

SÍNTESE DO CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO

José Eduardo Campos¹; Luciana M. R. Ferreira²; José Luiz Albuquerque Filho³ &
Marisa C. Kakazu⁴

Resumo – Neste trabalho é apresentado um panorama das principais características hidrogeológicas do Sistema Aquífero Sedimentar da Bacia de São Paulo, representado pelas formações Resende, São Paulo, Tremembé, Itaquaquetuba e coberturas alúvio-coluvionares, recentemente classificadas em duas unidades hidrogeológicas: Aquífero Resende e Aquífero São Paulo. O ambiente deposicional da bacia teve forte condicionamento tectônico caracterizado por um sistema de hemi-grabens basculado para NNW, sendo mais notável o Graben do Baquirivu-Guaçu. Outra feição estrutural de importância hidrogeológica é o *Astroblema de Colônia*, isolado do corpo sedimentar principal e localizado ao sul da cidade de São Paulo. O ambiente tectônico implicou em que a borda norte da bacia, sítio deposicional proximal, fosse preenchida com maior predominância por sedimentos fanglomeráticos, mais grosseiros, gradando lateralmente para sedimentos lamíticos arenosos de ambiente deposicional distal, a sul. O comportamento espacial hidrodinâmico destas unidades foi analisado, em caráter preliminar, a partir do mapa de capacidade específica do Sistema Aquífero Sedimentar. São também abordados alguns aspectos do uso e da proteção das águas subterrâneas e dos programas previstos no Plano de Bacia do Alto Tietê.

Abstract – An overview on the main hydrogeological characteristics of the Sedimentary Aquifer System of São Paulo Basin is being discussed in this paper. The system has been represented by formations namely known as Resende, São Paulo, Tremembé, Itaquaquetuba covered by newly alluvial and colluvial sediments. Recently they have been classified in two hydrogeological units: Resende Aquifer and São Paulo Aquifer. The depositional environment of the basin was strongly influenced by tectonics with a predominant hemi-graben system tilting NNW with Baquirivu-Guaçu Graben standing out. Important hydrogeological feature is also the *Astroblema de Colônia*, isolated from the main sedimentary body and located south São Paulo. The tectonical environment was such that the north border of the basin was filled mainly with gross sediments and moving down to the

¹ Geólogo, Departamento de Águas e Energia Elétrica –(DAEE), Rua Butantã, 285 Pinheiros, São Paulo - SP. Fone: (11) 3814-1766 ramal 2175, e-mail: josecampos@daee.sp.gov.br

² Geógrafa, Instituto Geológico (IG/SMA), Av. Miguel Stéfano, 3900 Água Funda, São Paulo - SP. CEP 04301-903. Fone: (11)5077-2160. e-mail: lumartin@igeologico.sp.gov.br

³ Geólogo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532. Cidade Universitária -São Paulo, SP. CEP 05508-901. Fone: (11) 3767-4362. e-mail: albuzelu@ipt.br

⁴ Estagiária, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532. Cidade Universitária - São Paulo, SP. CEP 05508-901, Fone:(11) 3767-4362, e-mail: ck@zipmail.com.br.

south a gradually predominance of sandy and silty sediments. A spatial hydrodynamic behaviour of these units was preliminary studied from the map of specific capacity of the Sedimentary Aquifer System defining the setting of the area. In addition, it is made some approaches related to the use and protection of underground water as well as groundwater resources programs of the Alto Tietê Basin Plan.

Palavras-chave: Sistema Aquífero, Graben de Baquirivu-Guaçu, Astroblema de Colônia

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas ocorrentes na Bacia Sedimentar de São Paulo têm assumido grande importância estratégica para os diversos tipos de uso na cidade de São Paulo e região, com predominância do abastecimento industrial e, mais recentemente, é considerada uma alternativa mais viável para alguns núcleos urbanos isolados do sistema de abastecimento principal, como pretende, por exemplo, o município de Guarulhos. Entretanto, esses mananciais ainda carecem de um efetivo programa de proteção e uso racional, conforme concluíram Hirata & Ferreira (2001)^[1] em recente trabalho desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Desta forma, torna-se necessária uma atuação coordenada e integrada dos órgãos governamentais que inclua medidas de fiscalização e controle, bem como das universidades e institutos de pesquisa, pois ainda é flagrante a necessidade do desenvolvimento de estudos e projetos que busquem melhorar o conhecimento das características físicas e do funcionamento hidráulico dos aquíferos, estabelecer e desenvolver o modelo hidrogeológico, dentre outros, como já diagnosticado por Rocha *et al.* (1989)^[2].

Do ponto de vista da geologia propriamente dita, interessantes estudos foram desenvolvidos, merecendo destaque Riccomini & Coimbra (1992)^[3] e Takiya (1997)^[4], tendo este último sistematizado as diversas fontes de informações com relação ao conhecimento das características geológico-geotécnicas das unidades sedimentares da Bacia. Mais recentemente, Hirata & Ferreira (2001)^[1] agruparam essas unidades sedimentares em duas unidades hidrogeológicas: Aquífero Resende e Aquífero São Paulo, que compõem o Sistema Aquífero Sedimentar da Bacia de São Paulo (SAS), no qual presume-se que as características texturais e as maiores espessuras saturadas dos sedimentos do Aquífero Resende explicam, em parte, os valores médios de capacidade específica da ordem de 0,91 m³/h/m, superiores aos valores médios, da ordem de 0,48 m³/h/m, do Aquífero São Paulo, obtidos pelos autores nos poços cadastrados.

ÁREA DE OCORRÊNCIA

Os sedimentos continentais terciários da Bacia Sedimentar de São Paulo estão distribuídos irregularmente na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) Alto Tietê, ocupando uma área de pouco mais de 1.000 km² (Figura 1). Tais sedimentos constituem uma área que coincide, grosso modo, com o município de São Paulo e arredores, cuja zona urbana abriga atualmente uma população da ordem de 13 milhões de habitantes. Os sedimentos ocorrem desde as cidades de Arujá e Embu-Guaçu, numa extensão de 75 km e entre Santana (município de São Paulo) e a cidade de Santo André, com extensão de 25 km. São verificadas ainda ramificações a leste, passando pelas cidades de Mogi da Cruzes, Biritiba Mirim e arredores de Salesópolis e, para o sul, no bairro de Engenheiro Marsillac (município de São Paulo), ramificações estas de pequena expressão em área (Riccomini & Coimbra, 1992 e Takiya, 1997)^{[3][4]}. Importante área de sedimentação, isolada do principal núcleo sedimentar, é a feição circular conhecida como Astroblema de Colônia, distante 35 km ao sul da Praça da Sé (centro da cidade de São Paulo), resultante de impacto de um corpo celeste (meteorito ou cometa), em cuja cratera estima-se uma espessura de mais de 400 m de sedimentos neocenozóicos (Figura 2) (Riccomini *et al.*, 1992)^[5].

CONTEXTO TECTÔNICO

O sistema aquífero sedimentar (SAS) insere-se num intrincado arcabouço estrutural que teve implicações genéticas no ambiente deposicional, decorrentes do denominado *Rift* Continental do Sudeste Brasileiro – RCSB (Riccomini & Coimbra, 1992)^[3]. Nesta condição a bacia é caracterizada como um *hemi-graben* basculado para NNW (Figura 1), preenchido por sedimentos de variadas litologias, que se encontram situados entre as cotas de cerca de 520 m no eixo Moóca - Guarulhos e 833 m no espigão da Avenida Paulista. A mais notável feição tectônica conhecida, inclusive sob o ponto de vista hidrogeológico, é o Graben de Baquirivu-Guaçu, identificado em poços de abastecimento do Aeroporto Internacional de Guarulhos (Mariano & Silveira, 1984 e Diniz, 1996)^{[6][7]}. Duas importantes estruturas tectônicas cortam a área de cerca de 163 km²: a primeira formada pela falha do Rio Jaguari, de caráter normal, com direção E-NE e a segunda, posterior a primeira e hidrogeologicamente mais importante, secciona toda a bacia do rio Baquirivu-Guaçu, direção NE-SW, provocada por esforços tectônicos compressivos (Figura 3) (Diniz, 1996)^[7].

SEQUÊNCIA ESTRATIGRÁFICA

O pacote sedimentar da Bacia de São Paulo é composto pelas formações Resende, Tremembé e São Paulo (Grupo Taubaté) e pela Formação Itaquaquetuba. Esta seqüência é completada pelas coberturas aluvionares e coluvionares quaternárias, que ocupam as planícies dos principais rios da Bacia do Alto Tietê.

A Formação Resende é a unidade de maior expressão em área e caracteriza-se pela presença de depósitos de sistema de leques aluviais predominando conglomerados polimíticos, brechas e diamictitos, lamitos por vezes associados a arenitos e conglomerados do sistema fluvial entrelaçado. A fácies proximal é comumente verificada na borda norte da bacia, tectonicamente ativa à época de deposição destes sedimentos, onde podem alcançar mais de 200 m de espessura. Os lamitos têm expressiva ocorrência dentro da unidade, principalmente em superfície. Os contatos superiores com as formações São Paulo e Tremembé são interdigitados. Os depósitos fanglomeráticos da Formação Resende são relacionados com a abertura do *Rift* Continental do Sudeste Brasileiro e com o desenvolvimento de leques aluviais (Riccomini & Coimbra, 1992)^[3].

A Formação Tremembé compreende camadas tabulares de argilas siltosas de coloração preta a cinza esverdeadas e de localização restrita na bacia. Próximo à estação Barra Funda do Metrô, na Zona Oeste de São Paulo, atingem espessuras de até 60 m (Takiya, 1997)^[4].

A Formação São Paulo é constituída por depósitos de sistema fluvial meandrante. Litologicamente é composta por conglomerados, arenitos com estratificação plano-paralela, passando a acanaladas e cruzadas, gradando para siltitos laminados e argilitos, caracterizando depósitos de canal, barra de pontal e planície de inundação (Takiya, 1997)^[4]. Comumente os depósitos são associados a couraças ferruginosas, sustentando altas colinas (cotas 750-760 m) (Riccomini & Coimbra, 1992)^[3], como verificado no espigão central situado na região da Avenida Paulista.

A Formação Itaquaquecetuba é uma seqüência de arenitos grossos arcoseanos, mal a medianamente selecionados, exibindo estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, de sistema fluvial entrelaçado, associado a leques aluviais. São observados principalmente em cotas abaixo de 710 m sob os sedimentos aluviais dos rios Tietê, Tamandateí e Pinheiros. Os estratos podem conter níveis argilo-siltosos, eventualmente arenosos, de coloração castanho-escuro, ricos em matéria orgânica. Os sedimentos apresentam elevada porcentagem de areia, variando em espessuras de 20 a 130 m, encontrados sob as aluviões dos rios Tietê, próximo ao Parque São Jorge e em Pinheiros (Takiya, 1997)^[4].

Os depósitos coluviais são representados por linhas de seixos e horizonte argiloso ou arenoso. Os depósitos aluviais quaternários são compostos por conglomerados sobrepostos por areias médias com estratificações cruzadas acanaladas de até 2 m de espessura, dispostos pelas extensas planícies aluviais dos rios Tietê, Pinheiros, Tamandateí, Aricanduva, Cabuçu e seus principais tributários (Riccomini & Coimbra, 1992 e Takiya, 1997)^{[3][4]}.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Todo o pacote sedimentar que é classificado como Aquífero Sedimentar São Paulo, recebeu de Hirata & Ferreira (2001)^[1] uma proposta de reclassificação hidrogeológica das unidades descritas, passando a denominar-se Sistema Aquífero Sedimentar (SAS), subdividido em Aquífero Resende e Aquífero São Paulo (Figura 4). Estes autores, analisando dados de poços, identificaram vazões médias de 9,51 m³/h e 15,24 m³/h, e valores de capacidade específica médios de 0,48 m³/h/m e 0,91 m³/h/m, respectivamente para os aquíferos São Paulo e Resende. Valores bem mais significativos, no entanto, foram verificados na zona Norte (3,04 m³/h/m), zona Leste e centro de São Paulo (1,15 m³/h/m) e em Guarulhos (1,05 m³/h/m), correspondentes ao aquífero Resende.

O comportamento espacial da capacidade específica destas unidades hidrogeológicas, comparando o mapa da Figura 4 e a distribuição da capacidade específica do SAS da Figura 5, ainda não possibilita análises e caracterizações precisas dos Aquíferos Resende e São Paulo e esta limitação é justificada, em parte, pelas variações horizontais e verticais das mesmas (interdigitações, truncamentos por falhamentos, etc.). Esta caracterização só é possível em algumas áreas, como no caso de Guarulhos, onde ocorrem os sedimentos mais grosseiros da Formação Resende, e porque os poços utilizados no traçado correspondem aos cinco poços do aeroporto, conhecidamente de maior potencial. Assim, em etapa posterior, será necessário complementar o mapa com dados de poços bem construídos, descrição litológica criteriosa, ensaios de bombeamento completos e bem executados, entre outras informações geológicas e hidrogeológicas de superfície e subsuperfície.

Para o Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) como um todo, segundo DAEE (1975)^[9], os valores de transmissividade variam de 15 a 70 m²/dia, com média de 50 m²/dia e as vazões variam entre 10 e 20 m³/h. Os coeficientes de porosidade efetiva têm valor médio de 6% (SABESP-CEPAS/IGc-USP, 1994)^[10]. Na região da Cidade Universitária, SABESP-CEPAS/IGc-USP (1994)^[10] obtiveram valores de condutividade hidráulica variando entre 3.10⁻³ e 7.10⁻⁴ cm/s e coeficientes de armazenamento entre 6.10⁻³ e 7.10⁻⁴. Na região do *graben* do Baquirivu-Guaçu, Diniz (1996)^[7] obteve valores de transmissividade variando de 1,2 a 113,5 m²/d e coeficiente de armazenamento variando de 0,024 a 2,5.10⁻⁴ e vazões com valor médio de 25 m³/h. Mariano & Silveira (1984)^[6] obtiveram vazões de até 120 m³/h nos poços que abastecem o Aeroporto Internacional de Guarulhos.

A Hidrogeologia, Sondagens e Perfurações, ao executar a perfuração de poços para o abastecimento público no município de Guarulhos, atravessou os sedimentos no complexo *graben* Baquirivu-Guaçu e atingiu o embasamento cristalino em um dos poços após perfurar 320 m, na cota topográfica de 770 m, resultando, portanto, na cota do topo do embasamento igual a 450 m. Testes preliminares neste poço acusam capacidade específica da ordem de 2 m³/h/m, e vazão de mais de

100 m³/h. A existência de camadas confinantes com níveis potenciométricos hidráulicamente independentes não é descartada (Hidrogesp comunicação verbal, Maio 2002).

No Astroblema de Colônia, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), necessitando reforçar o abastecimento das comunidades que lá habitam, perfurou mais três poços, além dos dois já existentes, construídos em 1988 e 1989, sendo que o de 1989 atravessou 263 m de sedimentos próximo à borda da estrutura (Figura 2). Os três últimos poços foram perfurados em 2000 e 2001, sendo que o último atravessou 290 metros de sedimentos, com uma vazão jorrante de 16 m³/h. A vazão de teste é de 180 m³/h com nível dinâmico de 10,34 m.

POTENCIALIDADES E USOS

Segundo Hirata & Ferreira (2001)^[1] as Reservas Permanentes do SAS atingem um total 8.758 Mm³ e as Reservas Reguladoras cerca de 472 Mm³/ano em situação de ocupação urbana, onde a taxa de infiltração se reduz, estando incluídas neste valor as perdas das redes de distribuição de água. As Reservas Explotáveis corresponderiam a 50% da reguladora que, em condições de ocupação, resultam em 236 Mm³/ano.

Vale lembrar que uma parcela das águas subterrâneas proveniente do manto de alteração do sistema aquífero cristalino flui rumo ao sistema sedimentar, contribuindo com sua recarga e essas águas são então drenadas através da soleira de Barueri, constituindo o escoamento básico total da Bacia do Alto Tietê, que pode atingir 988 Mm³/ano (Hirata & Ferreira, 2001)^[1].

Um consistente diagnóstico das condições do uso das águas subterrâneas foi apresentado por estes autores que, para isso, realizaram um cadastramento junto às principais empresas de perfuração atuantes na região e verificaram que a indústria ainda é o setor que mais utiliza este recurso, com 43% do total, seguido pelo domiciliar (23%), comércio de água (8%), público (5%), recreativo (4%) e outros (17%).

O mercado da perfuração conta atualmente com um grande número dos chamados mini-poços, com vazões da ordem de 1 m³/h. As estimativas de extração das águas subterrâneas, com base nos estudos que compreenderam toda a Região Metropolitana de São Paulo, permitem inferir um consumo total do Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) ao redor de 5 m³/s. Em toda a Bacia do Alto Tietê calcula-se a existência de cerca de 8.000 poços ativos e estão sendo perfurados a cada ano cerca de 500 novos poços, sendo a maioria nos aquíferos sedimentares, dos quais menos de 10% são outorgados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Diante disso é razoável admitir que estes poços não estejam distribuídos homoganeamente nos sistemas aquíferos e um possível adensamento pode provocar problemas localizados de rebaixamento induzidos pelo bombeamento e acarretar interferências entre si, com prejuízos aos proprietários dos poços vizinhos (Hirata & Ferreira, 2001)^[1].

QUALIDADE NATURAL E RISCOS DE POLUIÇÃO

Sob condições naturais as águas subterrâneas do Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) são consideradas boas para consumo humano, com sólidos totais dissolvidos (STD) menores que 500 mg/l, sendo que o ferro é o elemento mais restritivo, cujos teores raramente ultrapassam 5 mg/l (Rebouças, 1992)^[11].

Segundo Matos (2001)^[12], as águas do SAS são classificadas como predominantemente bicarbonatadas cálcicas. As principais características hidroquímicas dessas águas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1- Síntese das características hidroquímicas das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar de São Paulo (Matos, 2001)^[12]

| Local | pH | Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Íons predominantes | Fonte |
|---------------------------------------|-----|--|--|------------------------------|
| Centro-Oeste - município de São Paulo | 5-8 | 5-760 | HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} | Parisot (1983) |
| Cidade Universitária | 5-6 | 27-185 | HCO_3^- , Ca^{2+} | Szikszy <i>et al.</i> (1990) |
| Cidade Universitária | 3-7 | 36-690 | HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} | Iritani (1993) |
| Sumaré e Pompéia | 4-7 | 50-300 | HCO_3^- , Ca^{2+} | Menegasse-Velasquez (1996) |
| Itaquera | 4-7 | 22-321 | HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} | Silva (2000) |

No entanto, a qualidade natural das águas subterrâneas é ameaçada quando se considera a existência de fontes potenciais de poluição em locais vulneráveis.

Hirata & Ferreira (2001)^[11] classificaram os aquíferos da Bacia Sedimentar de São Paulo quanto à vulnerabilidade natural à poluição utilizando o método desenvolvido por Foster & Hirata (1988)^[13]. Segundo esta classificação o Aquífero São Paulo apresenta média vulnerabilidade e o Aquífero Resende e as coberturas neocenoicas alta vulnerabilidade.

As principais fontes de poluição presentes na área são indústrias, áreas de destinação final de resíduos sólidos domiciliares e os postos de serviço. Recentemente (Maio de 2002) a CETESB divulgou a relação das áreas contaminadas do Estado de São Paulo. Foram identificadas 160 áreas contaminadas na Região Metropolitana de São Paulo, a grande maioria postos de serviço.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos anos 80, de modo geral, alguns trabalhos hidrogeológicos contribuíram com informações relevantes para a compreensão de algumas áreas da Bacia Sedimentar de São Paulo, como descreveu Rocha *et al.* (1989)^[2], por exemplo. Na ocasião estes autores já sugeriram as seguintes linhas estratégicas para futuros trabalhos na área de Hidrogeologia:

- Cadastramento de campo dos poços perfurados a fim de estabelecer controle dos volumes extraídos e sobretudo melhorar o conhecimento físico e o funcionamento hidráulico dos aquíferos;
- Estabelecimento e dimensionamento do modelo hidrogeológico da bacia;
- Análise prospectiva com vistas ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos;
- Efetiva coordenação das ações dos organismos governamentais, institutos de pesquisa e empresas, de modo a superar a atuação isolada.

Somente agora, embora de forma um tanto quanto tímida, há propostas voltadas às águas subterrâneas, incluídas no plano diretor de recursos hídricos (FUSP, 2001)^[14] em sintonia com o princípio de uma gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Os programas que contemplam as águas subterrâneas integram as duas metas gerais orientadoras do Plano Estadual de Recursos Hídricos, dentro das quais são concebidos todos os programas da área de recursos hídricos: Metas de Desenvolvimento Institucional e metas de Planejamento e Gestão.

As metas de Desenvolvimento Institucional compreendem:

- Desenvolvimento de Modelo Institucional para a gestão das águas subterrâneas;
- Programa de educação ambiental destinado aos usuários de águas superficiais e águas subterrâneas;
- Programa de comunicação social destinado aos usuários de águas subterrâneas.

As metas de Planejamento e Gestão compreendem:

- Avaliação de perigos de contaminação das águas subterrâneas da Bacia do Alto Tietê;
- Estimativa de recarga e avaliação da exploração sustentável dos aquíferos sedimentares;
- Sistema de Informações em águas subterrâneas;

Os programas assinalados foram submetidos à análise e aprovação no âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante de um quadro preocupante como o aqui apresentado e considerando que a água subterrânea é um recurso estratégico, de importância econômica cada vez mais crescente, além de constituir em fator de equilíbrio do ciclo hidrológico no tocante à manutenção das condições naturais de escoamento básico dos rios, é urgente a implantação efetiva de programas e ações integradas que estabeleçam um efetivo controle das extrações e das atividades poluidoras, bem como programas educacionais que visem o uso racional dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Muito embora tenha havido um avanço no conhecimento dos aspectos geológicos/geotécnicos relacionados à Bacia Sedimentar de São Paulo, já do ponto de vista da Hidrogeologia, raras contribuições aconteceram, destacando-se a caracterização da área do Graben do Baquirivu-Guaçu e do Astroblema de Colônia, com algumas das informações mais recentes aqui apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]HIRATA, R.C. & FERREIRA, L.M.R. 2001. Os aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, SP. 31(1): 43-50.
- [2]ROCHA, G.A.; GONÇALVES, V.G.; REBOUÇAS, A.C.; BARRETO, L.M.B. 1989. Hidrogeologia da Bacia de São Paulo. In: IGc/USP e SBG/SP, Workshop Geologia da Bacia de São Paulo. *Atas*, p.44–49.
- [3]RICCOMINI, C. & COIMBRA, A.M. 1992 . Geologia da Bacia Sedimentar de São Paulo. Solos da Cidade de São Paulo, ABMS & ABEF. São Paulo, p. 37-94.
- [4]TAKIYA, H. 1997. *Estudo da sedimentação Neogênico-Quaternário no município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. São Paulo. 152 p.
- [5]RICCOMINI, C.; NEVES, F.A.P.S.; TURCQ, B. 1992. Astroblema de Colônia (São Paulo, Brasil): estágio atual de conhecimento. Congresso Brasileiro de Geologia, 37. SBG. Roteiro de Excursão v.3. 15 p.
- [6]MARIANO, I.B; SILVEIRA, E.L. 1984. Alternativa para o abastecimento de água do Aeroporto Internacional de Guarulhos – SP, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 3. Fortaleza - CE, *Anais...*, v. 1 p. 239 –254.
- [7]DINIZ, H.N. 1996. *Estudo do potencial hidrogeológico da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu, municípios de Guarulhos e Arujá, SP*. São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 296 p.
- [8]HIRATA, R.C.A. & NUNES DA SILVA, A. 1999. Mapa Hidrogeológico da Bacia do Alto Tietê. In: Macedo, A. (coord.). Banco de dados espaciais da Bacia do Alto Tietê. LIG-IGc-USP. São Paulo. (disponível em meio digital no site <http://www.geolig.igc.usp.br>)
- [9]DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). 1975. *Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 1 – Grande São Paulo*. São Paulo. SOMA. 3 vol.
- [10]COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP); CENTRO DE PESQUISAS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (CEPAS/IGc-USP). 1994. *Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo*. Diagnóstico Final. Convênio SABESP/CEPAS-IG/USP. São Paulo. 115 p.

- [11] REBOUÇAS, A.C. 1992. Condições de Uso e Proteção das Águas Subterrâneas. Seminário.sobre Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo. ABAS, ABGE, SBG/SP. Atas. p. 77-87.
- [12] MATOS, B.A. 2001. *Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 114 p.
- [13] FOSTER, S.S.D. & HIRATA, R.C.A. 1988. *Groundwater Pollution Risk Evaluation: the Methodology Using Available Data*. Lima: CEPIS/PAHO/WHO. 78 p.
- [14] FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FUSP); COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. 2001. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Tietê. Relatório Final, vers 1.0. Outubro de 2001.

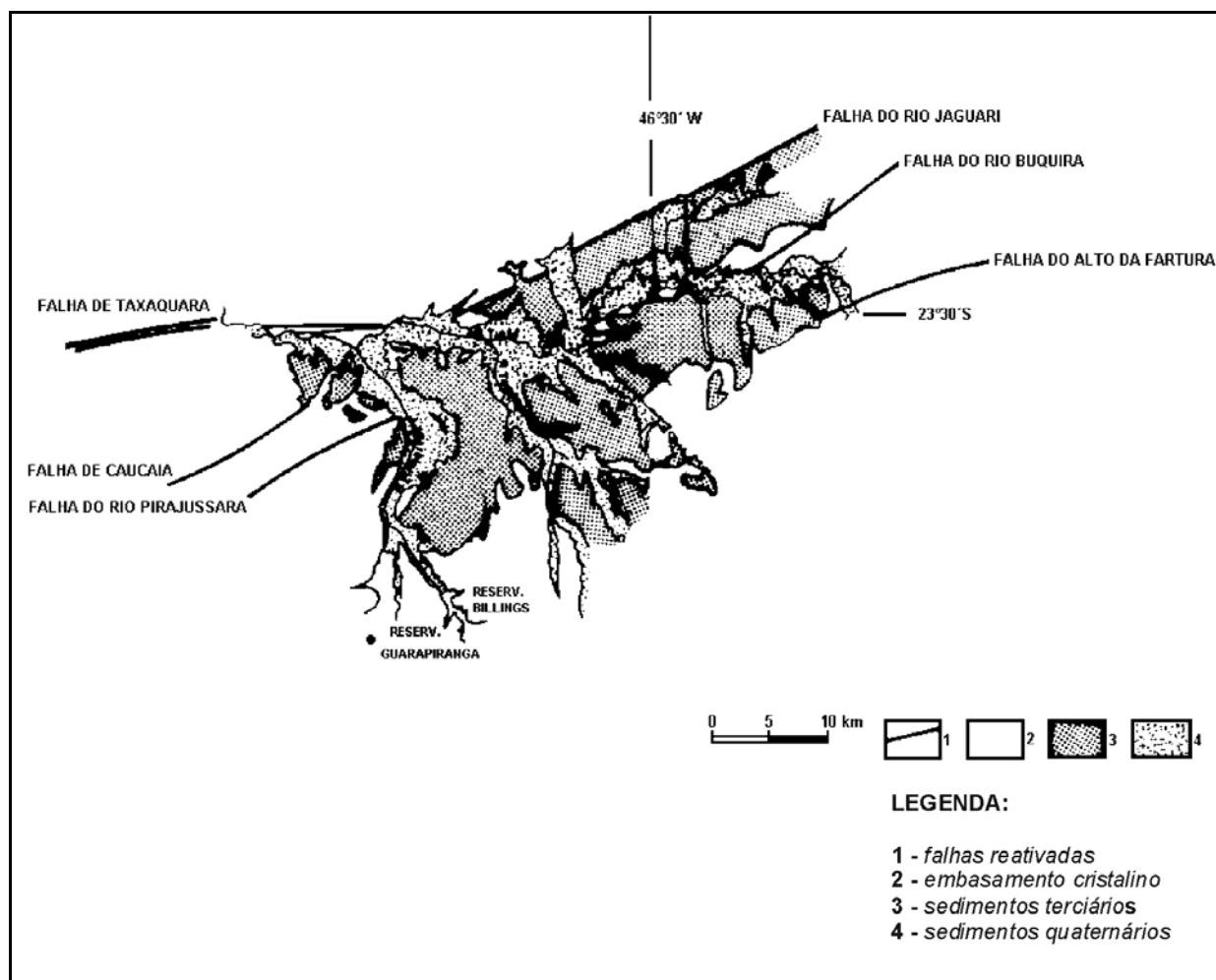


Figura 1– Contexto tectônico e a distribuição generalizada dos sedimentos da Bacia de São Paulo (modificado de Riccomini & Coimbra, 1992)^[3].

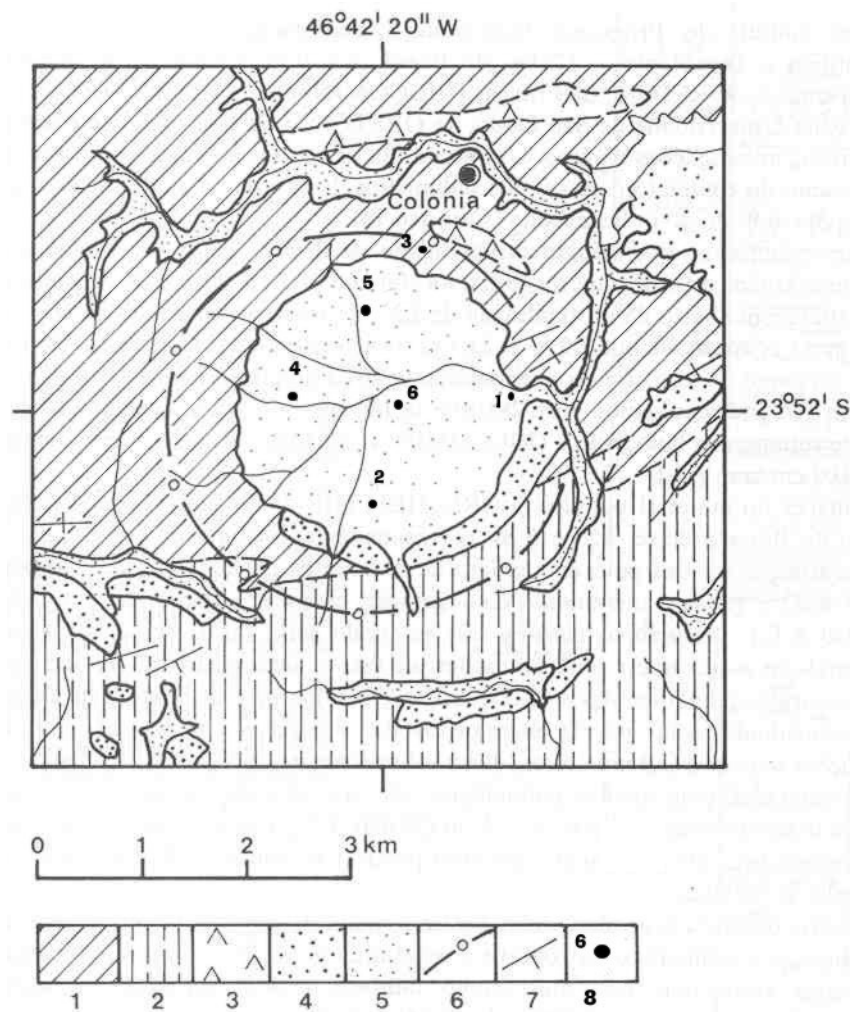


Figura 2 – Geologia da área do Astroloma de Colônia. 1. micaxistos, quartzitos, localmente milonitos; 2. gnaisses, migmatitos, localmente milonitos; 3. dioritos e quartzo dioritos; 4. sedimentos terciários; 5. depósitos aluviais quaternários; 6. Anel circular externo; 7. Orientação geral da estruturas do embasamento; 8. Poço tubular profundo. (adaptado de Riccomini *et al.*, 1992)^[5].

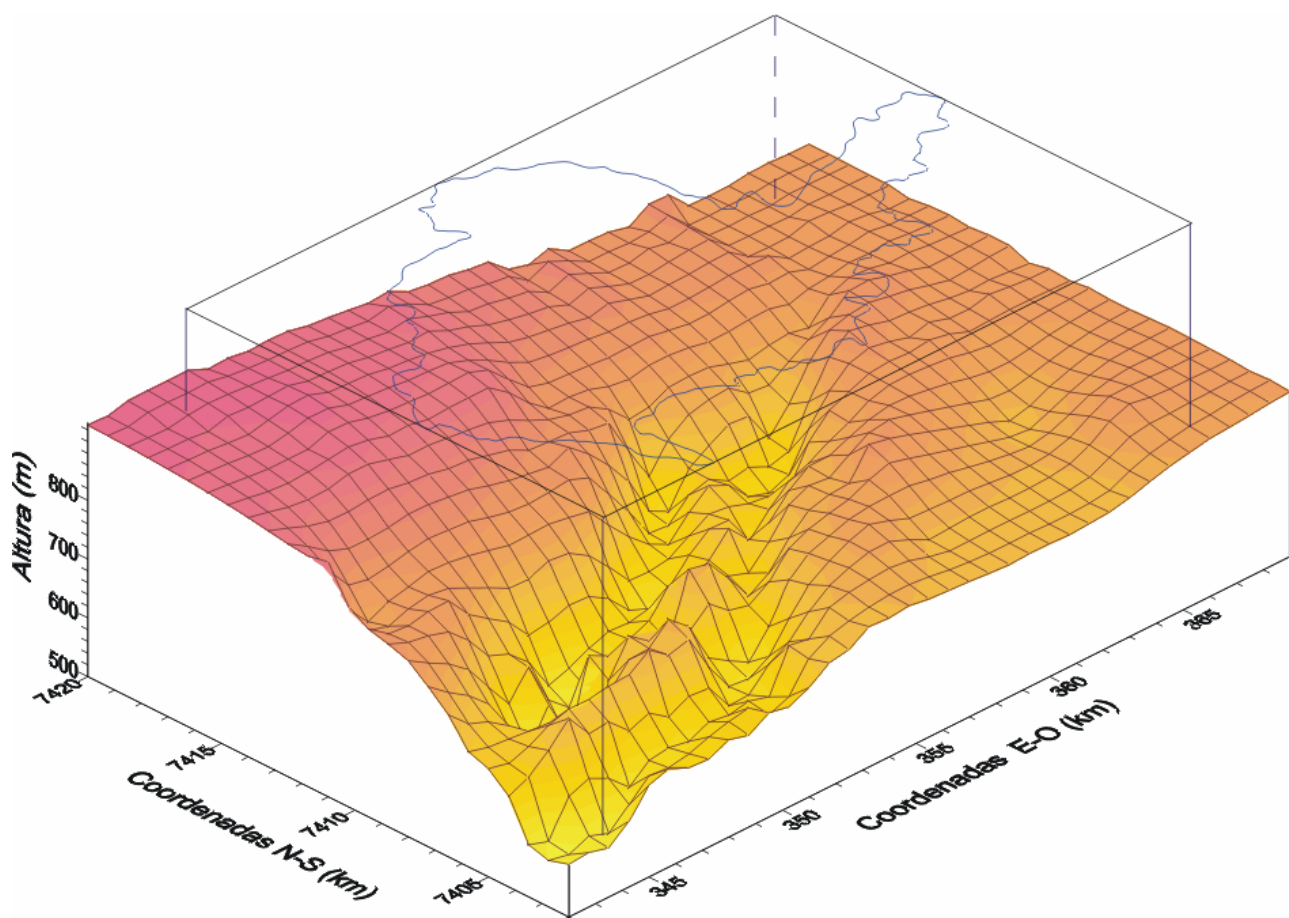


Figura 3 – Superfície do topo do embasamento cristalino no Graben de Baquirivu-Guaçu (Diniz, 1996)^[7]

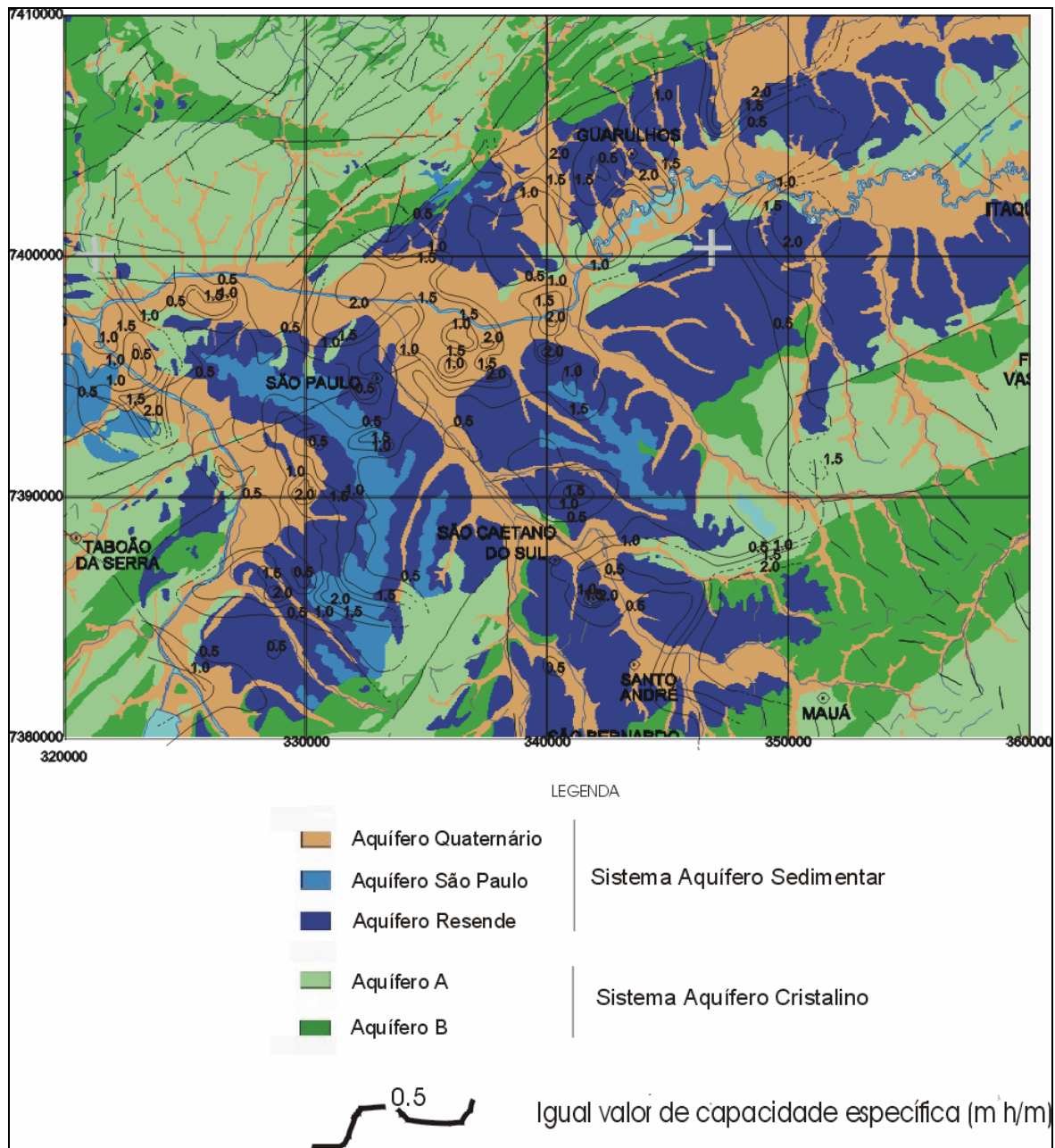


Figura 5 - Capacidade específica do Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) (DAEE, no prelo)