

ANÁLISE DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO NOS ÚLTIMOS 50 ANOS  
-Município de Ribeirão Preto(SP)-

POR

Osmar Sinelli<sup>1</sup>

RESUMO -- Com a perfuração do primeiro poço tubular em 1920 o Município de Ribeirão Preto (SP), iniciou modelo de captação de água subterrânea, para abastecimento público e industrial, que evoluiu de forma desordenada e sem planejamento para um número superior a 260 poços, atualmente com uma extração superior a 7.811 m<sup>3</sup>/h. Uma análise histórica do nível piezométrico, nos últimos 50 anos, permitiu visualizar rebaixamentos que em alguns pontos atingem a 23 metros. Face a demanda futura - para o ano 2000 a previsão é de 72 X 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> - urge o estabelecimento de condições adequadas de exploração, bem como, criar o amparo de uma legislação que realmente proteja o aquífero e a população.

---

<sup>1</sup>Departamento de Geologia, Física e Matemática - F.F.C.L.R.P. - USP

## INTRODUÇÃO

Um levantamento dos dados relativo às perfurações, nos últimos 50 anos, permitiu uma avaliação do comportamento piezométrico indicando rebaixamentos que, se não forem tomadas medidas adequadas, poderão comprometer o futuro abastecimento.

A interpretação destes dados, em função de um detalhado levantamento dos níveis piezométricos através do tempo, tornaram possível este trabalho que teve o apoio financeiro da FAPESP (processo 83/1750-6).

A região de Ribeirão Preto, SP, é muito conhecida, do ponto de vista hidrogeológico, por ser cidade (400.000 habitantes) totalmente abastecida por água subterrânea de excelente qualidade - Sinelli, 1980.

O primeiro poço de que temos notícia, foi perfurado em 1920 e localiza-se junto ao Mosteiro de São Bento, apresentando hoje uma vazão de  $5\text{m}^3/\text{h}$ . Infelizmente não existem outros dados. A partir de 1930 foram iniciados poços de abastecimento público (Bateria de Santa Tereza).

## ESBOÇO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

Estudos geológicos, Sinelli 1971 e 1971a; Davino et al 1982; hidrogeológicos, Sinelli et al 1980; Gallo e Sinelli 1980; Geofísicos, Davino et al 1980, fornecem os elementos básicos relativos à geometria do aquífero, bem como, caracterizam o comportamento do aquífero Botucatu nesta região.

O aquífero apresenta uma distribuição razoavelmente regular apresentando irregularidades locais devido às intrusivas básicas (diabásios). Conforme o comportamento estrutural dessas rochas, o aquífero apresenta-se confinado ou livre.

O aquífero quando confinado sempre apresenta artesianismo, o aquífero livre apresenta artesianismo (jorrante) somente nas cotas 510/500 metros e próximos às margens do Rio Pardo.

O mapa da Figura 1 apresenta a distribuição dos principais valores dos parâmetros hidrodinâmicos, tais como, transmissividade, coeficiente de armazenamento e valores do rebaixamento do nível piezométrico em relação ao número de anos. Nota-se nesse mapa que os valores do coeficiente de armazenamento é bem característico ( $1,2 \times 10^{-4}$ ) para o aquífero livre e da ordem de  $5,0 \times 10^{-4}$  ou mais para o aquífero confinado.

O Mapa da Figura 2 nos dá o comportamento do topo da camada aquífera (Formação Botucatu). Notam-se duas zonas de depressão no mapa, uma bem central e outra mais para o Nordeste elevando-se daí para as partes laterais.

Esta variação de comportamento pode ser consequência da alta incidência de rochas intrusivas básicas, sob a forma de lacólitos. Esta configuração, define na realidade um "baixo estrutural", de forma radial criando condições para um fluxo convergente para a depressão. Esta região é a que apresenta o maior volume de água subterrânea ( $42\text{lm}^3/\text{h}/\text{km}^2$ ) conforme pode ser observado no mapa da fig. 1.

## ESTUDO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO

Atualmente o Município de Ribeirão Preto conta com um número superior a 260 poços tubulares, entre particulares, e pertencentes ao Departamento de Água, com uma produção total superior a  $781\text{lm}^3/\text{h}$ .

Para o estudo da variação piezométrica através do tempo realizamos cadastramento detalhado dos poços levando em consideração apenas os que possuíam dados confiáveis. Após seleção dos poços, construímos 4 mapas de comportamento piezométrico, Figuras 3, 4, 5 e 6 e relativos aos períodos 1920/1949 (17 poços) e que serviu de ano base; 1950/1965 (30 poços); 1966/1975 (40 poços) e 1976/1981 (40 poços).

Tomando-se como base a curva piezométrica (cota 500), nos quatro mapas, verifica-se nitidamente um afastamento dessa curva mostrando um rebaixamento total e geral da ordem de 15 a 20 metros. O mapa da figura 1 assinala as variações do rebaixamento pelo número de anos do forma localizada. Verifica-se aqui que as taxas de rebaixamento foram maiores em alguns poços que em outros. As menores taxas de rebaixamento foram da ordem de 0,37 a 0,57m/ano e estão localizadas na Bateria de Santa Tereza, localizada praticamente no sul da cidade (Figura 1), e na parte central da cidade. Esses pontos, na realidade, revelam os locais de melhores condições hidrogeológicas para o aquífero, pois são locais em que o topo da camada aquífera apresenta-se em depressão com fluxo de água subterrânea convergente.

Os pontos de maior taxa de rebaixamento estão situados a leste, zona praticamente de recarga e caracterizado pelo aquífero livre, com rebaixamentos da ordem de 3,00 a 3,40 m/ano.

#### ESTUDO DO REBAIXAMENTO E SUAS CONSEQUÊNCIAS

O coeficiente de armazenamento (s) determina o volume de água extraído por uma decompressão  $\Delta h$ , de uma superfície de área  $a^2$  (Jacob in Emsellem 1967). Matematicamente podemos expressar da seguinte forma

$$V : s \cdot a^2 \cdot \Delta h$$

A compressão da água é igual a 1/25.000 bars, ou seja, a queda de 1 bar (10 metros) do nível piezométrico libera uma quantidade de 1/25.000 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de água, ou seja, um rebaixamento de no nível piezométrico libera, sobre 1 metro quadrado, um volume de 1/25.000 m<sup>3</sup>.

Se considerarmos a camada aquífera (rocha mais água) como incompressível o seu coeficiente de armazenagem será:

$$s'' : \phi \cdot K \cdot e \cdot \rho \cdot g$$

K : porosidade

e : espessura do aquífero

$$\phi \cdot \rho \cdot g : 1/25.000 \text{ m}$$

Calculemos agora o volume de água liberado, pelo aquífero, devido a uma decompressão de 10 metros, ou seja, rebaixamento do nível piezométrico de 10 metros ou 1 bar. Consideramos como valor de coeficiente de armazenagem (s) os valores obtidos nos testes de bombeamento e constantes no mapa da Figura 1.

$$V : a^2 \cdot \Delta h \cdot s$$

$$a^2 : \text{área do Município e igual a } 196 \times 10^8 \text{ m}^2$$

Os valores obtidos para V (volume de água liberado pelo rebaixamento) teremos:

para  $s : 1,2 \times 10^{-4}$  ;  $V : 2350 \times 10^4 \text{ m}^3$

"  $s : 2,7 \times 10^{-4}$  ;  $V : 5290 \times 10^4 \text{ m}^3$

"  $s : 7,0 \times 10^{-4}$  ;  $V : 13720 \times 10^4 \text{ m}^3$

Se considerarmos a permeabilidade (K) da zona de recarga, valores obtidos para a parte superior da Formação Botucatu na parte aflorante, como  $3,4 \times 10^{-2} \text{ m/h}$  ou  $9,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ , e uma espessura média, da zona não saturada, igual a 20 metros, a quantidade de água de infiltração, necessária para recompor um rebaixamento de 10 metros será:

$$Q_i : K \times a'^2 \times Ah/e'$$

sendo  $a'^2$  ;  $55 \times 10^8 \text{ m}^2$  - área da zona de recarga no município

$$Q_i : 93,5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nessas condições, se todo o sistema de extração de água parar, será necessário um tempo que variará entre:

25 horas para  $s : 1,2 \times 10^{-4}$  ( $V : 2350 \times 10^4 \text{ m}^3$ )

57 horas para  $s : 2,7 \times 10^{-4}$  ( $V : 5290 \times 10^4 \text{ m}^3$ )

147 horas para  $s : 7,0 \times 10^{-4}$  ( $V : 13720 \times 10^4 \text{ m}^3$ )

Os valores encontrados mostram claramente que o aquífero confinado (valores de  $s$  superiores a  $5 \times 10^{-4}$ ) vão necessitar de um tempo maior para uma recuperação. Os valores em tempo para a realidade encontrada (20 metros de rebaixamento) serão o dobro dos valores aqui encontrado.

Os valores servem para um alerta das condições atuais de exploração (mapa figura 7).

As previsões de demanda de água, para atendimento da população, para o ano 2000 é da ordem de  $72 \times 10^6 \text{ m}^3$ , o que representa praticamente o dobro do atual consumo.

Verifica-se de que não dispomos de nenhum meio legal para impedir de que particulares executem perfurações de forma não racional e planejada.

No município de Ribeirão Preto, dos 260 poços cadastrados 50% são de particulares e foram perfurados sem levar em consideração nenhum planejamento racional. Com relação aos poços para abastecimento público também não se observa um planejamento e os mesmos são perfurados levando-se em conta apenas as necessidades de cada bairro, havendo inclusive um número grande de poços com interferência.

A persistir esse quadro o nível piezométrico deverá duplicar o seu rebaixamento colocando em risco as reservas permanentes do aquífero e comprometendo o abastecimento das gerações futuras.

Acreditamos que urge, por parte do governo - federal, estadual e municipal - o aperfeiçoamento de normas que disciplinem o uso da água subterrânea. A nível municipal deveria ser encetado uma grande campanha de educação visando ao uso

racional da água pois o desperdício observado é muito grande. Outro fator de grande importância seria a criação do cargo de hidrogeólogo, nos municípios, que ficariam responsáveis pela fiscalização das perfurações e do planejamento hidrogeológico adequado visando o abastecimento público.

#### Bibliografia:

Davino, A.; Sinelli, O.; Souza, A.; Gonçalves, N.M.M. (1980) - Gravimetria, Sondagem Elétrica e Perfilagens Geofísicas - Pesquisa de Água Subterrânea em Ribeirão Preto, SP. Anais do XXXI Cong. Bras. de Geologia, Camboriú, Santa Catarina, 1980 v.2.

Davino, A.; Sinelli, O.; Souza, A.; Correia, C.T. (1982) - Diabásios na região Nordeste da Bacia do Paraná. Anais do XXXII Cong. Bras. de Geologia, Salvador, Bahia, 1982, v.4.

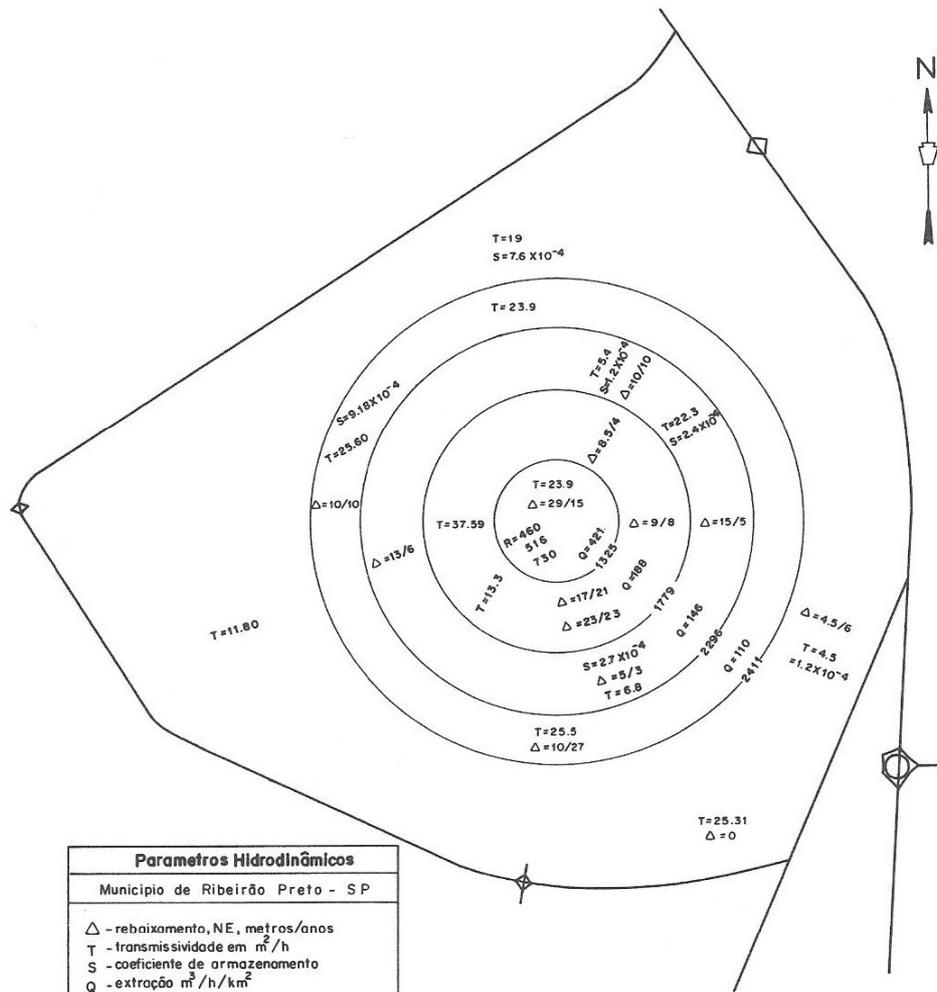
Ensellem, Y. (1967) - Les transferts de pression entre nappes et la drainance dans les ensembles aquifères hétérogènes. Chronique d'Hydrogeologie BRGM-1967- n° 11 p. 131-152.

Gallo, G. & Sinelli, O. (1980) - Estudo Hidroquímico e Isotópico das Águas Subterrâneas na região de Ribeirão Preto (SP). Revista Brasileira de Geociências v.10, 1980, p. 129-140.

Sinelli, O. (1971) - Geologia e Água Subterrânea no Município de Ribeirão Preto (SP). Anais do XXV Cong. Bras. de Geologia, S.Paulo, p. 145-151.

Sinelli, O. (1971) - Considerações gerais sobre a tectônica no Município de Ribeirão Preto (SP). Anais do XXV Cong. Bras. de Geologia, S.Paulo, v.2, p.145-152.

Sinelli, O.; Davino, A.; Souza, A.; Gonçalves, N.M.M.; Teixeira, J.A. (1980) - Hidrogeologia da Região de Ribeirão Preto (SP). - Anais do 1º Cong. Bras. de Águas Subterrâneas, Recife (PE), 1980, p. 319-335.



Parâmetros Hidrodinâmicos	
Município de Ribeirão Preto - SP	
$\Delta$	- rebaixamento, NE, metros/anos
T	- transmissividade em $m^2/h$
S	- coeficiente de armazenamento
Q	- extração $m^3/h/km^2$
vazão por setor circular em $m^3/h$	
Autor	Ano
O. Sinelli	1984
ESCALA 0 0.5 1 Km.	

Figura 1

Fig. 1

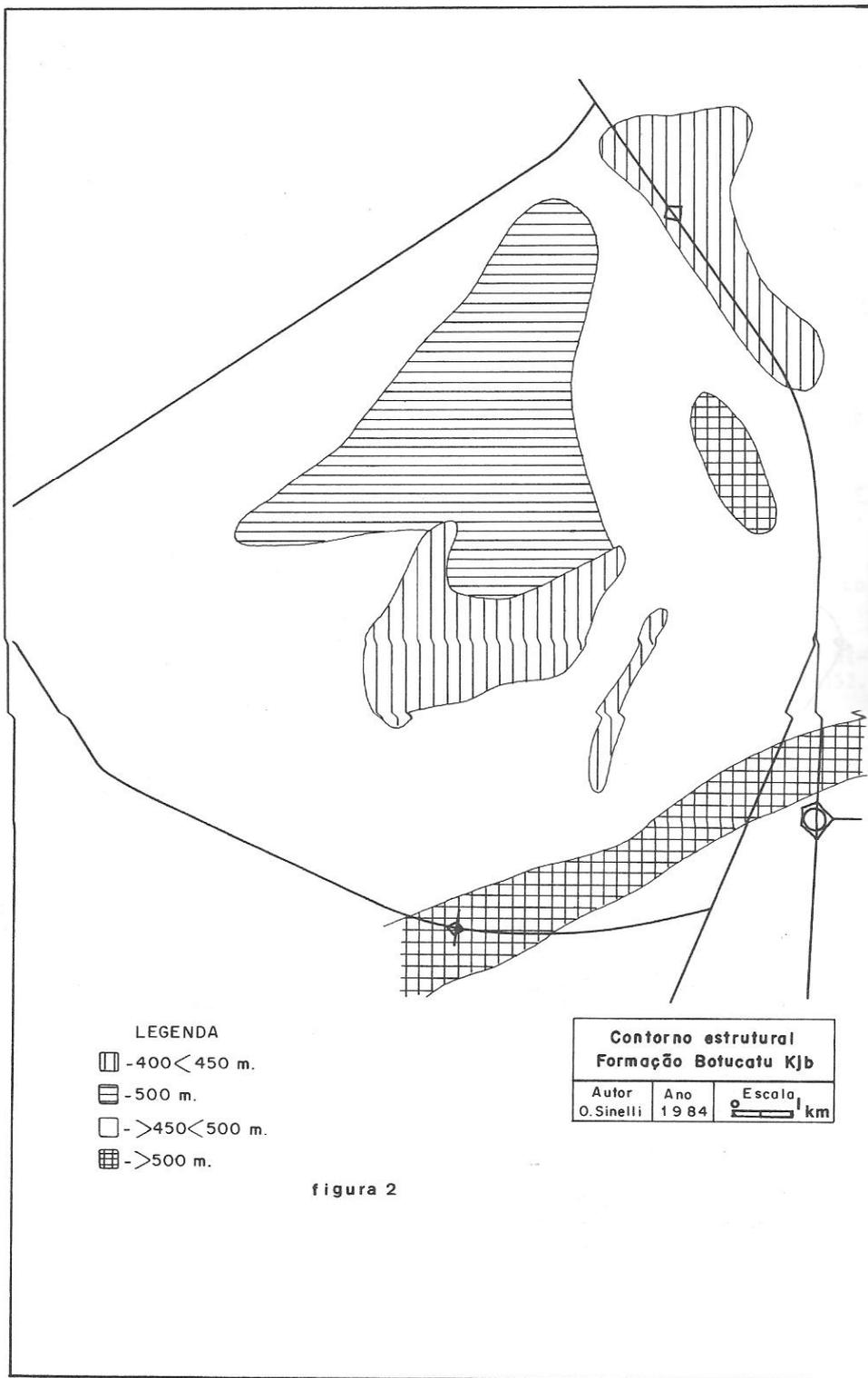
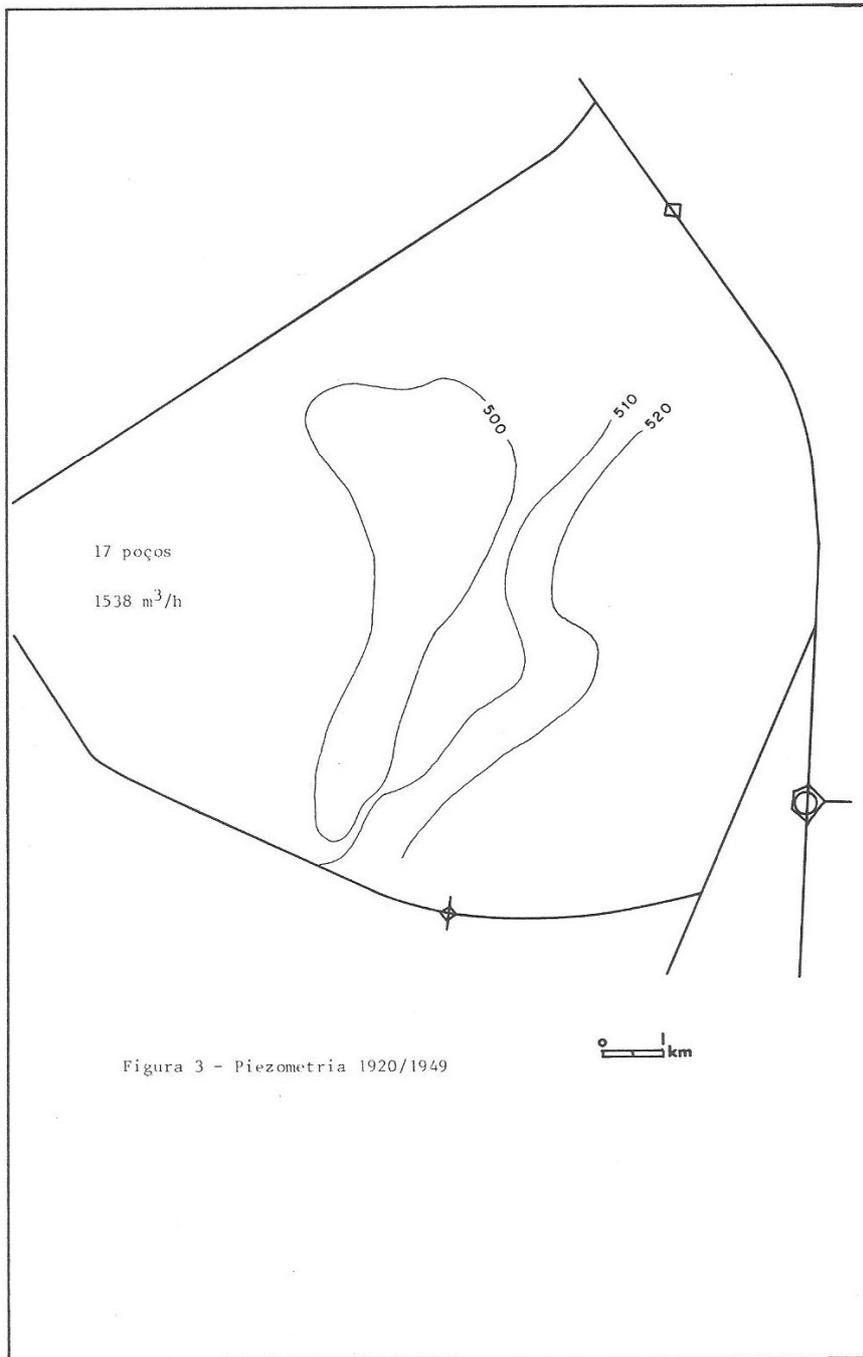


figura 2



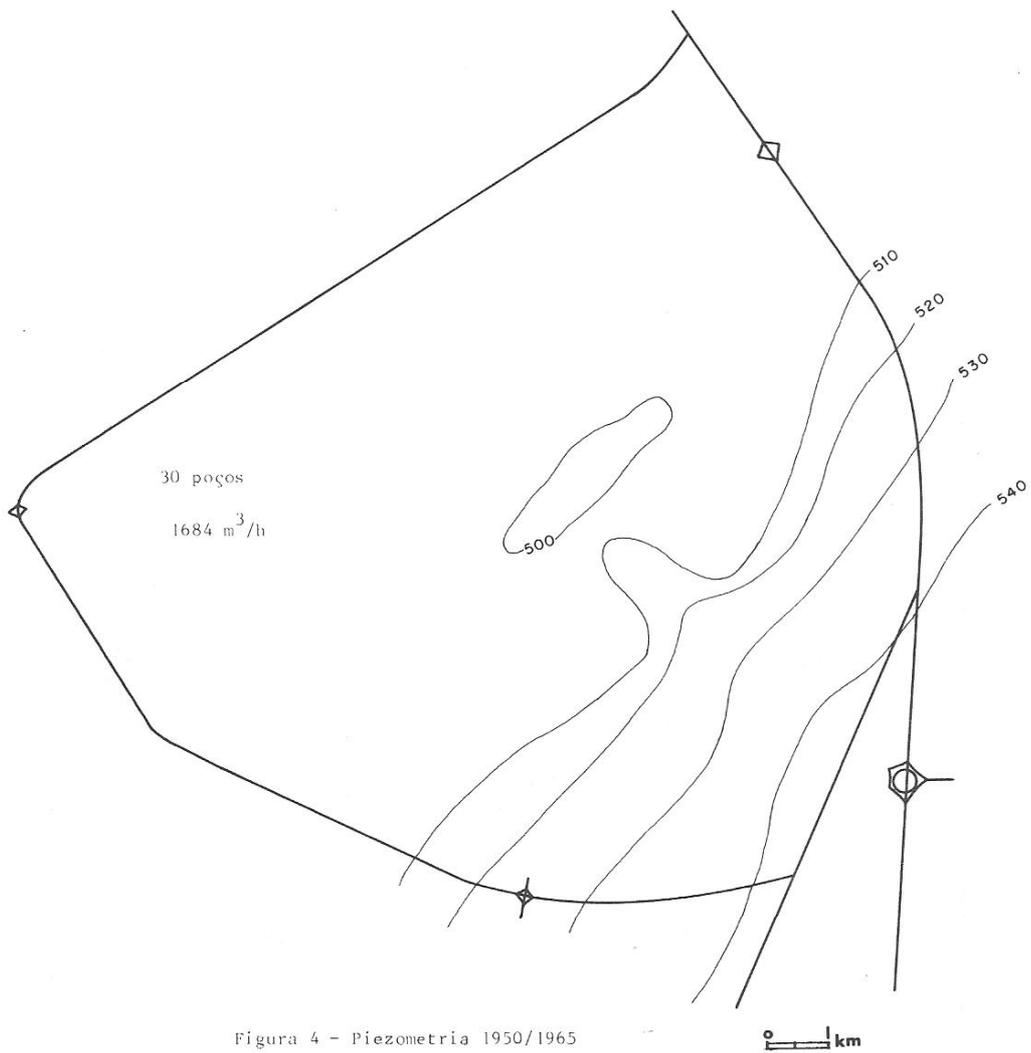


Figura 4 - Piezometria 1950/1965

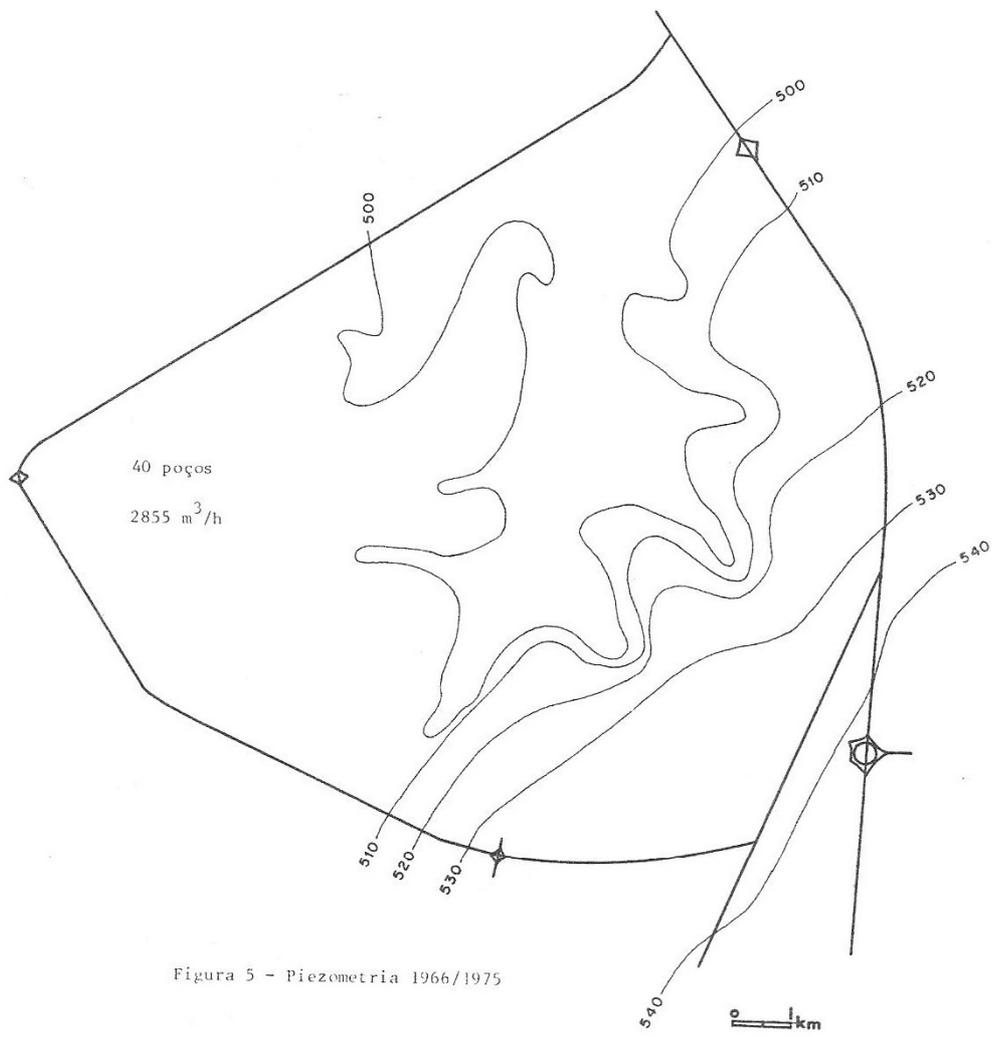


Figura 5 - Piezometria 1966/1975

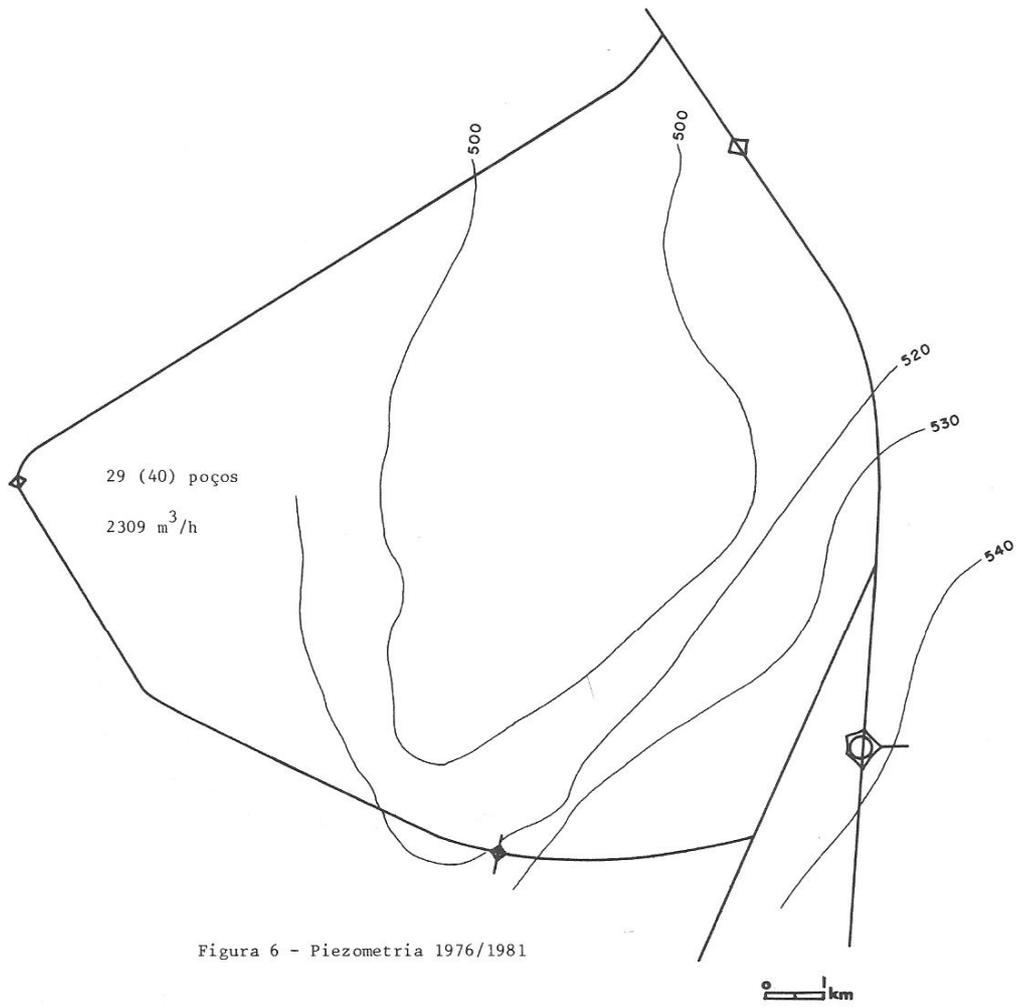


Figura 6 - Piezometria 1976/1981

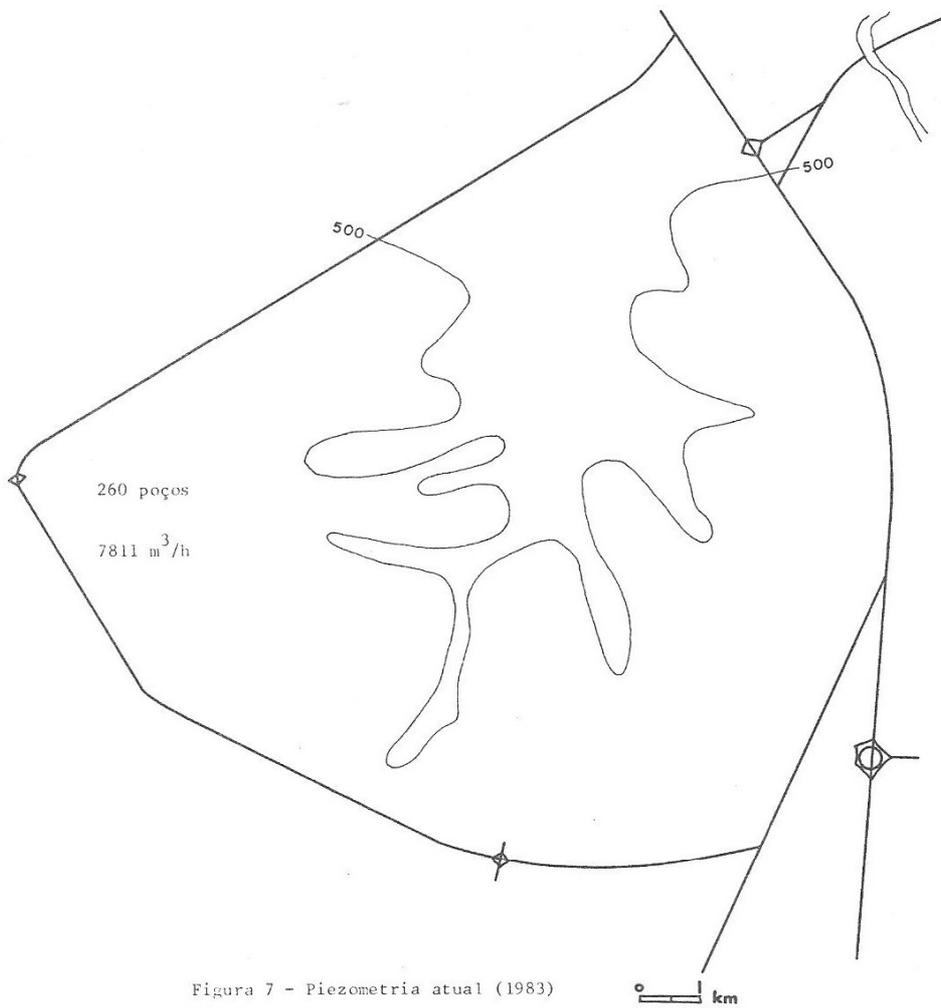


Figura 7 - Piezometria atual (1983)

ANÁLISE DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO NOS ÚLTIMOS 50 ANOS  
-Município de Ribeirão Preto(SP)-

POR

Osmar Sinelli

ABSTRACT -- The drawdown of water levels in the Botucatu aquifer, Ribeirão Preto (SP), has been studied in a effort to correlate pumpage with the water calculated to have been withdraw from storage in the aquifer. The configuration of the piezometric surface, during the last fifty years, shows a 23 m of drawdown. Ground-water supplies are vast, but not inexhaustible. Proper management and conservation of the supplies are vital.