

## DESENVOLVIMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA

**Nathan Columbus**

ENCO — Engenharia Consultoria Planejamento Ltda. — Rio de Janeiro

**Ivanir B. Mariano**

DAEE — Departamento de Águas e Energia Elétrica — São Paulo

**Jean-Marie Teissedre**

CETESB/DAEE — Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental — São Paulo

### ABSTRACT

The Paraíba Valley is of utmost economic importance due to the fact that it is situated along the Rio de Janeiro - São Paulo axis. The ever-increasing demand for water in general, and ground water in particular, played a major role in undertaking a detailed hydrogeological study of the area. The results of the study indicate that exploitation of ground water resources throughout the basin is feasible although certain parts appear more favourable than others.

The division of the Tertiary Taubaté basin into sub-basins permits to classify two areas with high exploitation potential of over 200 m<sup>3</sup>/h such as São José dos Campos and Lorena, while the central part, near Taubaté, discharges do not surpass 30 m<sup>3</sup>/h. It can be concluded that a rational industrial development in the Valley can count on ample water resources in particular in the more favourable areas.

### INTRODUÇÃO

O Vale do Paraíba, também conhecido como Bacia de Taubaté, é localizado entre as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, ao longo da via Dutra. A área serve como um dos principais complexos industriais e agrícolas do Estado de São Paulo. O Vale tem aproximadamente 175 km de comprimento e 20 km de largura e estende-se por uma área de 2.400 km<sup>2</sup>.

A bacia dentro do complexo precambriano é localizada entre a Serra da Mantiqueira ao norte e Serra do Mar ao Sudeste, com altitudes de até 2.500 e 800 metros, respectivamente. Dentro da bacia, a topografia é suave e se envolve entre 510 e 650 metros.

O presente estudo tem a finalidade de avaliar as possibilidades de exploração de água subterrânea, de uma maneira racional.

### HIDROGEOLOGIA

#### Aqüíferos

Os sedimentos terciários que pertencem à Formação Taubaté, constituem o principal e melhor aqüífero da bacia. Os sedimentos são bastante variáveis na secção geológica em ambos os sentidos (vertical e horizontal). As variações vão desde material grosso, areias e matéria fina com argilas, siltitos e folhelhos que confinam o aqüífero, ligadas ao ambiente de deposição fluvial, marginal e lacustrino.

As fácies lacustrinas que causaram a deposição das argilas e folhelhos na sub-bacia de Tremembé afetam de uma maneira adversa as

possibilidades de explorar água subterrânea nessa região. Por outro lado, as fácies marginais e fluviais, que são predominantes nas outras sub-bacias, constituem bons aquíferos. Um exame da seção geológica mostra que as partes mais grossas dos depósitos são restritos à parte superior do grupo sedimentar com uma espessura de aproximadamente 100 m. As intercalações de camadas confinantes e de areias, ligadas hidráulicamente, constituem um aquífero heterogêneo de várias camadas que resultam, às vezes, em condições artesianas.

O aquífero terciário que se estende ao longo do Vale do Paraíba é dividido em três partes: a primeira localizada na área de Jacareí; a segunda na área de Lorena e, a terceira, intermediária, que constitui a Bacia de Tremembé, é um aquífero de baixa produtividade.

Os sedimentos quaternários representados pelos aluviões em ambos os lados do rio Paraíba e seus afluentes, armazenam quantidades consideráveis de água. Essas formações também podem ser exploradas por meio de poços rasos.

#### CONFIGURAÇÃO DOS NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS

Em geral a tendência dos níveis piezométricos segue a topografia descendo das montanhas em direção aos rios. As cotas variam entre 600 m e 520 m ao lado do rio Paraíba, que é o principal dreno do aquífero. As linhas equipotenciais são, em forma geral, paralelas aos limites da região, indicando que o fluxo é na direção do rio Paraíba.

Dentro da bacia existem três bacias hidrológicas: a de Eugênio de Melo e de Pindamonhangaba, numa cota de 540 m e a de Lorena numa cota de 520 m. Essas depressões são reflexos das principais estruturas "Horsts" que existem na área.

O gradiente hidráulico varia entre 2% e 20%. O aquífero terciário funciona como freático ou semi-confinado, embora as condições artesianas tenham sido encontradas perto dos limites da bacia.

#### CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS

Com a finalidade de avaliar as características físicas e hidrodinâmicas dos aquíferos, foi necessário executar testes de bombeamento para definir o modelo hidrogeológico.

As áreas com maiores valores de transmissividade são as da vizinhança de São José dos Campos, Caçapava e Lorena, onde eles atingem  $500 \text{ m}^2/\text{dia}$ . Na sub-bacia de Tremembé, a transmissividade é baixa e não ultrapassa a  $20 \text{ m}^2/\text{dia}$ . O coeficiente de armazenamento também confirma essa distribuição. Os valores são entre  $1 \times 10^{-1}$  e  $8 \times 10^{-4}$ , respectivamente, confirmando a existência de condições freáticas nas regiões de São José dos Campos e Lorena e confinamento na sub-bacia de Tremembé.

#### EXPLORAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

##### Exploração Atual

Durante o levantamento de 1976, foram cadastrados 350 poços, dos quais 145 em São José dos Campos. Do total, 280 funcionam, produzindo anualmente um volume de 30 milhões de  $\text{m}^3$ . A maioria dos poços tem entre 100 - 175 m de profundidade e só alguns excedem 230 m. São de 12" de diâmetro e tubos de 6" - 8", equipados com filtros Johnson ou Nold. Bombeamento dá-se com bombas submersíveis e ar comprimido. Vazões situam entre 10 - 200  $\text{m}^3/\text{h}$  e a vazão específica, entre 0,2 - 14  $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ .

A exploração de água subterrânea está num processo contínuo de crescimento seguindo o crescimento de perfurações de poços na região, que alcançam 30 por ano e uma tendência a aumentar no futuro.

Utilizando novas tecnologias, foram elaborados projetos novos - poços profundos. Nesses poços foi possível executar testes completos

de bombeamento para determinação das características hidrodinâmicas do aquífero. Esses poços foram perfurados nas localidades de São José dos Campos, Lorena e Caçapava, com diâmetros de 24", 18" e 17 1/2" e profundidades de 154 m, 200 m e 148 m, respectivamente. As transmissividades determinadas foram da ordem de 540 m<sup>2</sup>/dia e 850 m<sup>2</sup>/dia e coeficiente de armazenamento de  $1 \times 10^{-2}$  e  $6 \times 10^{-2}$ . As vazões foram de 220 - 107 m<sup>3</sup>/h.

Os resultados obtidos mostraram a viabilidade técnica e econômica de perfurar com sistemas de circulação reversa em sedimentos terciários e a hipótese sobre as características hidrodinâmicas das sub-regiões no Vale do Paraíba.

#### Qualidade de Água Subterrânea

Amostras de água foram coletadas de 100 poços com a finalidade de determinar as características químicas. Em geral, elas são uniformes ao longo da área e contêm sólidos dissolvidos de baixo teor, enquanto sílicas e cálcio são altos. Os bicarbonatos são altos; cloros e sulfatos são baixos. A alcalinidade situa entre 0-782 mg/l de CaCO<sub>3</sub> e dureza total de 0-273 mg/l de CaCO<sub>3</sub>. O pH é da ordem de 6,5, exceto na bacia de Tremembé, onde é neutro. As temperaturas das águas variam entre 22 - 24 °C, aumentando com a profundidade na taxa de 1°C/40 m.

A água subterrânea da bacia sedimentar é classificada, segundo diagrama de Schoeller-Berkaloff e Piper, como bicarbonata da-sódica. A maior parte da água subterrânea é potável e dentro dos padrões da OMS.

#### PREVISÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante 1976, 30 milhões de m<sup>3</sup> de água subterrânea foram bombeados, dos quais  $11 \times 10^6$  m<sup>3</sup> para abastecimento público e,  $16 \times 10^6$  m<sup>3</sup> para uso industrial. Segundo as previsões de planejadores, a demanda de água para abastecimento público alcançará  $175 \times 10^6$  m<sup>3</sup> no ano 2000. Em algumas partes do Vale, o aumento será mais violento do que em outras.

A recarga natural anual média de água subterrânea é da ordem de  $230 \times 10^6$  m<sup>3</sup> e, portanto, o aquífero tem o potencial de abastecer e suprir as necessidades previstas para o ano 2000.

O programa é explorar água subterrânea através de poços de aproximadamente 200 m, com vazões de 200 - 300 m<sup>3</sup>/h nas áreas de São José dos Campos e Lorena e de aproximadamente 50 m<sup>3</sup>, nas vizinhanças de Jacareí, Caçapava e Cruzeiro.

É recomendável que os poços sejam perfurados com máquinas rotativas de circulação reversa, evitando, assim, o uso de lama e facilitando um melhor desenvolvimento dos poços.

O aumento de poluição nos recursos hídricos superficiais por um lado, e a viabilidade econômica de utilizar água subterrânea para abastecimento por outro, coloca o tema de desenvolvimento de água subterrânea como uma prioridade dentro do plano de abastecer a totalidade da população com água potável.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de. (1952) Vale do Paraíba. In : DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Divisão de Geologia e Mineralogia. Relatório Anual do Diretor. Rio de Janeiro, DNPM/DGM.
- ALMEIDA, F.F.M. de. (1958) Vale do Paraíba. In : DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Divisão de Geologia e Mineralogia. Relatório Anual do Diretor. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, p. 90-91.
- BLANK, D. (1977) Operators Manual of Groundwater Model Application. (Internul publ.) TAHAL Consulting Engineers - Tel-Aviv, Israel.

- BRITO, I.M. e RIBEIRO, F.A.M. (1975) Ocorrência de Lepdoptera nos folhelhos de Tremembé e algumas considerações sobre a Bacia Geológica do Paraíba, Estado de São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 47 (1) : 105-111.
- CARNEIRO, C.D.R.; HASUI, Y.; GIANCURSI, F.D. (1976) Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29º, Belo Horizonte, (no prelo).
- CORDANI, U.G. et alii (1974) Geologia da região de Cruzeiro e Cachoeira Paulista e sua importância na interpretação da evolução tectônica do Vale do Paraíba. Geologia - Ciência - Técnica, São Paulo, CEPEGE, (6) : 9-30.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL E UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (1976) Projeto Paraíba : geologia das folhas de Lorena e Cruzeiro. São Paulo, Instituto de Geociências da USP, 74 p.
- FRANGIPANI, A. (1963) Idéias sobre a gênese do Vale do Paraíba. O IGG. São Paulo, 16: 31-39.
- FREITAS, R.Q. de. (1957) Tectônica e Geologia do Vale do Paraíba. São Carlos, Escola de Engenharia da USP, 40 p. publicação 11 - Geologia, 4.
- I.P.T. (1977) Geologia da Região Administrativa 3 do Estado de São Paulo - Relatório nº 9720, vol. 1, 2 e 3, IPT, SP.
- MERO, F.; CONEJO, J.G.L. e BRAGA, B. (1973) Sistemática para o estudo do regime de chuvas numa bacia hidrográfica - DAEE - SP.
- MORAES, L.J. de. (1945) Bacia Terciária do Vale do Rio Paraíba, Estado de São Paulo. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da USP. São Paulo, (50) : 3-25. Geologia, 2.
- RUELLAN, F.A. (1944, 1945) Interpretação Geomorfológica das Relações do Vale do Paraíba com as serras do Mar e Mantiqueira e a Região Litorânea de Parati, Angra dos Reis e Mangaratiba. Boletim Geográfico (21-23): 1374-1375, 1733-1739.
- SISTEMA BANDA (1976) Banco de Dados hidrologicos para o computador IBM 1130 - DAEE - SP.
- SISTEMA HIDRO - 370 (1977) Banco de Dados Hidrológicos para o computador IBM - 370 - DAEE - SP.
- SONDOTÉCNICA - DAEE - Estudo Hidráulico do rio Paraíba do Sul.