

GEOMETRIA E CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO DO AQUÍFERO BOTUCATU NO ESTADO DE SÃO PAULO

Jean-Marie Teissedre *

José Laércio Sanches **

Manoel Francisco Conejo Lopes **

* CETESB/DAEE — Companhia de Tecnologia de Saneamento
Ambiental — São Paulo

** DAEE — Departamento de Águas e Energia Elétrica

ABSTRACT: Concerning the great potential in ground water of the Botucatu aquifer, the present paper has the purpose of defining more precisely the possibilities of exploration of this aquifer.

From the isopaches map of the overlapping formations on the Botucatu/Pirambóia - formations, thickness of about 1300 m, were observed between Rio Tiete and Rio Grande, at the Fernandópolis region; while, in the region of pontal do Paranapanema, the Botucatu is located at deepness of more than 1900 m. The isobathes map of the aquifer top presents similar compartment, with a general tendency of the dips to the NW and SW, siting from a level + 700 m at the outcrops areas to level - 1500 m in the more confined zone.

The isobathes of the Botucatu/Pirambóia basis reveal similar dips varying from a level + 500 m to level - 1700 m referring to thickness, the aquifer has a tendency varying from level zero at Bauru region, where a stratigraphic lacuna exists, attaining more than 400 m in the Rio Tietê axis, Between Lins and Três Lagoas.

GENERALIDADES

Depositados sobre o Grupo Passa Dois os sedimentos das formações Botucatu e Pirambóia, iniciam o Grupo São Bento e formam a sequência pré-vulcânica do Mesozóico. Na base distingue-se a Formação Pirambóia dividida informalmente em dois membros, um inferior, apresentando um fácies mais argiloso envolvendo camadas de argila, folhelhos arenosos e siltitos; com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada de pequeno porte, e um superior caracterizado pela disposição de bancos de arenitos pouco argilosos com estratificação cruzada - planar tangencial de medio a pequeno porte, sucedidos por bancos de arenitos muito argilosos com estratificação plano-paralela. Esses sedimentos depositados em canais fluviais e planícies de transbordamento, são tidos como do Triássico médio ao Jurássico inferior pela carência de fósseis com valor cronológico. Sobre esta formação apa

rece o pacote de arenitos de granulação fina e muito fina dominante, com estratificação cruzada de grande a médio porte, muito friáveis ou silicificadas, apresentando na parte basal corpos de arenitos conglomeráticos, constituindo a Formação Botucatu. Esses arenitos depositaram-se em ambiente desértico sob efeito dos ventos e mais raramente no meio lacustre, como testemunham os arenitos lamíticos da parte superior ou num meio fluvial torrencial marcado pelos depósitos conglomeráticos da base. O fato dos basaltos da Formação Serra Geral recobrirem os arenitos e terem idade conhecida, através de datações geocronológica situa a deposição dos arenitos do Jurássico superior até o Cretácio Inferior.

Apesar das formações Botucatu e Pirambóia serem diferenciadas geologicamente, do ponto de vista hidrogeológico, elas constituem um único sistema aquífero, denominado de aquífero Botucatu. O sistema possui uma faixa de afloramento de aproximadamente 16.600 Km^2 , que constitui a principal zona de recarga natural, e mergulha em direção ao centro da Bacia do Paraná, abaixo dos derrames basálticos da Formação Serra Geral, que lhe profere um confinamento sobre uma área de aproximadamente 135.000 Km^2 . O aquífero encontra-se delimitado em sua parte basal pelos sedimentos impermeáveis do Grupo Passa Dois de fácil identificação nas perfurações.

O aquífero Botucatu conhecido como o melhor sistema aquífero do Estado e da Bacia do Paraná possui um potencial de água ainda não avaliado com precisão. Para tanto, tornava-se necessário definir seus limites, a possança da camada aquífera e as profundidades do topo da formação, para obter condições de exploração com maior precisão. Partindo dessas premissas foram elaborados vários mapas que permitem visualizar o comportamento geológico e hidrológico do sistema aquífero.

GEOMETRIA E CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO

METODOLOGIA

Para elaborar os diversos mapas de configuração espacial do aquífero, coletou-se os dados de poços, existentes no Estado, principalmente na sua parte mais profunda, onde se tinha pouco conhecimento. Levantou-se os dados estratigráficos dos poços profundos perfurados pela PETROBRÁS e mais recentemente pela PAULIPETRO que alcançam o embasa

mento cristalino. Os dados foram complementados pelos poços profundos projetados pelo DAEE no âmbito de abastecimento de cidades de médio a grande porte, cuja implantação iniciada há uma década prossegue atualmente. São em geral poços de grande diâmetro que alcançam profundidades superiores a 1000 m, sendo a profundidade máxima para exploração de água de 1800 m em Presidente Prudente, e que não chegou a penetrar as vezes toda a camada aquífera. Atualmente o DAEE acaba de concluir um poço em Lins que terá produção final $750 \text{ m}^3/\text{h}$.

Os dados de profundidades, espessuras, e cotas do topo e da base da formação, foram plotados em mapas originais 1:1.000.000. A partir dos valores puntuais, tentou-se traçar as curvas de isóbatas e isopacas das formações, usando-se equidistância de 50 a 100m. Por facilidade de leitura, foi adotado um código de referência para cada poço, correspondendo ao nome da cidade ou localidade conforme o quadro abaixo:

Araçatuba	AR	Lins	LI
Araraquara	ARA	Macatuba	MAC
Arealva	ARE	Miguelópolis	MIG
Agudos	AG	Monte Alto	MA
Amadeu Amaral	AA	Novo Horizonte	NH
Águas de Santa Bárbara	ASB	Olímpia	OL
Barretos	BAR	Presidente Epitácio	PE
Batatais	BAT	Presidente Prudente	PPR
Bariri	BA	Paraguaçu Paulista	PP
Bocaina	BOC	Pirajú	PIR
Boracéia	BOR	Piratininga	PI
Bauru	BAU	Pederneiras	PED
Colina	COL	São José do Rio Preto	SJP
Catanduva	CAT	Santa Cruz do Rio Pardo	SCP
Cabrália Paulista	CAP	Santa Cruz do Rio Pardo	SCP
Cuiabá Paulista	CP	Taciba	TA
Fernandópolis	FER	Três Lagoas	TL
Guaianases	GUA	Vanglória	VA
Itápolis	ITA	Cornélio Procópio	CPR
Ibitinga	IBI	Londrina	LON
Jales	JA	Apucarana	AP
Jaboticabal	JAB		
Lagoa Azul	LA		

GEOMETRIA DO AQUÍFERO

O aquífero Botucatu mergulha para o centro da bacia do Paraná à profundidades variáveis, atingindo mais de 1900 m no Pontal do Paranapanema. O mapa de isópacas da Formação Serra Geral, (Fig. 1) mostra as enormes espessuras dos derrames basálticos. A tendência geral de espessamento dos basaltos cresce progressivamente em direção oeste, com variações regionais, sendo encontradas espessuras de 1720 m em Cuiabá Paulista e 1210 em Fernandópolis, enquanto que no eixo do Rio Tietê, as espessuras são menores como em Araçatuba e Três Lagoas onde foram anotados 868m e 709 m respectivamente. Na região de Bauru e Piratininga aparece uma lacuna estratigráfica e o Botucatu encontra-se diretamente em contato com os sedimentos do Grupo Bauru. Essa anomalia conhecida há vários anos, (Mariano e Barner - 1975 - DAEE - Enco - 1976) vem sendo atualmente alvo de trabalhos mais detalhados por parte da Paulipetro, em estudos para prospecção de petróleo.

Próximo a calha do Rio Tietê na região de Arealva e do Rio Paranapanema, na região de Pirajú, as espessuras aumentam desproporcionalmente, atingindo valores da ordem de 300 m ou mais.

A configuração do topo do Botucatu, representada pelas isobatas (Fig. 2), mostra o principal motivo do comportamento dos basaltos, uma vez que nas depressões de paleo relevo do Botucatu acumularam-se maiores espessuras de derrames de basaltos, observa-se que as cotas variam de + 700 m na zona de afloramento, decaindo progressivamente para - 1500 m em direção do Pontal do Paranapanema e -900 m na Região de Fernandópolis, enquanto que, ao longo do eixo do Rio Tietê as isobatas mostram a ocorrência de um homoclinal, e na Região de Bauru a ocorrência de um anticlinal. Os gradientes são da ordem de 6,5 % perto da zona de afloramento caindo para 4% no extremo oeste do Estado. Quanto as isobatas da base da Formação Pirambóia, verificamos que as mesmas seguem um comportamento semelhante ao topo da Formação Botucatu (Fig. 3), as cotas variam de + 600 m na zona de afloramento, junto ao contato com os sedimentos do Grupo Passa Dois, até cotas de - 1300 m em Fernandópolis e - 1700 m no Pontal do Paranapanema. Na região de Piratininga as cotas giram em torno de + 400 m, para decair nos lados deixando transparecer uma estrutura domica.

O mapa de isopacas do Aquífero Botucatu mostra que as espessuras dos sedimentos são bastante variáveis, apresentando um valor médio de 300 m (Fig. 4). Nas zonas de afloramentos encontra-se espessuras de até 250 m, enquanto que ao longo do eixo do Rio Tietê são anotadas espessuras superiores a 400 m. Na região de Piratininga foi observada uma anomalia das formações Botucatu e Pirambóia, que quando chega a ocorrer, aparece de forma reduzida. Comparando este mapa com o de isopacas dos basaltos, observa-se que onde espessuras do Botucatu são maiores os basaltos mostram uma redução de espessura. Os resultados anotados nos perfis estratigráficos dos poços comprovam este fato, como por exemplo em Cuiabá Paulista onde temos 1720 m de basalto e 148 m de Botucatu - Pirambóia, em Lins 490 m de Basalto e 382 m de Botucatu Pirambóia, em Araçatuba 868 m e 437 m, e em Fernandópolis 1210 m e 308 m respectivamente.

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS SUMÁRIAS

Nas zonas de afloramento o aquífero Botucatu tem um comportamento freático com os níveis acompanhando a topografia em cotas de +550 a + 600 m, e quando confinado pelos basaltos apresenta condições de artesianismo e cotas de + 370 m nas zonas de confinamento. Os gradientes hidráulicos junto aos afloramentos são da ordem de 3%, enquanto na parte mais profunda cai para 0,3%. As linhas equipotenciais indicam um fluxo de escoamento subterrâneo convergente - para o SW do Estado em direção ao Rio Paraná.

Os valores de transmissividade determinados em poços bombeados variam de 300 a 800 m²/dia na área confinada enquanto que na faixa de afloramento são da ordem de 50 a 200 m²/dia. Conforme o grau de confinamento verificou-se um coeficiente de armazenamento entre 10⁻⁴ e 10⁻⁶, e nas zonas de afloramento um coeficiente de 10⁻¹ representativo do aquífero livre.

Do ponto de vista hidrogeoquímico, as águas do Botucatu apresentam concentrações em sais dissolvidos bastante baixos, não ultrapassando a 500 mg/l. Na faixa de afloramento as águas são do tipo bicarbonatadas cálcicas tornando-se bicarbonatadas sódicas em função da profundidade do aquífero. Quanto a temperatura calculou-se um gradiente geotérmico de 1^o/35m correspondendo a um gradiente normal de zona estável tectonicamente.

Resumindo, o conhecimento das características hidráulicas e a geometria do aquífero bem como sua profundidade permitirão a elaboração de projetos de poços profundos para captação de água de excelente qualidade a menor custo, e com dimensionamento construtivo mais preciso de acordo com as vazões de exploração desejadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAEE/TAHAL/GEOPESQUISADORA BRASILEIRA - (1972) - Estudo de Águas Subterrâneas - Avaliação Preliminar - 2 vol. - Secretaria dos Serviços e Obras Públicas, Deptº de Águas e Energia Elétrica - São Paulo.
- DAEE/TAHAL/GEOPESQUISADORA BRASILEIRA - (1974) - Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 6 - Ribeirão Preto - 4 vol. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas, Deptº de Águas e Energia Elétrica - São Paulo.
- DAEE/ENCO - (1976) - Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 7, 8 e 9 - Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba - 4 vol. - Secretaria de Obras e do Meio Ambiente, Deptº de Águas e Energia Elétrica - São Paulo.
- DAEE - (1979) - Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 10 e 11 - Presidente Prudente e Marília - 3 vol. - Secretaria de Obras e do Meio Ambiente, Deptº de Águas e Energia Elétrica - São Paulo.
- GILBOA, Y., MERO, F. and MARIANO, I.B. - (1976) - The Botucatu Aquifer of South America, Model of an Untapped Continental Aquifer. Journ. of Hydrology, 29, p. 165 - 179.
- MARIANO, I.B. e BARNER, U. (1975) - Poço Profundo na Cidade de Bauru - Muda Conceito sobre a Estrutura Geológica da Região com significativa influência sobre o Aproveitamento das Águas Subterrâneas da Cidade - Com. 8º Cong. Ass. Bras. Eng. Sanitária, Rio de Janeiro.
- MARIANO, I.B. e SOUZA Fº, M.N. - (1978) - Aquífero Botucatu, Processo de Captação de Águas Subterrânea em São José do Rio Preto

São Paulo - Anais XXX Cong. Bras. Geol. - Recife - vol. 6, p. 2943 - 2949.

MARIANO, I.B. et TEISSEDE, J.M. - (1980) - Exploitation des Principales Nappes Aquifères dans l'Etat de São Paulo, Brésil - Com. 26^e Cong. Geol. International - Paris.

PAULIPETRO (Consórcio CESP/IPT) - 1980 - Revisão Estratigráfica - da Bacia do Paraná - Relatório Interno - BP - 008/80 150 p. il.

REBOUÇAS, A.C. - (1976) - Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia do Paraná. Análise de Pré-viabilidade. Tese Livre Docência. Inst. Geociências - Univ. São Paulo, 143 p.

REBOUÇAS, A.C. - (1979) - Technical and Financial Approach on the Botucatu Aquifer Exploitation, Brazil - III World Cong. on Water Resources, México - vol. 4, p. 1772 - 1784.

TEISSEDE, J.M., CAVALLARI, E. and COLUMBUS, N. - (1979) - Advances in Hydrogeological Research in the State of São Paulo - IIIth World Cong. on Water Resources, Mexico - vol. 6, p. 2607-2617.

TEISSEDE, J.M. e BARNER, U. - (1981) - Comportamento Geotérmico e Geoquímico das Águas do Aquífero Botucatu na Bacia do Paraná - Rev. Ass. Bras. águas Subterrâneas - vol. 4. p. 85 - 95.



