

GEOMETRIA DO AQUÍFERO TUBARÃO ENTRE OS MUNICÍPIOS DE INDAIATUBA E CAPIVARI (SP)

Geraldo Hideo ODA
Diana Mayumi TAKEUCHI
Sibele EZAKI
Mara Akie IRITANI
Claudia VARNIER
Denise Rossini PENTEADO
Carla Veiga Fernandes LIMA
Alexandre Henrique da SILVA
Nádia Lucia ZUCA
Renan Penasso PACHECO

RESUMO

O Aquífero Tubarão (Bacia do Paraná), embora seja considerado de baixa produtividade, constitui importante fonte de abastecimento público e privado na Região Metropolitana de Campinas e municípios do eixo Sorocaba-Campinas (Estado de São Paulo). Estudos hidrogeológicos da década de 1990 constataram rebaixamento da superfície potenciométrica devido ao bombeamento intensivo de poços, indicando a necessidade de avaliar seu potencial produtivo. Nesse sentido, este trabalho teve como finalidade caracterizar a geometria deste aquífero entre os municípios de Indaiatuba e Capivari (SP). Para tanto, foram elaborados e analisados perfis litoestratigráficos de direção leste-oeste, com base em dados de 1262 poços tubulares. As correlações dos perfis com os mapas geológico, potenciométrico, de espessura de arenito e de contorno estrutural do topo do embasamento cristalino permitem fornecer uma visão tridimensional dos estratos litológicos, auxiliar na locação de novos poços, subsidiar estudos estratigráficos e paleoambientais e melhorar o aproveitamento da água subterrânea. Esses resultados mostram que as regiões mais produtivas estão nos locais onde os poços atravessaram as maiores espessuras de arenito (cerca de 200 a 300 m), ou seja: 1- região central do Município de Capivari; 2- regiões nordeste e centro noroeste do Município de Elias Fausto; 3- região centro nordeste do Município de Monte Mor. Nesta última, verificou-se significativa continuidade lateral dos arenitos, sobrepostos por argilitos e folhelhos, que imprimem localmente um confinamento do aquífero.

Palavras-chave: litoestratigrafia, geometria, Aquífero Tubarão, embasamento cristalino, poços tubulares.

ABSTRACT

The Tubarão Aquifer (Parana basin), despite the low productivity, is a significant public and private source of groundwater for the Metropolitan Region of Campinas and for the municipalities located between Sorocaba and Campinas (São Paulo State). Hydrogeological studies carried out in the 1990's showed the occurrence of potentiometric surface drawdown due to intensive pumping of wells, indicating the need to evaluate its productivity potential. Thus, this study aimed at characterizing the geometry of the aquifer located between the municipalities of Capivari and Indaiatuba (SP). Lithostratigraphic cross sections from east to west were prepared and analyzed based on 1262 pieces of data from wells. Correlations between these cross sections and geologic, potentiometric, and sandstone thickness

maps, as well as structural contour maps of the top of the crystalline basement, provide a three-dimensional view of the lithological bodies, which helps in the location and construction of new wells, serves as the basis for stratigraphic and paleoenvironmental studies and improves the utilization of groundwater. The results showed that the most productive regions are usually located where the wells cross great thickness of sandstone (up to 200 to 300 m depth). These regions are: 1 - central region of Capivari Municipality; 2 - northeast and central-northwest regions of Elias Fausto Municipality; 3 - central-northeast region of Monte Mor Municipality. In the latter, the significant lateral continuity of sandstones, which are overlaid by shales and mudstones, locally causes the aquifer confinement.

Keywords: lithostratigraphy, geometry, Tubarão Aquifer, crystalline basement, drilling wells.

1 INTRODUÇÃO

A geometria de um aquífero fornece dados valiosos tanto para a locação de novos poços, bem como para estudos estratigráficos e paleoambientais. Adicionalmente, contribui para o conhecimento do comportamento hidrogeológico dos aquíferos e fornece subsídios para o planejamento municipal e o uso racional e proteção dos recursos hídricos subterrâneos.

A região entre Indaiatuba e Capivari no Estado de São Paulo foi recentemente escolhida como área alvo para estudos hidrogeológicos de detalhe, a partir da análise de dados de poços (IG 2012). Nessa área há o predomínio da exploração do Sistema Aquífero Tubarão (SAT), considerado um aquífero sedimentar de baixa produtividade na Bacia do Paraná, onde os poços raramente possuem vazões superiores a 10 m³/h (DAEE/IG/IPT/CPRM 2005), devido à heterogeneidade litológica e à descontinuidade das camadas. No entanto, o SAT constitui importante fonte de água subterrânea para abastecimento público e privado de vários centros urbanos, especialmente nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba-Capivari-Jundiaí (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos -UGRHI 5) e Sorocaba-Médio Tietê (UGRHI 10).

A literatura hidrogeológica sobre o SAT nessa região mostra que os estudos têm cunho regional ou de semidetalhe como, por exemplo, DAEE (1981a), DAEE (1981b), LOPES (1984), MANIAKAS (1986), STEVAUX *et al.* (1987), ODA *et al.* (1993), PEREIRA (1997), ODA (1998), VIDAL (2002), NEVES (2005), ODA *et al.* (2005), VARNIER *et al.* (2005) e IG (2009). Por esse motivo, o presente trabalho teve como proposta aprofundar o conhecimento do Sistema Aquífero Tubarão na região entre Indaiatuba até Capivari (porção sul da

UGRHI 5 e limite com a UGRHI 10), uma vez que ela vem apresentando crescente demanda por água e sinais de superexploração das fontes subterrâneas, como já assinalaram ODA *et al.* (1993), ODA *et al.* (2005), DAEE/IG/IPT/CPRM (2005) e DAEE/UNESP (2010).

Diante deste cenário, o principal objetivo foi caracterizar a geometria do SAT, valendo-se de perfis lito-estratigráficos de direção leste-oeste, elaborados a partir de dados de poços tubulares, além de mapas geológico (MG), potenciométrico (MP), de espessura de arenitos (MEA) e de contorno estrutural do topo do Embasamento Cristalino (MTEC).

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo recobre 1.342 km² e abrange os municípios de Indaiatuba, Salto, Monte Mor, Elias Fausto, Capivari e Rafard, porção sul da UGRHI 5 (Figura 1). As suas principais vias de acesso são as rodovias Castelo Branco (SP-280), do Açúcar (SP-380) e Santos Dumont (SP-75).

Rafard e Elias Fausto juntam-se àqueles 20% de municípios do Estado de São Paulo totalmente abastecidos por água subterrânea. Capivari e Monte Mor, apesar de extraírem os maiores volumes de água subterrânea, complementam o abastecimento público com água superficial (Tabela 1).

O abastecimento público na área de estudo é realizado a partir de 140 poços tubulares profundos (11% do total de poços perfurados) e está sob responsabilidade dos serviços de água, abastecimento e esgoto (SAAE), prefeituras, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e associações de moradores. O grande aumento de poços perfurados nas últimas duas décadas está associado ao uso privado (89%

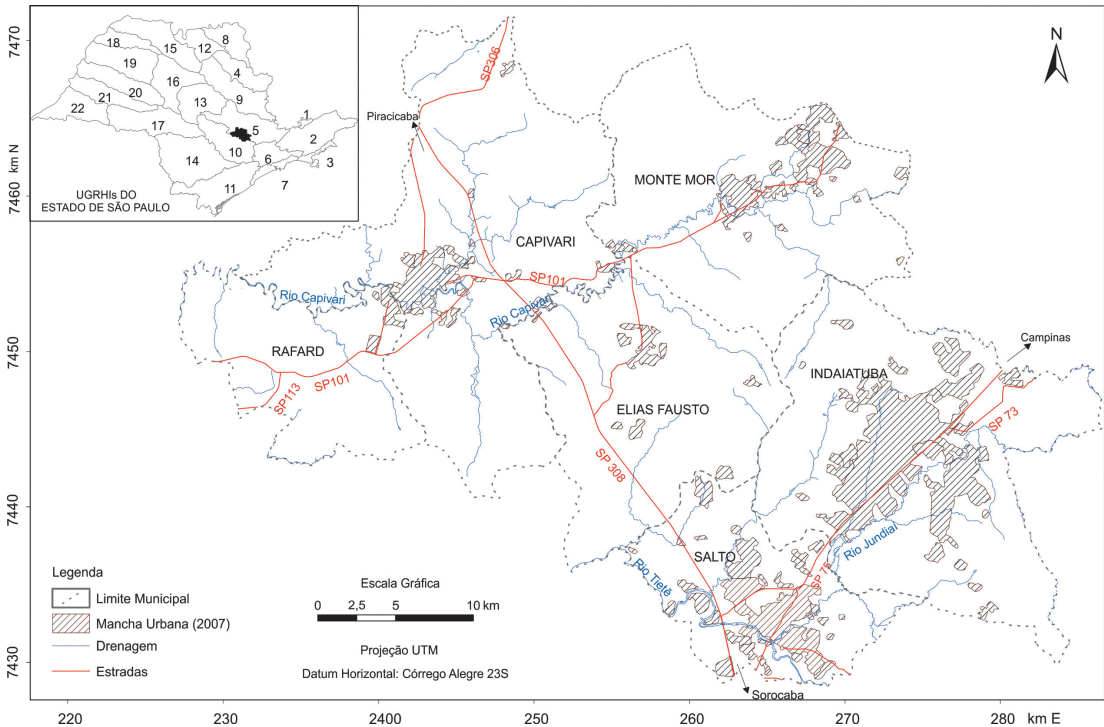


FIGURA 1 – Localização da área de estudo.

TABELA 1 – Produção de água para o abastecimento público na área de estudo (Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS 2008).

Município	Superficial (m ³ /ano)	(%)	Subterrâneo (m ³ /ano)	(%)	Total (m ³ /ano)
Capivari	1.801.340	36,28	3.163.390	63,72	4.964.730
Elias Fausto	0	0	972.990	100,00	972.990
Indaiatuba	22.195.000	99,41	132.000	0,59	22.327.000
Monte Mor	1.894.200	54,05	1.610.210	45,95	3.504.410
Rafard	0	0	659.540	100,00	659.540
Salto	11.294.400	100,00	0	0	11.294.400

do total de poços), que são destinados, principalmente, ao saneamento/doméstico (36,2%), indústria (19,6%), uso agrícola (3,5%), agropecuário (3,1%) ou pecuário (6,6%), lazer (3,1%) e outros usos (2,2%) (Tabela 2).

2.1 Geologia

A área situa-se na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, onde ocorrem rochas sedi-

mentares do Grupo Tubarão em contato com o embasamento cristalino, além de ocorrências de rochas intrusivas básicas (*sills* ou diques) e sedimentos da cobertura cenozoica (DAEE-UNESP 1980). A base geológica utilizada neste trabalho foi compilada do Projeto “Mapeamento faciológico do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo”, escala 1:50.000, elaborado por DAEE/UNESP (1980) (Figura 2).

TABELA 2 – Distribuição de poços por tipo de uso da água e por município (Fonte: IG 2012).

Uso da água	Municípios						Total de poços
	Capivari	Elias Fausto	Indaiatuba	Monte Mor	Rafard	Salto	
Público	49	17	10	36	24	4	140
Saneamento	42	46	245	35	4	85	457
Industrial	44	11	81	39	10	62	247
Agrícola	2	12	15	4	-	11	44
Agropecuário	4	5	13	17	-	-	39
Pecuário	15	18	15	24	2	9	83
Lazer	7	1	16	8	2	5	39
Outros	8	7	8	3	-	2	28
Sem Informação	14	24	80	51	7	9	185
Total	185	141	483	217	49	187	1262

(-) Sem informação

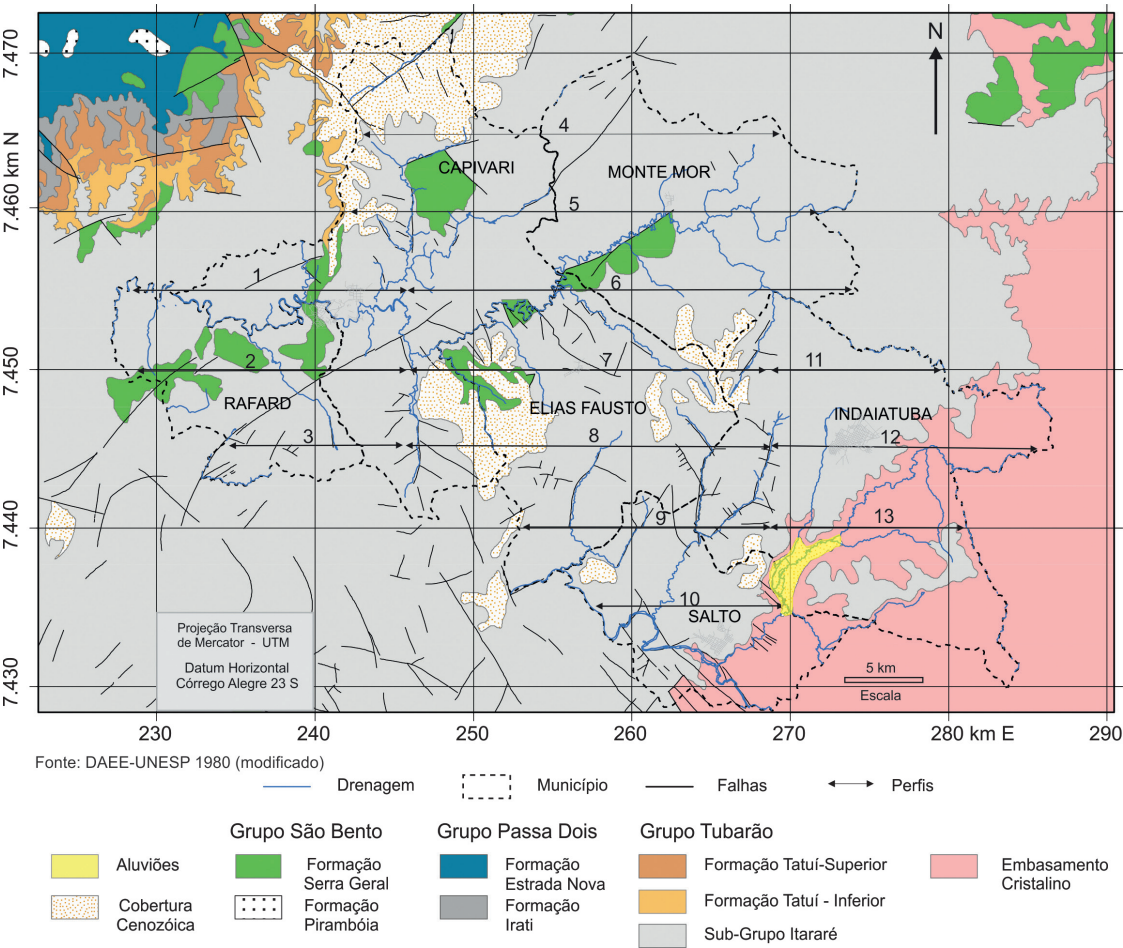


FIGURA 2 – Mapa geológico regional (Modificado de DAEE/UNESP 1980).

O embasamento cristalino é representado por rochas de médio a alto grau metamórfico do Complexo Amparo, que correspondem a gnaisses com intercalações de quartzitos, xistos, anfibolitos, gnditos e metaultrabasitas (NEVES 2005, HASUI *et al.* 1981). Também ocorrem intrusões granitóides encaixadas nos gnaisses e migmatitos, dentre as quais se destaca o Complexo Granitóide Itu ou Granito Itu (GALEMBECK 1997).

A unidade de maior interesse do Grupo Tubação é o Subgrupo Itararé (PETRI 1964). Nas proximidades de Itu esta unidade atinge 300 m de espessura e se adelgaça em direção a leste (ODA 1998). Estes sedimentos foram depositados em vários ambientes deposicionais que se desenvolveram na interface entre o continente e porções marinhas proximais, plataformais e mais distais, sob a influência glacial, consolidando-se em litotipos bastante variáveis e descontínuos. Conforme descrições faciológicas de testemunhos de poços perfurados nos municípios de Capivari e Rafard (PETRI & PIRES 1992, PETRI *et al.* 1996a), esta unidade é composta predominantemente por arenitos com granulometria variada, por vezes arcoseanos e/ou conglomeráticos, diamictitos, siltitos, folhelhos e ritmitos.

Segundo o modelo de sedimentação proposto para a região (PIRES & PETRI 1991, PETRI 1992), estas litologias foram depositadas por fluxos de detritos provenientes de um continente emerso situado a nordeste da área. Tais litologias podem ser correlacionadas considerando o seu posicionamento e admitindo a inexistência de falhas apreciáveis.

Na área aflorante do Estado de São Paulo, o Subgrupo Itararé (PETRI 1964) permaneceu indiviso devido a não comprovação da continuidade lateral de formações, mas, mesmo assim, algumas propostas de associações litológicas e de divisão estratigráfica foram apresentadas por SOARES (1972), SOARES *et al.* (1977), DAEE-UNESP (1980), CAETANO-CHANG (1984), SOUZA FILHO (1986), STEVAUX *et al.* (1987), PETRI & PIRES (1992), entre outros.

No âmbito regional, o Subgrupo Itararé foi dividido nas unidades inferior, média e superior (I e II) por LANDIM & SOARES (1979), as quais foram adotadas nos estudos hidrogeológicos do DAEE (1981a, b). A unidade inferior é composta por arenitos finos a médios, imaturos, com bolsões conglomeráticos, lamitos arenosos conglomeráticos maciços ou com gradação composicional; a unidade média é formada por siltitos e arenitos finos, ritmitos, folhelhos e lamitos arenosos conglomeráticos; e a superior corresponde a arenitos finos a grossos, siltitos e lamitos. Estas três unidades foram deno-

minadas, em escala local, da base para o topo, de formações Itu, Capivari e Tietê na região de Tietê (SP) (SOARES *et al.* 1977), na área da Bacia do Rio Capivari (SP) (STEVAUX *et al.* 1987) e na região do Médio Tietê (SP) (PETRI *et al.* 1996b).

FRANÇA & POTTER (1988) propuseram uma subdivisão lito-estratigráfica do Itararé para toda a Bacia do Paraná, fundamentados, principalmente, em testemunhos de sondagens profundas. A ausência de camadas-chaves dificulta as correlações entre afloramentos mais afastados do Itararé e encobertos por formações mais novas. Diversos pesquisadores já ressaltaram as incertezas dessas correlações. Neste caso, a adoção de unidades locais como as formações Itu e Capivari tornam-se muito úteis em trabalhos de detalhes, como é o da presente contribuição.

Na área deste estudo ocorrem as formações Itu e Capivari. A Formação Itu é basicamente psamítica (PETRI *et al.* 1996b), constituída de arenitos de granulometria variável intercalados com diamictito e outras litologias subordinadas (folhelho rítmico, ritmito). Assenta-se sobre o embasamento cristalino, podendo também conter estrias glaciais e pavimentos de clastos (STEVAUX *et al.* 1987). PETRI *et al.* (1996b) consideram que os arenitos basais correspondem a depósitos não marinhos, transgressivos, acima dos quais depositaram-se ritmitos e outros pelitos representativos de uma fase de afogamento, causado pela brusca elevação do nível do corpo d'água.

A Formação Capivari recobre a Formação Itu e é constituída por siltitos, ritmitos e diamictitos, predominantemente, e arenito fino a médio, argiloso. Esta formação foi bastante observada nos testemunhos de sondagem dos poços perfurados pelo Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (IG-SMA) em Capivari e Rafard, e tem sido associada à ambiente marinho costeiro com transgressão marinha de sudoeste para nordeste. Os estudos de PETRI (1992), PETRI & PIRES (1992) e PETRI *et al.* (1996a) também indicaram um modelo de fluxo de detritos da borda continental - a nordeste - em direção a sudoeste. Nos testemunhos de sondagem de Capivari há predomínio de psamitos, enquanto nos de Rafard sobressaem os pelitos.

A Formação Tatuí sobrepõe-se em discordância erosiva ao Subgrupo Itararé, com depósitos inicialmente continentais, passando para costeiros. Esta formação é constituída de siltitos (predominantes), arenitos finos a conglomeráticos e conglomerados (SOARES 1972, CHAHUD & PETRI 2010, CHAHUD *et al.* 2012).

Rochas ígneas intrusivas básicas, representadas por *sills* e diques de diabásio, ocorrem de for-

ma irregular nas porções oeste, noroeste e norte da cidade de Capivari.

Sedimentos de cobertura cenozoica indiferenciada ocorrem nas porções norte e centro-oeste da área.

2.2 Hidrogeologia

As unidades hidrogeológicas que ocorrem na área estudada compreendem os aquíferos Tubarão, Cristalino e Diabásio. O primeiro é representado pelas rochas sedimentares da Formação Itararé e o segundo, pelas rochas do embasamento cristalino. O Aquífero Diabásio é representado pelas rochas intrusivas básicas, de ocorrência irregular na área. Estes aquíferos são unidades hidrogeológicas heterogêneas, descontínuas e anisotrópicas.

O Aquífero Tubarão constitui a principal fonte de abastecimento de água subterrânea. É caracterizado como granular, de porosidade primária e em condições de confinamento e/ou semiconfinamento. A circulação e o armazenamento de água estão associados tanto aos poros das rochas como às suas descontinuidades estruturais, tais como juntas, fraturas ou falhas (porosidade secundária).

O Aquífero Cristalino aflora nas porções leste dos municípios de Salto e Indaiatuba. Ele é constituído por rochas ígneas e metamórficas do embasamento cristalino, onde o armazenamento e a circulação das águas subterrâneas ocorrem através das fraturas das rochas e/ou do manto de alteração. É classificado como aquífero fraturado ou fissural e de porosidade secundária.

No Aquífero Diabásio a água subterrânea circula preferencialmente pelas fraturas e fissuras abertas nas rochas ígneas intrusivas básicas (diabásio). Esse aquífero possui pouca representatividade na área e ocorre principalmente em subsuperfície e de forma irregular entre os sedimentos do Subgrupo Itararé.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Cadastro de poços

Esta etapa consistiu no levantamento de 1.262 poços perfurados nos seis municípios, que estão registrados no Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, empresas de perfuração mais atuantes na área, SABESP, prefeituras e serviços de água (SAAE). Todos os poços foram visitados em campo, quando se fez a coleta de sua posição global (coordenadas UTM, datum Córrego Alegre 23S) e de informações sobre as condições de exploração (vazão, regime, poço ativo/desativado, proteção sanitária, etc.). Às informações cole-

tadas em campo juntaram-se outras dos relatórios de poços, que foram registradas em uma planilha do programa Access para constituir um banco de dados cadastrais dos poços.

3.2 Confeccção dos perfis lito-estratigráficos

Para a elaboração dos perfis utilizou-se as folhas topográficas de Capivari (1970), Porto Feliz (1970), Americana (1970), Salto (1973), Indaiatuba (1973) e Campinas (1974), escala 1:50.000, editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, além de 60 folhas topográficas 1:10.000 da Secretaria do Planejamento do Estado de São Paulo, editadas entre 1976 e 1979.

Treze perfis leste-oeste foram construídos ao longo das coordenadas UTM 7.465, 7.460, 7.455, 7.450, 7.445, 7.440, 7.435 km N. Seções geológicas de 160 poços tubulares do banco de dados, selecionados por apresentarem relatórios descritivos de empresas que perfuraram na área, auxiliaram nessa tarefa.

As camadas litológicas com espessura inferior a 15 m não foram individualizadas, uma vez que elas não poderiam ser representadas na escala vertical adotada (1 cm = 100 m). Desta forma, as camadas de arenito com granulometria fina, média ou grossa foram agrupadas num único pacote, ou seja, como arenito. As camadas pelíticas/lamíticas pouco espessas (< 15 m) reconhecidas entre pacotes areníticos foram desprezadas, assim como os siltitos foram agrupados aos ritmitos e os argilitos aos folhelhos.

3.3 Mapas de isovalores

As interpretações dos perfis lito-estratigráficos foram correlacionados com os mapas Potenciométrico (MP), de Espessura de Arenitos (MEA) e de Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino (MTEC), confeccionados com o método da krigagem no programa *Surfer 8* (GOLDEN SOFTWARE 2002).

O Mapa Potenciométrico (MP) fornece o sentido de fluxo das águas subterrâneas e as espessuras das rochas saturadas, a partir das altitudes dos níveis estáticos de 698 poços e adotando-se o nível d'água da época da perfuração do poço. Na interpolação dos dados utilizou-se de uma malha de 1.000 m e raio de pesquisa de 4.000 m.

O Mapa de Espessura de Arenitos (MEA) é correlacionável à produtividade do Sistema Aquífero Tubarão, levando-se em conta a espessura total do arenito (fino, médio e grosso) de 1.008 poços. A interpolação foi feita com malha de 500 m e raio de pesquisa de 4.000 m.

O Mapa de Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino (MTEC) foi confeccionado a partir de dados de 282 poços que atingiram o embasamento cristalino. Essa análise foi complementada com os dados de 47 poços que não atingiram o Embasamento Cristalino, mas que forneceram evidências de sua profundidade mínima, o que permitiu a melhor aferição dos resultados. Desse modo, dados de 329 poços foram utilizados; a interpolação dos dados foi feita com malha de 200 m e raio de pesquisa de 3.000 m.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfis litoestratigráficos

Os perfis foram agrupados em quatro regiões (oeste, centro-norte, centro-sul e leste), para facilitar a visualização espacial dos corpos litológicos.

– Perfis da região oeste (Figura 3)

Nesta área os poços concentram-se na área urbana do Município de Capivari (leste do Córrego Mombuca), e na parte central do Município de Rafard (oeste do córrego Monte Alto). Os poços do Perfil 1 atravessaram camadas expressivas de arenitos com espessuras da ordem de 300 a 350 m na região do Município de Capivari. No geral, as rochas pelíticas (siltitos, ritmitos, argilitos e folhelhos) predominam nas porções superiores e intercalam camadas ou lentes de arenitos.

Os poços associados com espessas camadas de arenito (poços 317, 1700, 355 em Capivari e 1832 em Rafard) apresentam, de modo geral, boas vazões (acima de 14 m³/h). Contudo, algumas situações como, por exemplo, os poços 278 e 3831 mostram vazão inferior a 3 m³/h e podem refletir problemas construtivos ou a heterogeneidade litológica do Sistema Aquífero Tubarão.

No Perfil 2, próximo ao limite municipal Rafard-Capivari, poços com espessas camadas de pelitos (1106 e 1082), da ordem de 150 m, possuem vazão inferior a 2 m³/h. A leste, no entanto, a vazão é da ordem de 8 m³/h, quando se atravessa espessas camadas de arenito (poço 1833).

A presença de apenas um poço (1792), com cerca de 60 m de arenito, dificulta a caracterização do SAT na porção sul de Rafard e Capivari (Perfil 3).

– Perfis da região centro-norte (Figura 4)

Os perfis dessa região abrangem a maior parte do Município de Capivari, a totalidade de Monte Mor e a porção norte de Elias Fausto. Na porção oeste predominam associações litológicas da Formação Capivari (PETRI 1992, PETRI & PIRES

1992, PETRI *et al.* 1996a, b); a leste, sobrepondo o embasamento cristalino, há uma transição para os sedimentos da Formação Itu.

Alguns poços nos perfis 4 e 5 estão isolados, não permitindo estabelecer uma correlação litoestratigráfica entre eles. Os poços 1804 (Perfil 4) e 3399 (Perfil 5) possuem profundidade acima de 350 m, mas não atingiram o embasamento cristalino.

Apesar da vazão mediana dos poços do SAT ser de 6,2 m³/h, alguns poços isolados apresentam valores mais elevados (8 até 25 m³/h) em locais onde a espessura do arenito é menor (poços 1805, 1806 – Perfil 5 e 7177 – Perfil 4). Isso mostra que nem sempre existe uma correlação direta entre as vazões e as espessuras dos arenitos, o que reflete a heterogeneidade hidrogeológica e/ou litológica do SAT.

As baixas vazões obtidas nos poços 567 e 3899 (Perfil 5) devem-se ao predomínio de rochas pelíticas.

Na porção leste do Perfil 5 (região de Monte Mor), os poços atravessaram grandes espessuras de rochas sedimentares (acima de 400 m, poço 567) e não atingiram o embasamento. Nesta porção argilitos e folhelhos sobrepõem uma espessa camada de arenitos com significativa continuidade lateral, e lhes impõem, localmente, um confinamento que é corroborado pelo comportamento do poço 4172, jorrante no início de sua exploração. Os poços que exploram esse arenito confinado (575, 4002 e 1578) apresentam vazões acima de 23 m³/h, consideradas altas quando comparadas à mediana regional.

O confinamento dos arenitos por siltitos e ritmitos também pode ser constatado no Perfil 7, na região centro-norte do Município de Elias Fausto. Na porção central deste perfil destacam-se os poços 1637 e 4206 por suas excepcionais vazões (106 m³/h e 68 m³/h), as quais podem estar relacionadas tanto ao confinamento como à existência de falhas. Contudo, a descrição geológica obtida a partir dos relatórios construtivos dos poços não confirma essas estruturas tectônicas, que deverão ser alvo de comprovação em campo.

A porção oeste do Perfil 6 corresponde à continuidade leste do Perfil 1 e também a área urbana de Capivari. Apesar da semelhança lito-estratigráfica observada no Perfil 1, os poços do Perfil 6 são em geral, mais rasos e menos produtivos.

Na porção leste do Perfil 6, sul do Município de Monte Mor, os poços estão afastados uns dos outros, são rasos e possuem vazões de 2,5 a 18 m³/h. Predominam arenitos na porção superior do perfil, porém menos espessos, se comparados aos da região de Capivari.

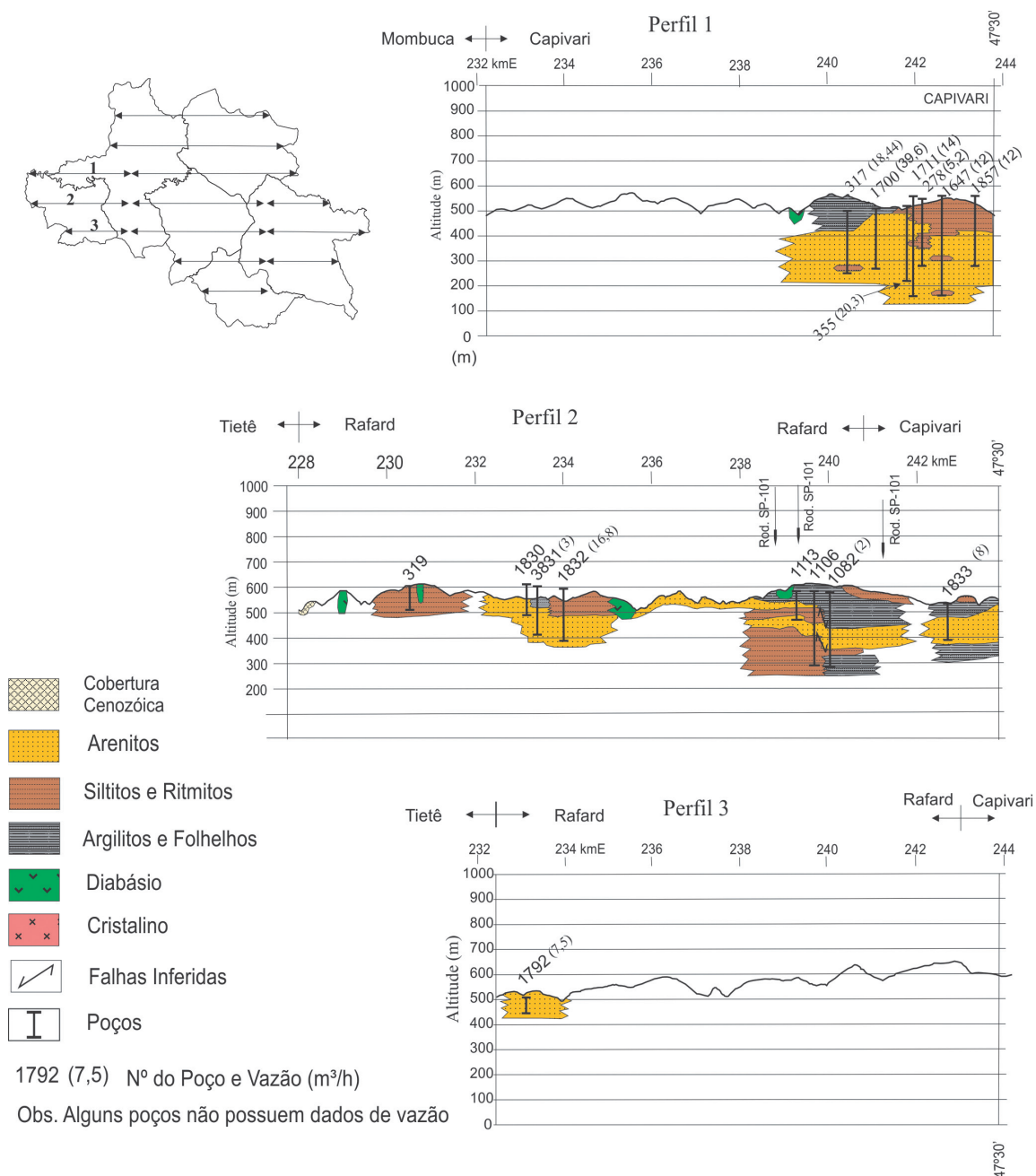


FIGURA 3 – Perfis lito-estratigráficos da porção oeste da área de estudo.

A espessura das rochas sedimentares diminui para leste, rumo à borda da bacia sedimentar, mas podem avançar até cerca de 15 km dentro do Município de Campinas, conforme estudo da geometria do SAT realizado por ODA et al. (1996). Nessa região a espessura máxima de arenito é de 150 m.

– Perfis da região centro-sul (Figura 5)

Esses perfis cobrem a parte sul dos municípios de Capivari e Elias Fausto, avançando para Indaiatuba e Salto.

No Perfil 8, entre as longitudes 248 a 259 km E, o pacote sedimentar é de 150 a 300 m, com predomínio de arenitos. Como não atingiram o embasamento cristalino, a espessura total do Sistema Aquífero Tubarão é superior a 300 m, sendo cortado por *sills* ou diques de diabásio, como mostram os poços 1629 e 4182. Atravessando grande espessura de arenitos, os poços 3850 e 4308 apresentam boas vazões, de 18,46 m³/h e 10,5 m³/h, respectivamente.

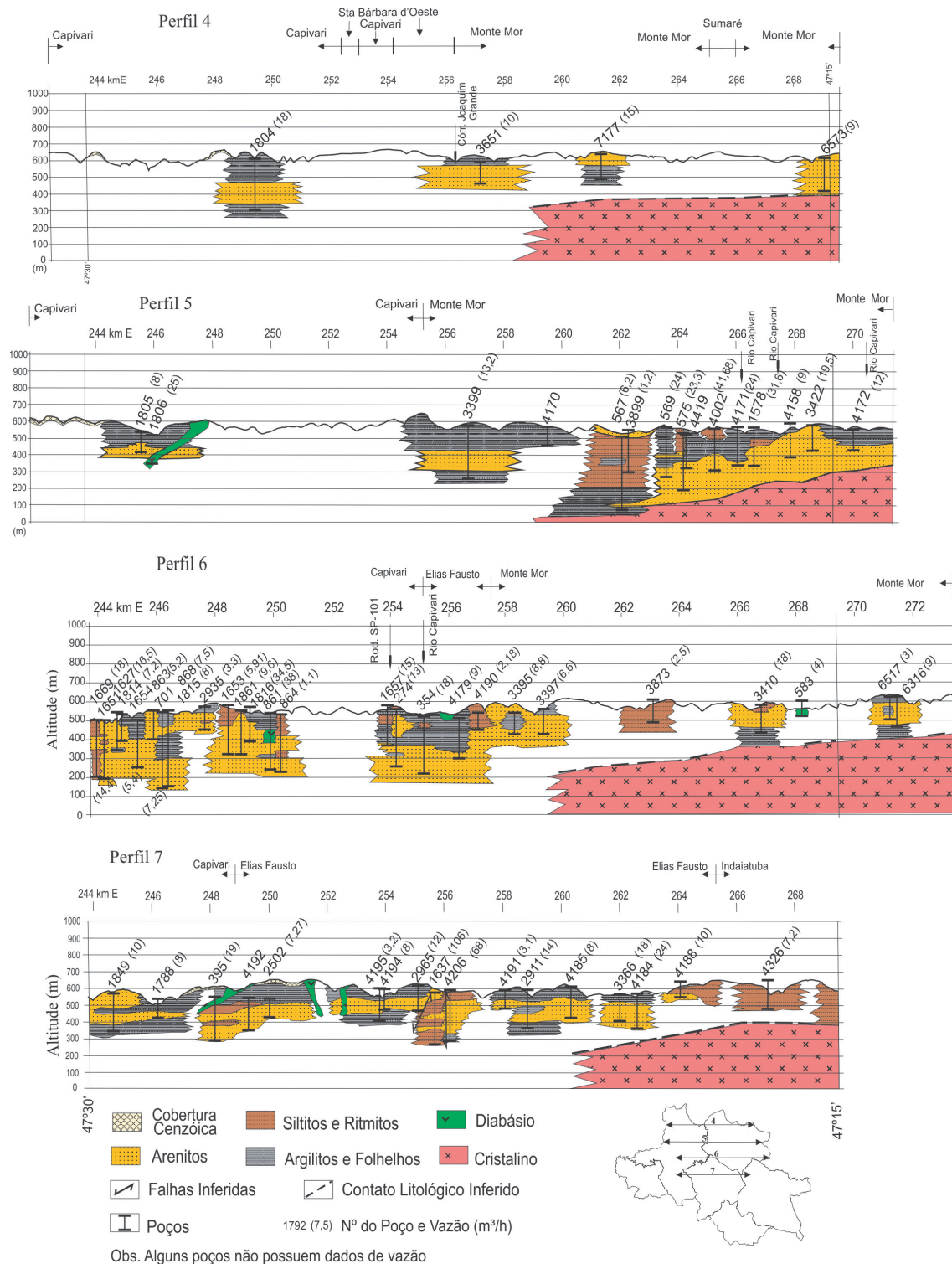


FIGURA 4 – Perfis litoestratigráficos da porção centro-norte da área de estudo.

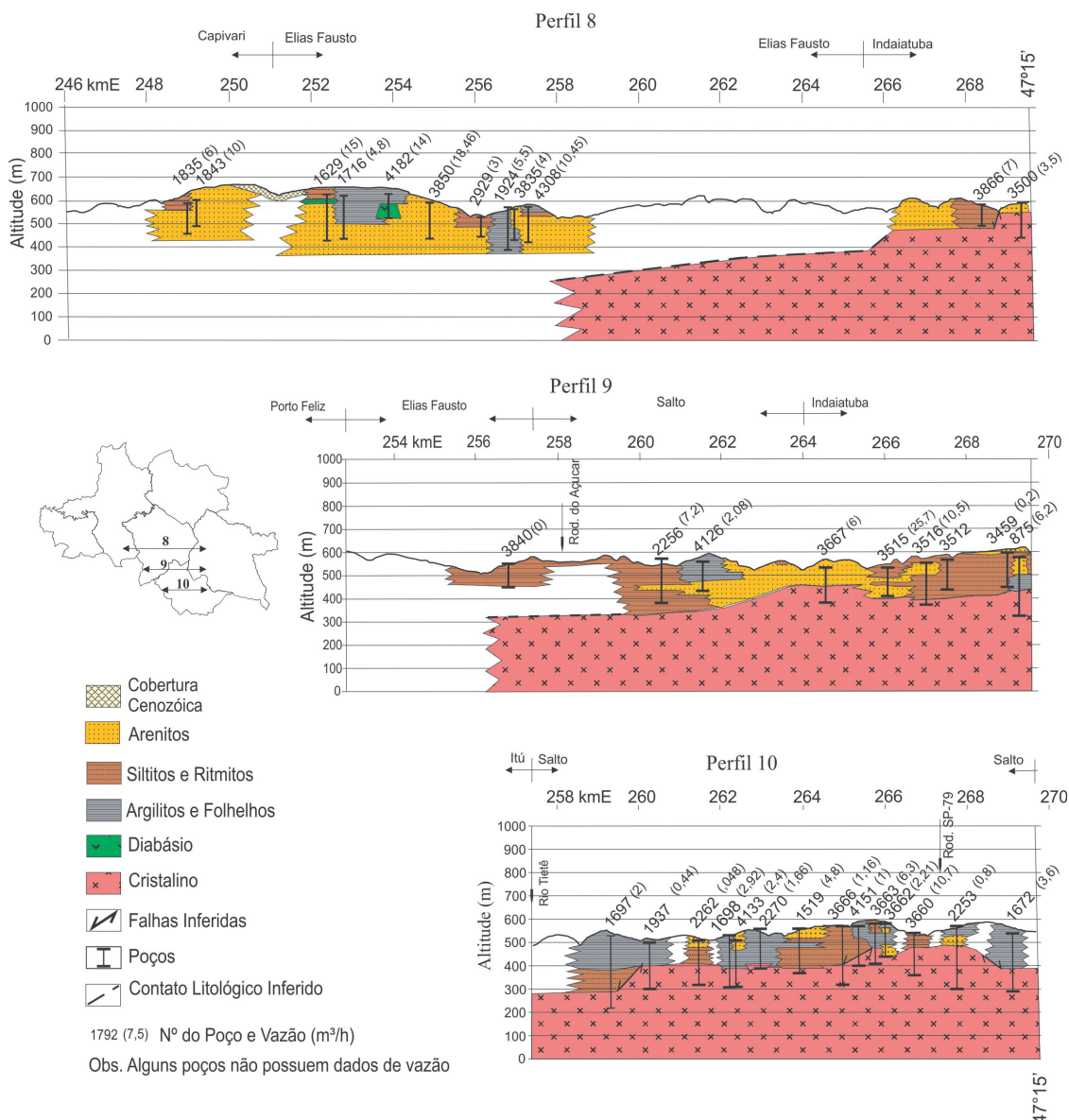


FIGURA 5 – Perfis litoestratigráficos da porção centro-sul da área de estudo.

Na porção leste dos perfis 8, 9 e 10, o pacote sedimentar do SAT, correspondente à Formação Itu, com espessuras de 50 a 200 m, assenta-se sobre o embasamento cristalino.

Na porção central do Perfil 9 (entre 261 a 267 km E) ocorre uma camada arenosa com espessura entre 100 a 150 m, com vazões variáveis de 2,08 a 25,7 m³/h. A oeste há apenas um poço cadastrado, praticamente seco (3840), que perfurou cerca de 100 m de siltitos e ritmitos.

No Perfil 10 (parte central do Município de Salto) a espessura do SAT é da ordem de 150 m, com predomínio de pelitos (argilitos, folhelhos, siltitos e ritmitos). Os poços são de baixa

produtividade, em geral com vazão inferior a 3 m³/h, e atingem cerca de 200 m de profundidade. Segundo DAEE/UNESP (1980), ocorrem falhas normais de direção nordeste, subordinadamente noroeste (NEVES 2005, EZAKI 2011) (Figura 2), na porção oeste de Salto, as quais devem influenciar as diferenças de espessura de sedimentos observadas no perfil.

– Perfis da região leste (Figura 6)

Esses perfis representam a borda da bacia sedimentar, onde os pacotes sedimentares correspondentes à Formação Itu estão em contato com o embasamento cristalino no Município de Indaiatuba.

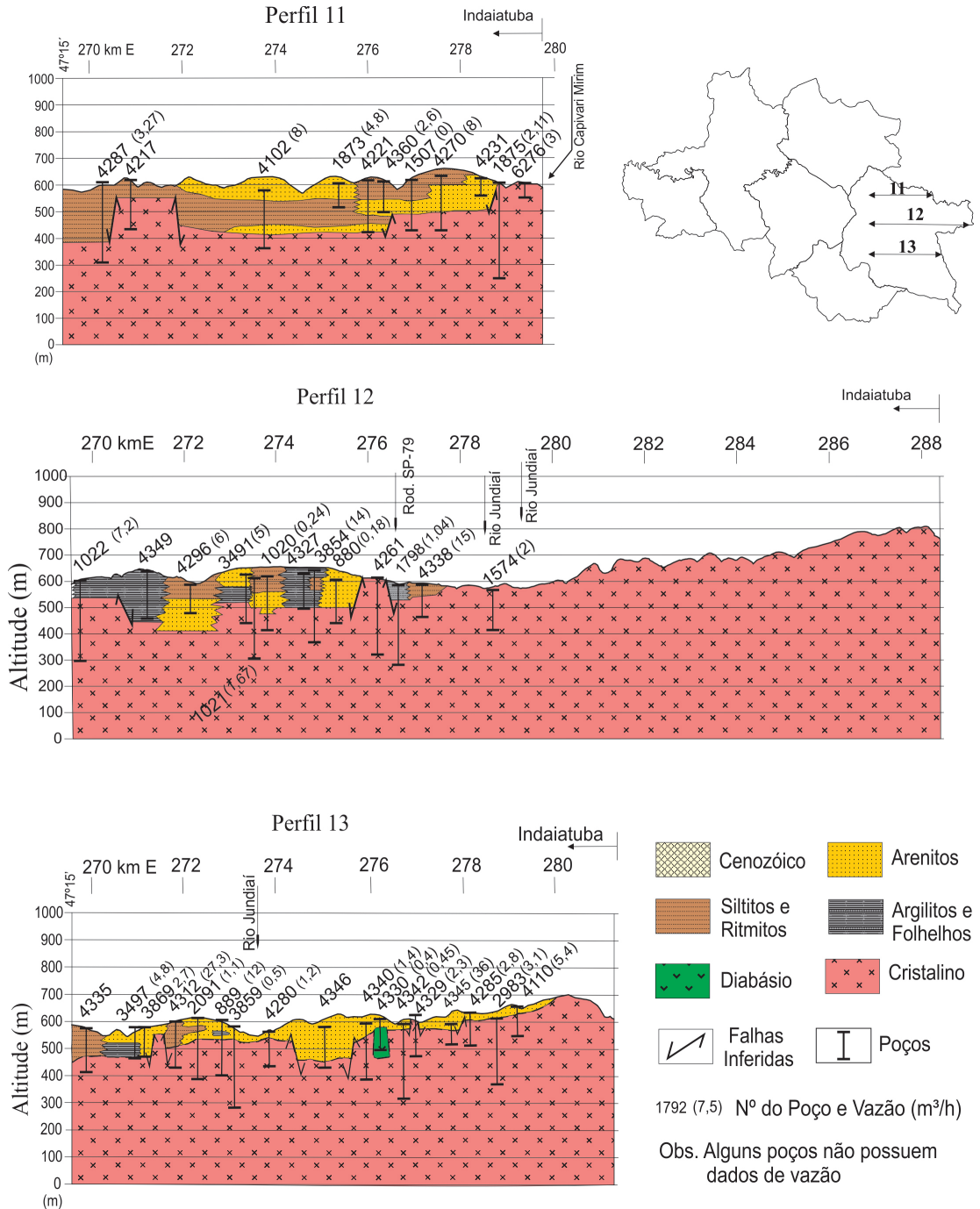


FIGURA 6 – Perfis litoestratigráficos da porção leste da área de estudo.

Apesar de diminuição da espessura no sentido leste, as rochas sedimentares chegam a atingir 200 m.

Apesar da ocorrência de arenitos, predominam pelitos (siltitos e ritmitos) nos perfis 11 (especialmente na porção oeste) e 12. Os poços apresentam vazões baixas, em geral inferiores a 4 m³/h, inclusive aqueles que exploram apenas o Sistema Aquífero Cristalino.

No Perfil 11, entre as longitudes 270 e 272 km E, há um alto estrutural evidenciado pelos poços 4287, com 220 m de sedimentos, e o poço 4217, que atingiu o embasamento cristalino com apenas 72 m de profundidade. Estruturas similares, inferidas como falhas nos perfis 11, 12 e 13, devem ser averiguadas por mapeamento geológico ou

métodos geofísicos. Os altos e baixos topográficos (irregularidades e depressões) do embasamento podem ter sido gerados tanto por fatores tectônicos como glaciais, pela ação erosiva causada por geleiras (SALVETTI 2005).

No Perfil 12 as camadas sedimentares apresentam maior variação de tipos litológicos e são descontínuas lateralmente, o que pode explicar a menor produtividade de alguns poços, como, por exemplo, os poços 4296 e 1020, com vazões de, respectivamente, 6,0 m³/h e 0,24 m³/h.

Em geral, há grande variação na produtividade dos poços e algumas vazões mais elevadas podem ter influência de estruturas tectônicas, como o poço 4327, com vazão de 14 m³/h. Há também a influência do Sistema Aquífero Cristalino (SAC), uma vez que a maior parte dos poços atravessa os dois aquíferos (SAT e SAC), como o poço 880 (Perfil 12), com vazão muito baixa, de 0,18 m³/h, e o 4338 (Perfil 12), que provavelmente capta mais água do Cristalino, com vazão de 15 m³/h.

Em síntese, duas características geológicas dessa região explicam a grande variação de produtividade dos poços: o acunhamento dos depósitos do Subgrupo Itararé em direção à área de exposição do Pré-Cambriano e a grande quantidade de falhas afetando estes depósitos. Aliás, toda a borda leste do Estado de São Paulo em contato com os depósitos do Itararé possui estas características, que são bem evidentes na região de Jundiá (SOUZA et al. 2000).

No Perfil 13, na porção centro-sul do Município de Indaiatuba, predomina uma fina camada de arenitos (50 a 100 m de espessura), que pode atingir 133 m (poço 4346). Cabe salientar que no “Mapa Faciológico do Supergrupo Tubarão” (DAEE/UNESP 1980), esta porção foi mapeada como Embasamento Cristalino. Entretanto, hoje inúmeros poços comprovam a existência dessa camada de rochas do Subgrupo Itararé. Em geral os poços possuem vazões baixas, inferiores a 3 m³/h, com exceção do poço 4345, que explota o aquífero Cristalino e cuja vazão de teste forneceu 36 m³/h.

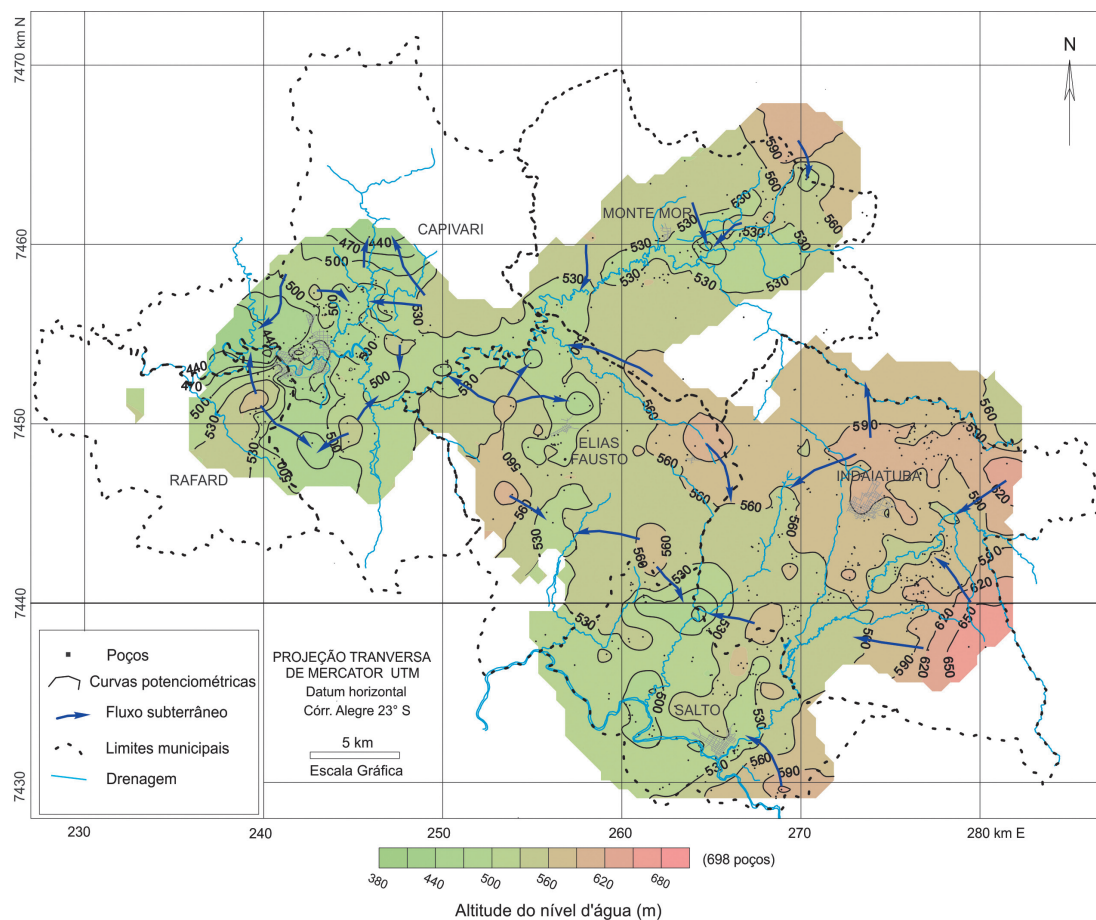


FIGURA 7 – Mapa Potenciométrico (MP) entre Indaiatuba e Capivari.

4.2 Fluxo das águas subterrâneas

O Mapa Potenciométrico (MP) mostra que o fluxo da água subterrânea segue das porções topograficamente mais elevadas para as mais rebaixadas. Os fluxos fluem dos espigões e divisores de água para as calhas dos rios de maior porte (Tietê, Jundiá, Capivari, Capivari-Mirim). As altitudes do nível d'água (cotas potenciométricas) máximas situam-se na porção leste da área, onde predomina o Sistema Aquífero Cristalino, ao passo que as altitudes mínimas são encontradas na porção oeste, nas cidades de Capivari e Rafard, sob o domínio do Sistema Aquífero Tubarão (Figura 7).

A superfície potenciométrica, às vezes, sofre modificações em função da concentração de poços ou de intensos regimes de bombeamento, que podem até provocar o seu rebaixamento. Neste caso, o tempo de repouso do poço é geralmente muito curto para que o nível d'água se recupere totalmente, resultando em um rebaixamento residual progressivo ao longo de décadas. Por outro lado, caso haja uma concentração

de poços, ocorrerá uma somatória dos cones de rebaixamento. Há indícios de que esse fato esteja ocorrendo na área urbanizada de Capivari, onde a retirada de água subterrânea é mais intensa e prolongada (IG 2012). É necessário destacar que o rebaixamento progressivo da superfície potenciométrica poderá levar à diminuição da espessura saturada do aquífero e à queda de produtividade dos poços ao longo do tempo.

4.3 Mapa de Espessura de Arenitos (MEA)

O Mapa de Espessura de Arenitos (Figura 8) foi elaborado para indicar áreas potenciais de maior produção de água associadas à presença de arenito e, assim, subsidiar o planejamento de uso e proteção da água subterrânea. Nesse mapa foram delineadas somente as curvas de isovalores de espessuras superiores a 50 m. As porções brancas do mapa correspondem àquelas áreas sem poços (sem informação) ou, ainda, onde as espessuras são inferiores a 50 m.

Algumas áreas mostram espessuras acima de 100 m, como em Capivari-Rafard (perfis litoestra-

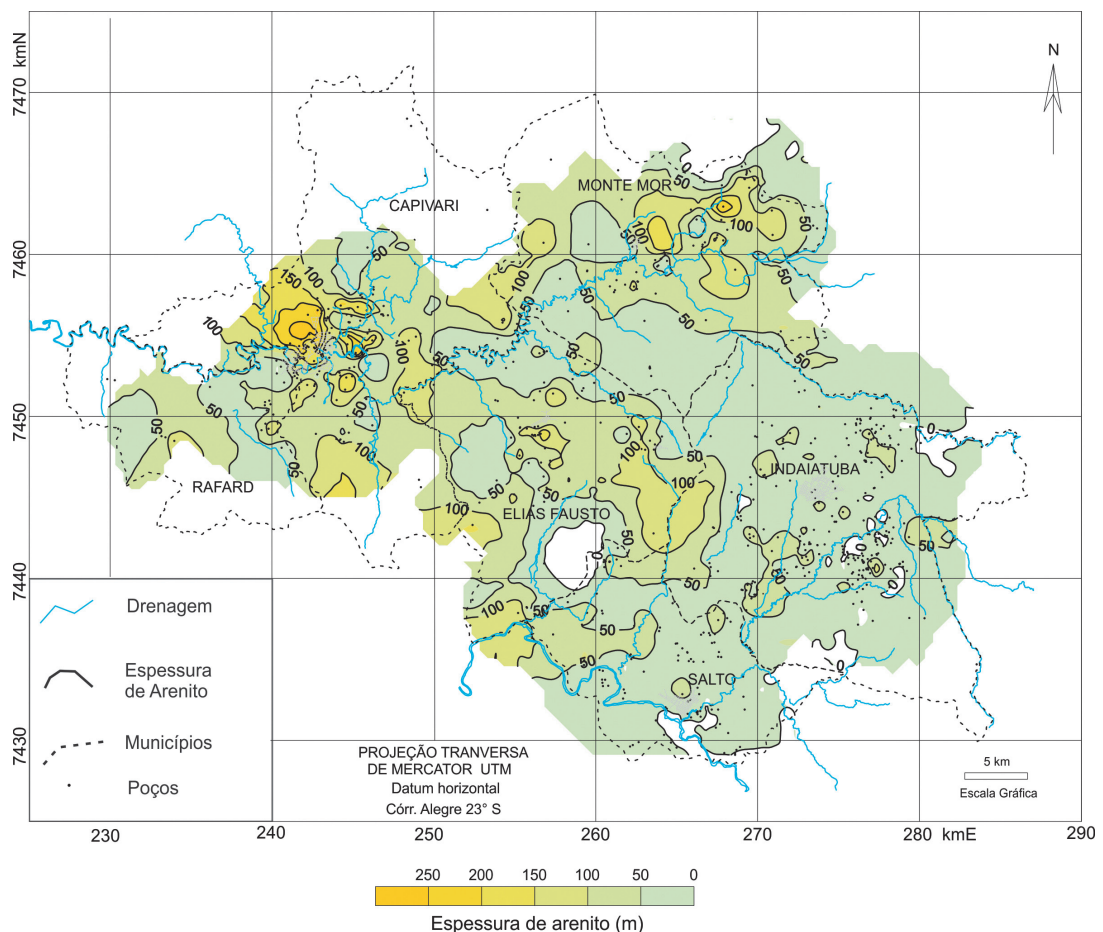


FIGURA 8 – Mapa de Espessura de Arenito (MEA) entre Indaiatuba e Capivari-Rafard.

tigráficos 1, 2 e 6), Monte Mor (Perfil 5) e Elias Fausto (perfis 6, 7 e 8), que correspondem a regiões com maior produtividade de água.

As porções mais arenosas do MEA podem ser visualizadas nos perfis litoestratigráficos (Figuras 3 a 6), tanto em profundidade como na distribuição lateral dos estratos litológicos.

Nos municípios de Salto e Indaiatuba, próximos à borda da Bacia Sedimentar do Paraná, há predomínio de litologias de granulometria fina, como siltitos, ritmitos, argilitos e folhelhos, e a espessura total dos sedimentos varia de 0 até 120 m, inferior em relação às áreas a oeste.

4.4 Mapa de Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino (MTEC)

O mapa MTEC (Figura 9) permite constatar que o relevo do embasamento cristalino mergulha para noroeste, sob os sedimentos do Subgrupo Itararé.

Na construção dos perfis leste-oeste (Figuras 3 a 6) verificou-se que muitas quebras de continuidade litológica lateral podem estar associadas à falhas, como, por exemplo, nos perfis 7, 10, 12 e 13. Algumas quebras de relevo podem ter sido acentuadas por erosão glacial (SALVETTI 2005).

PIRES & PETRI (1991) e PETRI (1992) concluíram que a fonte dos sedimentos do Subgrupo Itararé seria um continente emerso a nordeste da área. Segundo estes autores, os sedimentos foram depositados por fluxos de detritos provenientes deste continente.

As isolinhas de altitude do embasamento mostram um relevo acidentado com muitos altos e baixos. Algumas porções rebaixadas deste mapa alinham-se nas direções nordeste (principal), noroeste e leste-oeste, sendo que a primeira é concordante com a direção dos fluxos de detritos.

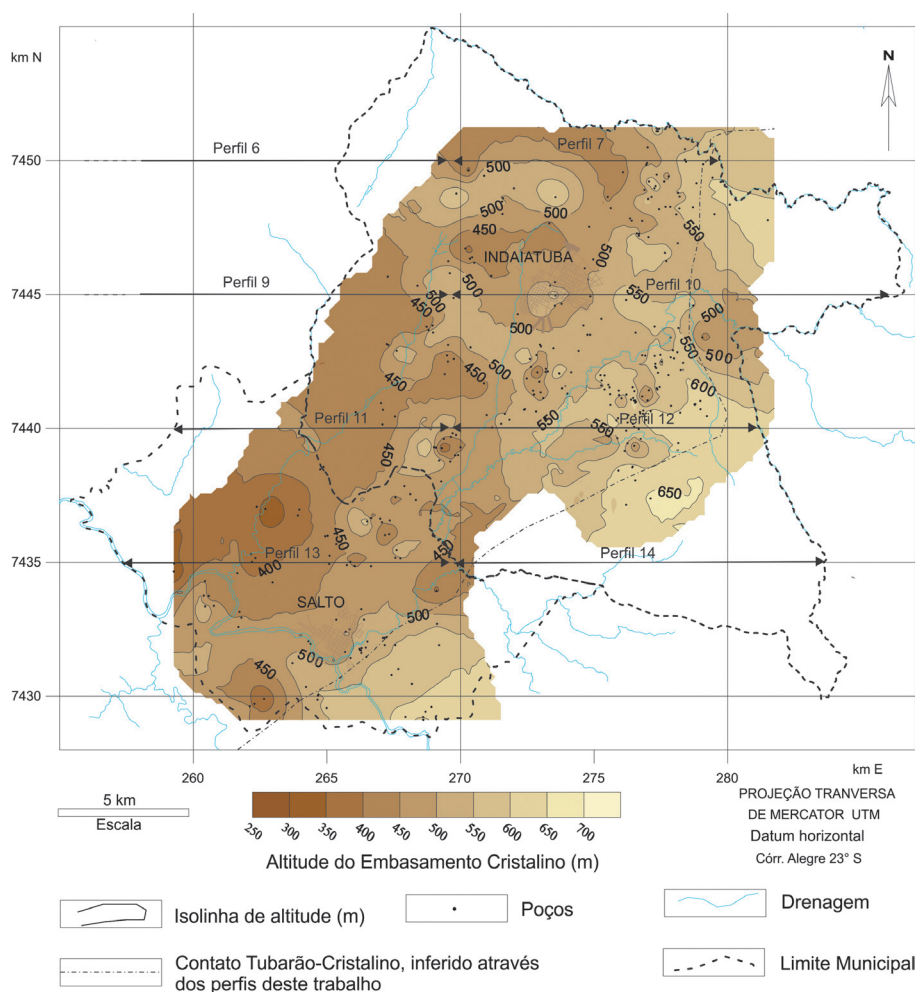


FIGURA 9 – Mapa do Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino (MTEC) da região entre Salto e Indaiatuba.

5 CONCLUSÕES

Os perfis litoestratigráficos constituem importante fonte de informações sobre a geometria dos corpos geológicos e, conseqüentemente, da disposição das lentes e estratos arenosos, de interesse principalmente para a prospecção de água subterrânea. Estas informações são importantes para o planejamento ambiental dos municípios, no sentido de se proteger o recurso hídrico subterrâneo, mediante o estabelecimento de diretrizes de controle de perfuração de poços e de quantidade de água explotada por aquífero.

A correlação dos perfis com os mapas de isovalores de contorno estrutural do topo do embasamento, espessura de areia e potenciométrico auxiliam na caracterização dos aquíferos. Essa comparação deve ser feita com ressalvas, uma vez que na confecção destes mapas ocorre o efeito de suavização (média) dos valores muito diferenciados e/ou isolados. Na região de contato entre o Grupo Tubarão e o Embasamento Cristalino ou na região dos poços mistos, foram inferidas várias falhas que justificam as variações litológicas laterais.

As regiões mais produtivas, em geral, localizam-se onde os poços atravessaram maior quantidade de estratos arenosos. Estas regiões são: (1) região central do Município de Capivari, (2) regiões nordeste e centro-noroeste do Município de Elias Fausto e (3) porção centro-nordeste do Município de Monte Mor. Em geral, nos municípios de Salto e Indaiatuba os poços apresentam baixa produtividade, com exceção de pequenas porções a oeste destes municípios.

No Mapa de Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino (MTEC) da região de Salto e Indaiatuba foram observadas porções rebaixadas do embasamento ao longo de três direções: nordeste (principal), noroeste e leste-oeste, que correspondem às direções de estruturas predominantes do Pré-Cambriano. A direção nordeste corrobora a ideia de que a fonte dos sedimentos da Formação Itararé seria um continente emerso, situado a nordeste desta área.

O trabalho indica áreas potencialmente produtivas e outras de menor potencial de exploração. Pelo fato do Aquífero Tubarão ser considerado um aquífero de baixa produtividade, é necessário recomendar um controle no ritmo de aproveitamento da água subterrânea pelos poços em atividade, e para aqueles que venham a ser instalados na região.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao FEHIDRO pelo auxílio financeiro concedido (Contrato FEHIDRO 450/2006), aos revisores pelas contribuições, aos funcionários do Instituto Geológico, e aos estagiários Fernanda Hobo, Felipe Silva Silles, Jacqueline Silva Silles, Mirella Rosenberger e Mauricio Viotti.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAETANO-CHANG, M.R. 1984. Análise Ambiental e Estratigrafia do Subgrupo Itararé (PC) no Sudoeste do Estado de São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 309 p.
- CHAHUD, A.; PETRI, S. 2010. Contribuição ao estudo do Petalodonte Itapyrodus punctatus Silva. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 10: 67-75.
- CHAHUD, A.; PACHECO, M.L.A. F.; MEIRA, F.V.E.; ROMERO, G.R.; PETRI, S. 2012. Paleontology and depositional environments of the Tatui and Irati formations (Permian) in the Ponte Nova Form, Ipeuna, State of São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 42: 198-212.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 1981a.. Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa 5. Campinas. DAEE, São Paulo, 2 vol.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 1981b. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa 4. Sorocaba. DAEE, São Paulo, 2 vol.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA/IG – INSTITUTO GEOLÓGICO/ IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO/ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2005. Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. G. Rocha (coord.). São Paulo, 119 p., mapa.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA/UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO. 1980. Mapeamento faciológico do Subgrupo Tubarão. Convênio DAEE-UNESP, Escala 1:50.000.

- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA/UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO. 2010. Regionalização de diretrizes de utilização e proteção das águas subterrâneas – Bacias do Leste. DAEE/UNESP, São Paulo (Relatório Técnico Final).
- EZAKI, S. 2011. Hidrogeoquímica dos Aquíferos Tubarão e Cristalino na Região de Salto (SP). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 180 p.
- FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 2 (2-4): 147-191.
- GALEMBECK, T.M.B. 1997. O Complexo Múltiplo, centrado e pluriserial Itu – SP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Tese de Doutorado, 374 p.
- GOLDEN SOFTWARE. 2002. Surfer version 8.0. surface Mapping System. Colorado, Golden Software, Inc.
- HASUI, Y.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. 1981. O embasamento Pré-Cambriano e Eopaleozóico em São Paulo. In: F.F.M. de Almeida, Y. Hasui, W.L. Ponçano, A.S.L. Dantas, C.D.R. Carneiro, M.S. de Melo, C.A. Bistrichi. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1: 500.000, p. 12-45.
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 1990a. Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos: ocorrência e exploração. Folha de Salto de Pirapora – SP. 1:50.000. IG/SMA, São Paulo, 1v. (Relatório Técnico do Instituto Geológico).
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 1990b. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento da região do Município de Sorocaba (SP). IG/SMA, São Paulo. 1v. e mapas
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 1991. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP). IG/SMA, São Paulo, 2 v. (Relatório Técnico do Instituto Geológico).
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 1993. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas (SP). IG/SMA, São Paulo, 3 v. (Relatório Técnico do Instituto Geológico).
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 1995. Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico na porção média da bacia do Rio Piracicaba. São Paulo. IG/SMA, São Paulo, (Relatório Técnico do Instituto Geológico).
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 2009. Projeto: publicação em mídia eletrônica das cartas geológicas executadas pelo Instituto Geológico (SMA/SP) para subsidiar a ocupação e uso do meio físico na região entre Sorocaba e Campinas: subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP). A.L. Teixeira (org.). IG/SMA, São Paulo, 81 p.
- IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. 2012. Identificação de áreas potenciais de restrição e controle de captação e uso das águas subterrâneas na porção sul da UGRHI 5 – Projeto ARC-TUB1. São Paulo. 2v. (Relatório Técnico do Instituto Geológico).
- LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C. 1979. Mapeamento Faciológico do Grupo Tubarão. São Paulo, Convênio DAEE-UNESP. (Relatório Final).
- LOPES, M.F.C. 1984. Água subterrânea no Estado de São Paulo. Síntese das condições de ocorrência. In: ABAS, CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza, *Anais*, 1: 305-317.
- MANIAKAS, S. 1986. Estudos geofísicos integrados à geologia da Bacia Hidrográfica do Baixo Capivari – SP (Subgrupo Itararé e intrusivas associadas). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 180 p.
- NEVES, M.A. 2005. Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na bacia do rio Jundiá (SP). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, Tese de Doutorado, 200 p.
- ODA, G. H. 1998. Contribuição à hidrogeologia da Região entre Salto e Pirapora de Itu (SP): análise da produtividade, ocorrência e circulação das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Tubarão e Cristalino. Instituto de

- Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 100 p.
- ODA, G.H.; BOTELHO, P.F.; IRITANI, M.A.; BERTOLO, R.A.; DINIZ, H.N. 1993. Contribuição das Águas Subterrâneas para o Abastecimento de Capivari SP. *In: ICHS/UFM, ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE*, 4, Cuiabá, *Anais*, 381-388.
- ODA, G.H.; IRITANI, M.A.; HASSUDA, S.; LOPES, M.F.C.; FERREIRA, L.M.R.; BERTOLO, R.A.; YOSHINAGA, S.; HIRATA, R.C.A. 1996. Geometria dos Aquíferos e Circulação das Águas Subterrâneas no Município de Campinas. *Cadernos IG/UNICAMP*, 6(2):18-36.
- ODA, G.H.; IRITANI, M.A.; FERREIRA, L.M.R.; SILVA, A.H.; ROCHA, G.A. 2005. Proposta Metodológica para Exploração Racional do Sistema Aquífero Tubarão no Estado de São Paulo. *In: ABAS, ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS*, 14, e SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2, Ribeirão Preto, CD-ROM, 13 p.
- PEREIRA, S.Y. 1997. Proposta de representação cartográfica na avaliação para estudo de planejamento e meio ambiente. Exemplo da Região Metropolitana de Campinas-SP. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 190 p.
- PETRI, S. 1964. Grupo Tubarão. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, 41: 56-63.
- PETRI, S. 1992. Litofácies e significado paleoambiental dos sedimentos Itararé na região Capivari-Rafard. *Revista do Instituto Geológico*, 13(1): 7-30.
- PETRI, S.; PIRES, F.A. 1992. O Subgrupo Itararé (Permocarbonífero) na região do Médio Tietê, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 301-310.
- PETRI, S.; MENDONÇA, C.A.; BOLOGNA, M. de S.; COUTINHO, J.M.V.; VIEIRA, P.C.; BOTELHO, P.F. 1996a. Correlação estratigráfica de poços para captação de água subterrânea na região Capivari-Rafard/SP: descrições litológicas macroscópicas, microscópicas e perfis geofísicos. *Revista Brasileira de Geociências*, 26(1): 25-34.
- PETRI, S.; VIEIRA, P.C.; ODA, G.H.; FERNANDES, P.B. 1996b. O Subgrupo Itararé, Permocarbonífero da Região do Médio Tietê, Estado de São Paulo, estudos de subsuperfície. *Revista do Instituto Geológico*, 17(1/2): 63-78.
- PIRES, F.A.; PETRI, S. 1991. O Subgrupo Itararé na Região Capivari-Rafard. *In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 2, São Paulo, *Atas*, p. 391-396.
- SALVETTI, R.A.P. 2005. Sistemas Depositionais e Paleogeografia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná), na Região entre Itu e Indaiatuba, SP. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 100 p.
- SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2008. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Ministério das Cidades. Disponível em <http://www.snis.gov.br>. Acessado em: abr./2011.
- STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.; TEIXEIRA, J. A.; LANDIM, P.M.B. 1987. Sistemas deposicionais do Subgrupo Itararé (P-CP) na bacia hidrográfica do baixo Rio Capivari (SP): um modelo de prospecção de água subterrânea. *In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 6, Rio Claro, *Atas*, 1: 335-374.
- SOARES, P.C. 1972. O limite glacial – pós-glacial no Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44 (suplemento): 333-341.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; SINELLI, O.; WERNICK, E.; WU, F.; FIORI, A.P. 1977. Associações litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 131-149.
- SOUZA FILHO, E.E. 1986. Mapeamento faciológico do Subgrupo Itararé na quadrícula de Campinas (SP). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 121 p.
- SOUZA, P.A.; BATEZELLI, C.V.B.; DI PASQUO, M.; AZCUY, C.L.; SAAD, A.R.; PERINOTTO, J.A.J. 2000. Ocorrência de palinórfos no Subgrupo Itararé (Carbonífero/Permiano da Bacia do Paraná) na região de Jundiá (SP,

Brasil). *Revista Universidade Guarulhos, Geociências*, V(número especial): 28-32.

PÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2, Ribeirão Preto, CD-ROM, 14 p.

VARNIER, C.L.; ODA, G.H.; IRITANI, M.A.; SILVA, A.H.; SILVEIRA, E.L. 2005. Caracterização Hidrogeológica Preliminar do Sistema Aquífero Tubarão em Rafard e Capivari – SP. *In: ABAS, ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS*, 14, e SIM-

VIDAL, A.C. 2002. Estudo hidrogeológico do Aquífero Tubarão na área de afloramento da porção central do Estado de São Paulo. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, Tese de Doutorado, 109 p.

Lista de endereços:

Geraldo Hideo Oda, Diana Mayumi Takeuchi, Sibele Ezaki, Mara Akie Iritani, Claudia Varnier, Denise Rossini Penteado e Renan Penasso Pacheco – Instituto Geológico, Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo, Av. Miguel Stéfano, 3.900, Água Funda, CEP: 04301-903, São Paulo, SP. *E-mails:* ghoda1947@gmail.com, dimatake@gmail.com, sibezaki@igeologico.sp.gov.br, mara.iritani@terra.com.br, claudia.varnier@igeologico.sp.gov.br, drossinisp@gmail.com, re_nan_12@hotmail.com

Carla Veiga Fernandes Lima – Agência Nacional de Águas (ANA), Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Bloco “B”, CEP: 70610-200, Brasília, DF. *E-mail:* carla.veiga@gmail.com

Alexandre Henrique da Silva – Prefeitura Municipal de Santo André, Rodovia Índio Tibiriçá, km 39,5, Parque Andreense, CEP: 09160-220, Santo André, SP. *E-mail:* ahssantos@santoandre.sp.gov.br

Nádia Lucia Zuca – PwC, Av. Francisco Matarazzo, 1.400, Água Branca, CEP: 05.001-902, São Paulo, SP. *E-mail:* nadiazuca@gmail.com