geológica elaborada pela UNESP (1980) para contextualização das unidades litoestratigráficas expostas na área estudada (Figura 1).

Foram levantados e analisados dados cadastrais de poços do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE e particulares da Geodata – Consultoria e Projetos Hidrogeológicos, atentando-se principalmente às características litológicas descritas nos relatórios de perfuração e às vazões de produção informadas com base em testes de bombeamento.

Para caracterização das propriedades geofísicas do SAG, foi analisada perfilagem do poço perfurado na Fazenda Santa Helena, localizado sobre o AEFSH (Figura 2). A perfilagem, calibrada no padrão API (American Petroleum Institute), é composta das curvas de Raios Gama API, Potencial Espontâneo, Resistividade Normal Curta, Resistividade Induzida e Sônico Compensado.

Figura 2 – Interpretação litológica do poço n° 2752, com base em perfis geofísicos.



3. GEOLOGIA DO ALTO DO JACARÉ-GUAÇU

Em avaliação sistemática das feições estruturais da parte nordeste da Bacia Geológica do Paraná, Soares (1974) admitiu uma divisão regional em três compartimentos homoclinais sub-horizontais, dentre eles, o de Jacaré-Guaçu, na área compreendida pela bacia dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. O Alto de Jacaré-Guaçu é um anticlinal com eixo mergulhando para N50W, configurado pelo arqueamento das camadas mesozoicas expostas na área (Figura 1). Essa estrutura, conforme conceituada por Soares (1974), foi marcada principalmente pela faixa alongada de afloramentos da Formação Botucatu que se estende para o interior da bacia geológica e se sobressai aos basaltos da Formação Serra Geral. A principal característica é o acunhamento das formações Botucatu e Serra Geral no sentido transversal ao eixo da estrutura, em decorrência do soerguimento e remoção parcial por erosão (Soares, 1974). Soares (1974) discutiu sobre a origem dessa estrutura, que poderia ter sido resultado tanto de processos tectônicos como de intrusão de rochas básicas (diabásios) sem, todavia, chegar a uma conclusão categórica.

De acordo com mapas geológicos do Estado de São Paulo (p. ex. UNESP, 1980; CPRM, 2005), a Formação Botucatu (Jurássico/Cretáceo) distribui-se ao longo do eixo NW do Alto de Jacaré-Guaçu (Figura 1). Essa unidade é constituída predominantemente por arenitos finos a médios, exibindo estratificações cruzadas de grande e médio portes, depositados por processos eólicos em ambiente desértico (Soares, 1973; 1975). O contato basal é feito com a Formação Piramboia por meio de discordância regional (Caetano-Chang, 1997).

A Formação Piramboia (Triássico), subjacente, está representada na porção sudeste do Alto do Jacaré-Guaçu (Figura 1). Essa unidade foi redefinida por Caetano-Chang (1997) como uma sucessão eólica/fluvial, composta por arenitos finos, arenitos siltosos e lamitos arenosos, estes últimos mais frequentes nas porções basais da unidade; arenitos grossos a conglomeráticos também foram constatados na unidade (Paula e Silva, 1988; Caetano-Chang & Wu, 1993). A Formação Piramboia assenta-se, na região, em contato discordante erosivo sobre a Formação Corumbataí (ou Teresina), do Permiano Superior.

Rochas basálticas pertencentes à Formação Serra Geral (Cretáceo Inferior), que ocupam posição estratigráfica superior à Formação Botucatu, compõem apenas contornando o Alto de Jacaré-Guaçu (Figura 1). Esta unidade compreende o conjunto de derrames e rochas intrusivas básicas associadas, produzidas pelo processo tectônico-magmático conhecido como Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967) e foi erodida ou não depositada na zona central da estrutura.

Sedimentos cretáceos do Grupo Bauru, coberturas terciárias e aluviões completam o quadro estratigráfico na região do Alto de Jacaré-Guaçu (Figura 1).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SAG é constituído pelo conjunto de rochas sedimentares mesozoicas continentais siliciclásticas que ocorrem nas bacias do Paraná e Chacoparanaense, limitado em sua base por uma discordância regional permo-eotriássica e no topo pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral (OEA, 2007). No Estado de São Paulo, a discordância regional basal representa o limite superior do Aquitardo Passa Dois, que separa o SAG, acima, do Sistema Aquífero Tubarão, abaixo, representado na área pela unidade litoestratigráfica Corumbataí, de ocorrência restrita em subsuperfície.

A região do Alto do Jacaré-Guaçu, no município de Boas Esperança do sul e entorno, comporta extensas plantações de laranja, boa parte delas pertencentes às importantes indústrias do setor de citricultura. A utilização de água subterrânea é prática comum para irrigação dos pomares e vários poços têm sido perfurados, desde a década de 70, para atender às necessidades dos agricultores.

A análise de relatórios de perfuração de poços construídos na área chamou a atenção pelas vazões inexpressivas extraídas do SAG, em profundidades que alcançavam mais de 200 m. Em dois deles (nº 960 e nº 2774, Figura 1), foram descritas litologias que correspondiam à Formação Corumbataí em profundidades abaixo de 80 m (Quadro 1).

Quadro 1 – Poços que atingiram a Formação Corumbataí.

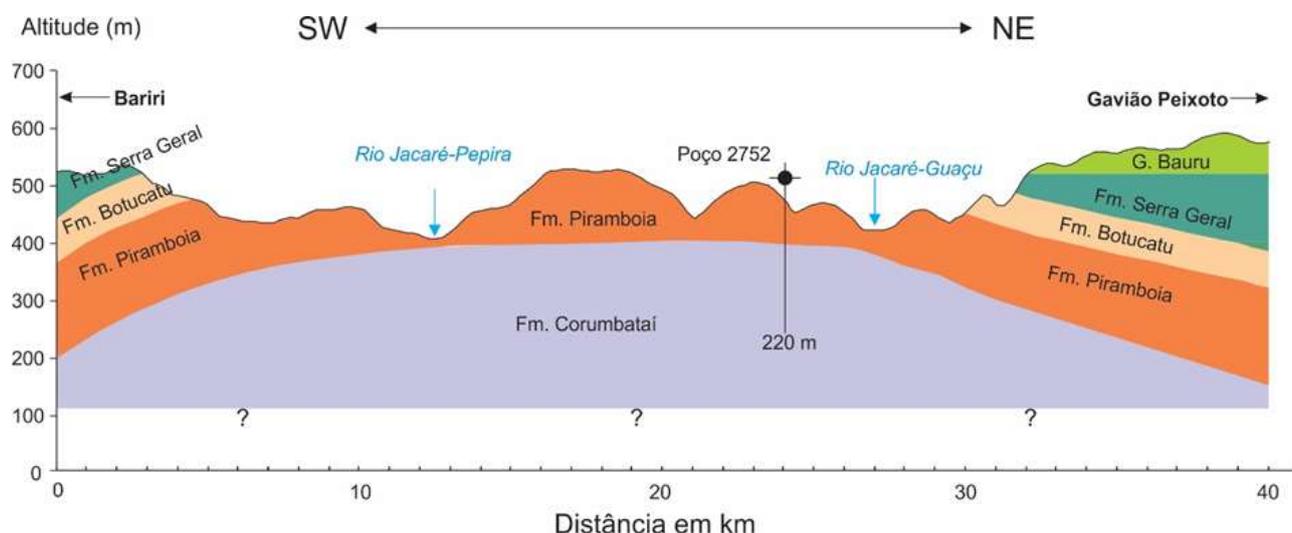
Poço	Profundidade (m)	Espessura (m) Piramboia	Espessura (m) Corumbataí	Vazão (m³/h)	Data
2774	204	80	124	8,8	<1980
960	252	90	162	6,8	1988
931	235	90	145	<5,0	2003
2752	220	78	142	<15,0	2018

O poço nº 931 (Figura 1), situado às margens do Rio Jacaré-Guaçu, com 235 m de profundidade atravessou, comprovadamente, 90 m da Formação Piramboia e 145 m da Formação Corumbataí (Quadro 1). Os arenitos da Formação Piramboia mostraram-se bastante argilosos e a vazão do poço foi inferior a 5 m³/h. A Formação Botucatu, assinalada nos mapas geológicos, não foi constatada.

O poço nº 2752 (Figura 1), perfurado na Fazenda Santa Helena e perfilado, constatou 78 m da Formação Piramboia e avançou até 220 m na Formação Corumbataí (Quadro 1). A Formação Botucatu também não foi constatada nesta perfuração. A descrição litológica e a análise da perfilagem geofísica (Figura 2) mostrou, na porção superior, camadas de arenito fino a muito fino; na porção inferior ocorrem arenitos também finos a muito finos, bastante argilosos. Toda a sucessão é intercalada por frequentes camadas de argilito. O contato com a Formação Corumbataí é marcado por mudança litológica abrupta, com o aparecimento de argilito roxo acinzentado. Os resultados dos testes de bombeamento indicaram vazão de produção da ordem de 20 m³/h.

Uma seção geológica preliminar, transversal ao eixo dessa estrutura, foi esboçada considerando os contatos do SAG com as rochas basálticas da Formação Serra Geral no entorno e a cota de ocorrência da Formação Corumbataí, constatada em poços (Figura 3). A seção SW-NE revela o soerguimento do substrato do SAG, representado pelo Aquitardo Passa Dois, a remoção total da unidade hidroestratigráfica Botucatu, a remoção parcial da unidade hidroestratigráfica Piramboia e atesta a influência dessa estrutura no armazenamento hídrico e potencialidades locais do SAG.

Figura 3 – Seção geológica transversal ao Alto Estrutural da Fazenda Santa Helena (AEFSH).



5. CONCLUSÕES

O Alto Estrutural da Fazenda Santa Helena (AEFSH), cujos limites e extensão ainda não foram definidos em razão da escassez de informações de subsuperfície, corresponde à uma subestrutura alojada no Alto do Jacaré-Guaçu, que afeta as características geométricas e hidrodinâmicas locais do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Sua origem pode estar atrelada às intrusões de diabásio, ocorridas durante a Reativação Wealdeniana, alojadas nas unidades posicionadas estratigraficamente abaixo da Formação Piramboia, todavia, não se descarta uma gênese tectônica.

A Formação Botucatu, registrada em mapas geológicos da área, está ausente ou por erosão ou não deposição, e o Sistema Aquífero Guarani está representado exclusivamente pela porção basal da Formação Piramboia, constituída por arenitos finos, argilosos, intercalados por frequentes de pelitos.

A espessura reduzida e as características litológicas locais do SAG afetam negativamente a transmissividade do aquífero, resultando em poços com baixa produtividade, como constatado nos relatórios de perfuração.

A identificação e delimitação das estruturas geológicas contribui para o planejamento do uso sustentável das águas subterrâneas. A aplicação de métodos geofísicos de superfície, em investigações futuras, permitirá definir a extensão dessa subestrutura.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da plataforma brasileira. Boletim DNPM-DGM, 241, 36 p, 1967.
- ALMEIDA, F.F.M. Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. 187p. (IPT. Relatório, 14.091). 1980.
- CAETANO-CHANG M.R. & WU F.T. A composição faciológica das formações Pirambóia e Botucatu no centro-leste paulista e a delimitação do contato entre as unidades. In: Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 1, Rio Claro, Boletim de resumos expandidos, p. 93. 1993.
- CAETANO-CHANG M.R. A Formação Pirambóia no centro-leste do Estado de São Paulo. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, 196 p. 1997.
- GEODATA - CONSULTORIA E PROJETOS HIDROGEOLÓGICOS. Estudo hidrogeológico com vistas à implantação de empreendimento imobiliário na Fazenda Tangará, Município de São Carlos (SP). Autor: Flavio de Paula e Silva. Relatório interno. 25 p. 2014.
- MILANI E.J. Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a Geodinâmica Fanerozoica do Gondwana Sul-Occidental. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. V.1 texto. V.2 Anexos. 1997.
- PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil - PGB, CPRM, São Paulo. 2005.
- SOARES P.C. Divisão estratigráfica do Mesozoico no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, 5:229-251. 1975.

SOARES P.C., SINELLI O., PENALVA F., WERNICK E., SOUZA A., CASTRO P.R.M. Geologia do nordeste do Estado de São Paulo. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracaju, Anais, v.1, p. 209-236. 1973.

SOARES, P. C. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação de gênese. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBG, v. 1, p. 107-121. 1974.

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Convênio DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo/ UNESP. Escala 1:250.000. 1980.