

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRÊTO, SP

Por

FAHAD MOYSÉS ARID (1), PAULO R. M. CASTRO (1) e SAMIR FELÍCIO BARCHA (1)

ABSTRACT

This paper deals with hidrogeology in the area of São José do Rio Preto, State of São Paulo, Brazil.

A preliminary study of the growth of the town in the last decades was made and its high rate of development has produced frequent crises in the public system of water supply.

The authors systematically collected data concerned with the variation of the phreatic level, pluviometric precipitation, temperature averages, geological and technological analyses of deep wells, the local geology, and the quality of the underground water.

The standard values of local evapotranspiration were calculated according to the Thornthwaite method, and highly critical values for 1967 and 1968 have been indicated.

The area is covered by neocretaceous sediments of the Bauru Formation mostly constituted by different kinds of sandstones, interfingering with mud-pebble conglomerates, siltstones and mudstones, which repeat themselves in vertical succession.

The deep wells cross the Bauru Formation, reaching or not the underlying basalt. The Bauru Formation, which in this region presents an average thickness of 200 m, has allowed an average discharge of 10 m³/h, sometimes reaching 50 m³/h. The wells that reach the contact with the underlying basalt presents a higher average discharge about 30 m³/h. Chemical analyses of underground water were made. Although slightly acidulated and with a moderate proportion of bicarbonates, the underground water does not present problems of corrosion or permanent hardness. In some locations it is slightly ferruginous; in others, slightly radioactive. In spite of all these facts, it is always of good quality.

The studies of the present system of water supply and of the reservations of underground water in the hidrogeological basin of the area of São José do Rio Preto led the authors to recommend a systematic exploration of underground water as a solution for the town's public water supply, both in the present and future.

RESUMO

Este trabalho versa sobre a hidrogeologia na área de São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, Brasil.

Foi feito um estudo preliminar do crescimento da cidade nas últimas décadas e o seu alto grau de desenvolvimento vem produzindo crises frequentes no sistema público de abastecimento de água.

Os autores coletaram sistematicamente dados referentes à variação do nível freático, à precipitação pluviométrica, às médias de temperatura, às análises geológicas e tecnológicas de poços profundos, à geologia local e à qualidade da água subterrânea.

Os valores padrões da evapotranspiração local foram calculados de acordo com o método de Thornthwaite (1948), sendo que valores altamente críticos foram encontrados para 1967 e 1968.

A área é recoberta por sedimentos neocretácicos da Formação Bauru, constituída em sua maior parte por diferentes tipos de arenitos, interdigitados com conglomerados de seixos de argilito, siltitos e argilitos, os quais se repetem na sucessão vertical.

Os poços profundos atravessam a Formação Bauru, alcançando ou não o basalto subjacente. A Formação Bauru, que nesta região apresenta uma espessura média de 200 m, tem fornecido uma descarga média de 10 m³/h, às vezes alcançando a 50 m³/h. Os poços que atingem o contato com o basalto subjacente apresentam uma vazão média mais alta de cerca de 30 m³/h.

Foram feitas análises químicas da água subterrânea. Embora ligeiramente acidulada e com proporções moderadas de bicarbonatos, a água subterrânea não apresenta problemas de corrosão ou de dureza permanente. Em alguns locais ela é ligeiramente ferruginosa; em outros, levemente radioativa. A despeito de todos estes fatos, ela é sempre de boa qualidade.

Os estudos do atual sistema de suprimento de água e as estimativas calculadas sobre as reservas de água subterrânea na bacia hidrogeológica da

(1) Departamento de Geologia e Paleontologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Preto.

área de São José do Rio Preto levaram os autores a recomendar uma exploração sistemática da água subterrânea como solução para o abastecimento público de água da cidade, tanto para o presente como para o futuro.

1 — INTRODUÇÃO

O objetivo do presente trabalho é o estudo das reservas hidrogeológicas no Município de São José do Rio Preto, Estado de São Paulo e das possibilidades do seu aproveitamento no abastecimento público de água.

O atual sistema de abastecimento é concebido exclusivamente na captação e tratamento de águas fluviais do rio Preto e não tem sido suficiente para atender às necessidades do consumo atual, motivo pelo que a cidade tem sido palco de inúmeras crises nesses últimos anos.

São José do Rio Preto é o maior e mais importante centro comercial e agrícola da região ocidental do Estado de São Paulo, e de acordo com as estatísticas oficiais, tem apresentado elevado índice de crescimento nos últimos trinta anos.

Vem-se esboçando nesta última década, embora com grandes dificuldades, uma estrutura industrial modesta, porém a administração municipal atual já deu os primeiros passos para a execução dinâmica e agressiva de parque industrial de largas proporções.

O sistema público de abastecimento, projetado e construído há cerca de 15 anos, já se encontra inteiramente superado. Repetidos cortes no fornecimento, leis restritivas ao seu uso ou que vieram impor a obrigatoriedade de fontes próprias de suprimento, têm sido medidas de emergência adotadas que revelam a insuficiência dos serviços de captação, tratamento e distribuição da água.

A questão do suprimento de água para fins domésticos, industriais ou de irrigação na zona urbana ou rural, constitui, no presente, um sério problema administrativo e se impõe como verdadeiro desafio às autoridades; deve ser, necessariamente, considerado e avaliado na formulação de qualquer projeto moderno e eficiente de desenvolvimento industrial e agrário.

Em especial, também deverá ser considerado em nosso Município.

O sul do Brasil é uma área bem dotada, em geral, de recursos hidrográficos, de forma que quase toda a água de abastecimento provém de fontes fluviais. Provavelmente por essa razão, não temos desenvolvido sério esforço na

busca de outras fontes de suprimento, como o subsolo, especialmente na imensa e próspera região ocidental do nosso Estado, onde os estudos já demonstraram suas grandes possibilidades de reserva e produção (Leinz e Sallentien, 1962). As tentativas do seu aproveitamento nessa região têm sido esparsas e isoladas, porém, têm-nos oferecido excelentes dados para um estudo mais detalhado das características hidrogeológicas das rochas que compõem o seu substrato.

Não obstante os excelentes recursos hídricos que essa região possui, o fato das chuvas se concentrarem em períodos relativamente curtos, mais os períodos de longa estiagem a que periodicamente estamos sujeitos, somados ainda às exigências crescentes de consumo, têm provocado contínuas crises no abastecimento e vêm demonstrando a necessidade urgente da procura de novas fontes de produção de água.

Esse grave problema, instalado também nesta cidade já há algum tempo, levou-nos a um estudo cuidadoso da avaliação das reservas hidrogeológicas do Município e das possibilidades do seu aproveitamento sistemático em larga escala, como tentativa de se estabelecer um novo sistema de abastecimento e irrigação. Nesse sistema deverão ser, necessariamente, consideradas as fontes de subsuperfície — o lençol freático — em cuja exploração adequada poderemos encontrar a solução para suprir as atuais deficiências e prover, no futuro, a demanda de uma população em franca prosperidade.

2 — FISIOGRAFIA

No tratamento do problema hidrogeológico devem ser considerados o relevo da região, o clima, o solo e a vegetação, além das questões fundamentais da geologia local.

Já estão bem estabelecidas as relações entre abastecimento e armazenamento da água no subsolo e os fatores acima apontados, de tal forma que o conhecimento detalhado da hidrogeologia não pode omiti-los.

2.1 — Relevo

A inclinação da superfície local, o gradiente topográfico, é um dos fatores que interferem decisivamente na infiltração e no escoamento superficial. Onde a topografia é acidentada, com superfícies consideravelmente inclinadas, há maior índice de escoamento do que

infiltração e nos locais de topografia suave, há maior infiltração.

A região de São José do Rio Preto apresenta topografia suave; o relevo é ondulado, relativamente uniforme, com amplos e baixos espigões. São pequenas as diferenças de nível apresentadas pelas mais altas e mais baixas cotas, que variam de 450 a 600 metros.

Tal relevo constitui positivo fator na captação e infiltração de águas da chuva, permitindo um mais eficiente reabastecimento do lençol freático. Em consequência, a drenagem local é pouco expressiva, constituída por uma bacia de pequeno porte — a do rio Preto — cujo rio principal de pequeno volume e geralmente de baixa velocidade, confere à bacia pequena importância no escoamento superficial.

2.2 — Solos

O solo é um fator fundamental que deve ser analisado quando se pretende conhecer bem todos os aspectos da infiltração da água para o subsolo. Está bem estabelecido que elevada porosidade do solo favorece o processo de infiltração, da mesma forma que o teor de matéria orgânica contribui para aumentar essa capacidade.

Em nossa região, o solo apresenta condições altamente favoráveis à infiltração. São solos arenosos provenientes da decomposição das rochas da Formação Bauru, com predomínio absoluto da fração arenosa ($\pm 70\%$), sendo que a fração fina, silte-argilosa nunca ultrapassa 30% (Arid e Landim, 1963). Segundo estudos realizados pela Divisão Regional Agrícola de São José do Rio Preto, da Secretaria da Agricultura (1968/1969 — p. 20), os solos do município de São José do Rio Preto são representados pelo tipo Latossol — fase arenosa ($\pm 70\%$) em geral solos profundos e em cerca de 30% por solos podzolizados, variedade Lins ($\pm 24\%$) e Marília ($\pm 6\%$). Apresentam em geral grande espessura, sua porosidade é elevada e na maior parte é relativamente alto o teor de matéria orgânica, fatores que lhe conferem boa capacidade de absorção de água.

2.3 — Vegetação

Atualmente, na área do Município não mais se encontra, praticamente, a vegetação original, classificada como mata latifoliada, do tipo mata baixa e pouco compacta situada em zonas de solos pouco férteis provenientes da

decomposição dos Arenitos Bauru (CIBPU, 1955, p. 47). Ela está hoje restrita a pequenas massas residuais dispersas em áreas cultivadas e são compostas, de acordo com estudos de De Marinis e Camargo (1966), de modestos capões de mato e de capoeiras savanizadas ou de campos parcialmente xeromorfos (cerradinhos).

As principais culturas se distribuem da seguinte maneira (DIRA, 1968-69): culturas permanentes (10,40%), culturas anuais (18,90%), pastagens (52,90%), florestas (7,90%), terras ociosas (7,40%) e reflorestadas (2,50%).

Das culturas principais destacam-se a do café, algodão, arroz e milho em ordem decrescente de importância, salientando-se, porém, a alta porcentagem de pastagens que ocupam mais da metade da área do Município.

Sabemos que as condições de infiltração da água no solo são influenciadas pela cobertura vegetal, por sua natureza e por sua densidade, assegurando-se sempre maior penetração quanto mais abundante e mais densa ela for. Essa influência foi detalhadamente demonstrada por Sherman e Musgrave (Ceders-trom, 1964, p. 21). Por outro lado, além de favorecer a infiltração e permitir um maior reabastecimento do lençol subterrâneo, a vegetação é componente importante da restituição de água do solo à atmosfera através da transpiração e seus efeitos serão avaliados nos estudos de evapotranspiração.

3 — CLIMA

O clima é um dos fatores mais importantes a ser considerado no estudo da hidrogeologia. Através do estudo da situação climática da região de São José do Rio Preto foi possível estabelecer a quantidade média de chuva que cai anualmente e a porção de água que é restituída à atmosfera pela evapotranspiração.

O estudo das isotermas, isoigras e isoietas médias anuais apresentadas pela Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai (1955) e por Setzer (1946) nos permite caracterizar a região sob o ponto de vista climático. O Município apresenta médias térmicas anuais superiores a 22°C, sendo que a média das máximas está entre 28° e 30°C e a média das mínimas nunca é inferior a 15°C. Do ponto de vista pluviométrico, a região apresenta índice médio anual entre 1.000 a 1.250 mm, caracterizando-se como das áreas de menor precipitação do Estado de São Paulo, sendo que as chuvas são de verão e o inverno é seco. O clima da região

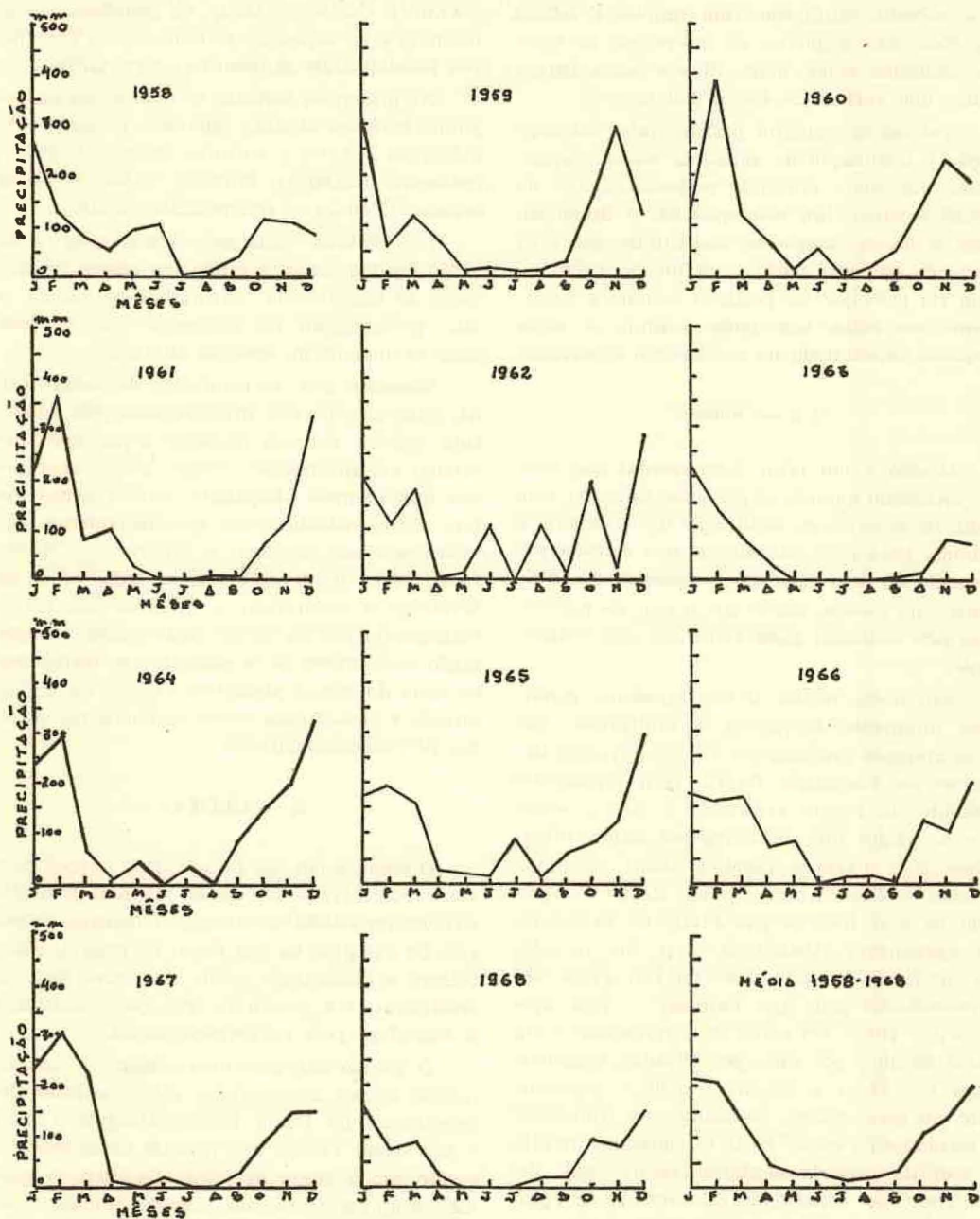


FIG 1 - CURVAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO EM S. J. RIO PRÊTO NO PERÍODO DE 1958 A 1968 (EM MM)

pode assim ser considerado como tropical, quente e úmido, com chuvas de verão e inverno seco — tipo AW (segundo Koeppen).

3.1 — Pluviometria

Os autores estudaram o regime pluviométrico e as condições térmicas do Município, nos dois últimos anos (1967 e 1968), tendo obtido dados no posto pluviométrico da Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SANBRA) e no Posto de Sementes, respectivamente.

O regime de chuvas é fator importante no abastecimento do lençol freático, principalmente em regiões de topografia suave, de solos e rochas porosas e de boa cobertura vegetal, não apenas pelo controle que exerce na infiltração, mas também pelos seus efeitos sobre o escoamento superficial e sobre o sistema local de drenagem.

Os dados por nós examinados (Tab. 1, fig. 1) revelam que há duas estações pluviométricas bem definidas: uma seca representada por um período normal de seis meses — abril a setembro — e a segunda, estação chuvosa, também de seis meses, que reúne os meses de outubro a março.

Nos onze anos levantados (1958-68), as mais baixas médias anuais de precipitação ocorreram nos anos de 1963 e de 1968, sendo que as maiores ocorreram em 1960 e 1964. Segundo os dados coletados no posto pluviométrico de Engenheiro Schmidt (CIBPU, 1966, p. 51), distrito de São José do Rio Preto, no período de 1937 a 1958, a mais baixa média assinalada foi em 1954 (966 mm) e a mais alta se deu em 1958 (1.829 mm).

A média anual calculada para o período 1958-68 foi de 1.145 mm, um pouco inferior às médias pluviométricas obtidas por Setzer (1946, p. 9) igual a 1.227 mm, por Schroeder (Camargo, 1964, pp. 6 a 8) igual a 1.200-1.300 mm e àquele obtido pela CIBPU (op. cit.) com os dados de Engenheiro Schmidt (1.364 mm).

Verifica-se que a precipitação média na estação seca é constituída apenas de 167 mm (14,5%) enquanto que a estação chuvosa representa 978 mm (85,5%). Considerando-se o mês mais seco do ano (julho), sua média de precipitação alcança um valor igual a 15 mm, variando desde 0 mm até 34 mm e chegando, excepcionalmente a alcançar 89 mm (1965).

O mês mais chuvoso do ano é janeiro, cuja altura pluviométrica atinge, em média, 211 mm, tendo apresentado variações desde 140 mm (1960) até 326 mm (1959).

A pluviosidade, como se pode perceber, acentua-se a partir de dezembro e alcança até fevereiro mais de 50% da chuva anual, somando altura pluviométrica média de 612 mm (Tab. 1).

O estudo do número de dias de chuva e de sua distribuição através do ano, o estudo da densidade pluviométrica e a determinação da taxa de probabilidade de chover para a nossa região são dados indispensáveis para que se possa caracterizar com maior precisão o seu regime pluviométrico.

Quanto à distribuição da precipitação pelos dias do ano (Tab. 2) verifica-se que há, em média, 76 dias de chuva distribuídos principalmente nos meses de janeiro (14,2), fevereiro (12,1) e dezembro (12,9). Esses três meses reúnem 39,2 dias de chuva, com mais da metade do total anual, enquanto que o período seco, de abril a setembro, reúne apenas 11,7 dias.

Os estudos sobre a probabilidade de chuvas e sobre a densidade pluviométrica efetuados de acordo com Schroeder (1956, p. 230) basearam-se nos valores da precipitação média anual e na média mensal dos dias de chuva (Tab. 3). O conceito de probabilidade de chuvas foi tomado como a relação existente entre o número de dias de chuva do mês e o número de dias do mês respectivo e a densidade pluviométrica foi calculada pela relação entre precipitação mensal e número de dias de chuva.

TABELA 1
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM S. J. DO RIO PRÊTO — (1958-1968) EM MM.

Ano Mês	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	Média 1958/68	%
1	264	326	140	211	190	216	243	173	173	233	155	211	18,4
2	129	63	390	378	113	135	296	188	163	301	77	203	17,7
3	79	121	126	78	177	80	66	163	169	222	88	124	10,8
4	53	70	67	102	6	28	13	35	73	8	25	43	3,7
5	89	12	20	23	17	0	44	19	83	0	0	28	2,4
6	103	17	60	0	103	0	0	14	0	17	3	29	2,5
7	7	14	0	0	0	0	34	89	17	0	3	15	1,4
8	10	17	20	6	110	0	2	14	19	0	19	20	1,8
9	36	29	48	4	18	5	88	59	4	38	19	32	2,8
10	110	144	128	67	197	9	150	79	119	91	92	108	9,5
11	104	287	227	116	33	75	188	124	98	138	80	134	11,7
12	79	123	185	326	288	68	328	294	199	144	148	198	17,3
Total	1.063	1.223	1.411	1.311	1.252	616	1.452	1.251	1.117	1.192	709	1.145	100%

TABELA 2
DIAS DE CHUVA EM S. J. DO RIO PRETO

Ano Mês	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	Média	%
Jan.	14	20	10	17	13	14	14	15	10	17	13	14,2	18,7
Fev.	9	7	13	17	11	13	16	15	11	12	10	12,1	16,0
Mar.	7	10	8	7	11	7	5	10	6	16	7	8,5	11,2
Abr.	5	3	5	4	1	2	2	4	3	1	1	2,8	3,7
Mai.	6	2	2	2	3	0	3	4	5	0	0	2,4	3,2
Jun.	1	1	4	0	5	0	0	2	0	2	1	1,4	1,8
Jul.	1	1	0	0	0	0	5	7	2	0	1	1,5	2,0
Agô.	2	2	1	1	1	0	1	2	1	0	5	1,4	1,8
Set.	3	1	2	1	3	1	4	4	1	2	3	2,2	3,0
Out.	9	5	10	8	14	4	10	10	6	7	6	8,0	10,6
Nov.	10	9	12	8	5	11	6	8	7	8	9	8,4	11,0
Dez.	9	10	13	16	20	7	16	17	10	13	11	12,9	17,0
Total	76	71	80	81	87	59	82	98	62	78	67	75,8	100%

Quanto à probabilidade de ocorrência de chuvas, podemos acentuar que em relação ao número de dias do ano (365), há 20,7%, em média por ano, de probabilidade de chover (76 dias), sendo que desse total há 46% de probabilidade de chover em janeiro, 43% em fevereiro e 41% em dezembro (Tab. 3).

TABELA 3

PROBABILIDADE E DENSIDADE DAS CHUVAS EM S. J. DO RIO PRÊTO

Mês	Prob. Chuvas %	Densidade
		mm
Janeiro	46	15
Fevereiro	43	17
Março	27	14
Abril	9	15
Maio	8	11
Junho	4	21
Julho	5	10
Agosto	4	14
Setembro	7	14
Outubro	16	13
Novembro	28	16
Dezembro	41	15
Média	20,7	14,6

No que se refere à densidade de chuvas, os estudos mostram que não há grandes variações durante o ano pluviométrico, tendo sido a densidade mínima média encontrada para o mês de julho ($d = 10$ mm) e a média máxima para o mês de junho ($d = 21$ mm). Na verdade, constituem valores discrepantes, pois os valores mensais não se desviam da densidade média anual calculada (14,6 mm).

O exame comparativo das precipitações anuais em função da curva de precipitação média para São José do Rio Preto (Fig. 2), mostra que durante os onze anos a queda de chuvas foi superior a essa média na maior parte do tempo (7 anos) e inferior apenas em 4 anos.

Temos que destacar, contudo, anos altamente críticos (1963 e 1968) cujos desvios da média atingiram valores muito baixos (46% e 38%, respectivamente), constituindo-se nos anos mais críticos num período de 30 anos, valores esses nunca compensados por desvios positivos equivalentes.

O estudo da precipitação pluviométrica em São José do Rio Preto e de suas variações médias anuais e estacionais constitui componente importante na apreciação e avaliação do reabastecimento do aquífero profundo dessa região, sujeito principalmente a essas variações.

3.2. — Evapotranspiração

Na avaliação das reservas hidrogeológicas deve ser considerada, além da água que se infiltra no solo, a água que dele se perde, seja por evaporação simples ou por transpiração de plantas.

A evapotranspiração nos dá a medida da água que é restituída ou que pode ser restituída à atmosfera. Sem os dados médios desse processo, será impossível avaliar a quantidade de água disponível no reservatório subterrâneo de S. J. do Rio Preto. De fato, segundo estudos de Hackett (1962, in Frangipani e Panutti, 1965) no equilíbrio hidrológico, a recarga do lençol freático está condicionada à precipitação pluviométrica, ao escoamento superficial, à umidade do solo e à evapotranspiração, de tal forma que o reabastecimento será medido pela diferença entre a quantidade de águas que cai pelas chuvas e a quantidade total de águas que se perdem por escoamento, suprimento do déficit de umidade do solo e por evapotranspiração.

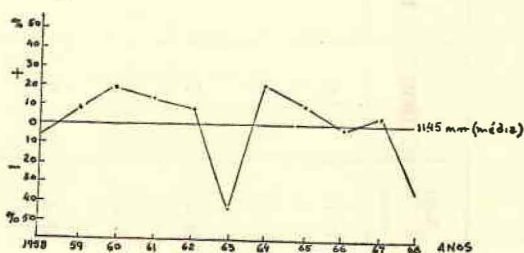


FIG. 2 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM RELAÇÃO À MÉDIA DE CHUVAS EM S. J. DO RIO PRÊTO

Nos estudos de evapotranspiração contamos com o auxílio do engenheiro Agrônomo Alfredo Saad da Casa da Agricultura de São José do Rio Preto, a quem devemos registrar nossos agradecimentos.

Com os dados de precipitação e temperatura (Tab. 4) obtidos durante o período de 11 anos (1958-68) e com os dados de temperaturas médias levantadas para o município (Setzer, 1946), foi-nos possível calcular os padrões locais da evapotranspiração segundo o método de Thornthwaite (1948), com base nos estudos de Camargo (1964; 1966). Estudos especiais foram feitos para os anos de 1967 e 1968 (Tab. 5 a 8).

A curva normal de evapotranspiração, calculada para os valores médios de precipitação e de temperatura (Fig. 3-A, 3-B) revela que no período de janeiro a março, onde ocorre a maior precipitação do ano, há um excedente de até 190 mm de água que, em virtude da saturação do solo estabelecida nos meses precedentes, é perdido no escoamento superficial e mesmo subsuperficial. Nessa época a precipitação supera, de muito, a evapotranspiração real, que nessa fase é igual à potencial. A partir de março, nos meses de abril e maio, a evapotranspiração assume valores superiores à precipitação, porém não chega a haver deficiência sendo as necessidades supridas pela reserva que vai sendo consumida. Nesse período, a evapotranspiração real é igual à potencial. A deficiência máxima anual é igual a 150 mm e ocorre no período de junho a setembro, quando a precipitação atinge os seus mais baixos valores, muito inferiores aos de evapotranspiração.

Esse período é considerado crítico, pois as reservas estão esgotadas, não há praticamente precipitação e o déficit alcança seus máximos valores. Nessa fase a evapotranspiração real é igual à precipitação, pois já não há qualquer reserva e toda a água que cai das chuvas é evapotranspirada em virtude do déficit estabelecido anteriormente.

A partir de outubro a precipitação alcança novamente valores superiores à evapotranspiração e vai em parte reabastecer a reserva subterrânea e, em parte, será utilizada pela evapotranspiração. Neste período a evapotranspiração real é igual à potencial. Essa situação perdura até o mês de dezembro e é suficiente para determinar nesse período a saturação do solo e do lençol aquífero.

Estudos realizados por outros autores sobre a evapotranspiração no Estado de São Paulo (Camargo, 1964) mostram que na região de São José do Rio Preto ela alcança, em média, 1.000 mm por ano; tomando-se por base precipitação anual média entre 1.200-1.300 mm, aquele autor encontrou excedentes anuais de água em torno de 250 mm.

No caso de 1967, os valores da evapotranspiração nos dão uma figura diferente (Fig. 3C).

Não obstante ter sido bem grande o excedente de água, aliás bem maior que o excedente normal até março, toda a reserva foi consumida rapidamente, em apenas um mês — abril — em virtude da excepcionalmente baixa altura pluviométrica registrada nesse período (de 222 mm em março para 8 mm em abril).

O déficit começa a ser notado já no mês de abril e a precipitação não foi suficiente para recuperar a reserva no período subsequente, de tal forma que a deficiência tornou-se grandemente ampliada, atingindo valor muito superior ao correspondente normal, com mais de 550 mm.

Fato digno de ser destacado é que essa deficiência já bastante excessiva em 1967, permaneceu da mesma forma durante o ano seguinte de 1968, tendo sido ainda agravada pela baixíssima precipitação ocorrida nesse ano (709 mm). Dessa forma o déficit agravado alcançou em 1968 a ordem de 911 mm, um valor altamente crítico para a região em estudo (Fig. 3D).

Os valores calculados para a evapotranspiração com os dados da precipitação pluviométrica média, permitiram-nos construir o evapluviograma local (Fig. 4).

Relacionando os valores da precipitação na abscissa e os da evapotranspiração na ordenada, pudemos identificar para São José do Rio Preto, duas fases climáticas bem definidas.

A fase seca, que reúne os meses de abril, maio, julho, agosto e setembro, se caracteriza por ter uma precipitação muito baixa, normalmente inferior a 50 mm e sempre mais baixa que a evapotranspiração que chega a atingir 100 mm.

A fase úmida, que reúne os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, possui uma precipitação muito alta, alcançando altura até 200 mm e superando a evapotranspiração que não ultrapassa 130 mm.

Na fase úmida devem-se distinguir ainda dois grupos levemente diferentes: um representado pelos meses de dezembro, janeiro e feve-

FIG. 3 BALANÇO HÍDRICO DE S.J. RIO PRÊTO SEG. THORNTHWAITER - 1948

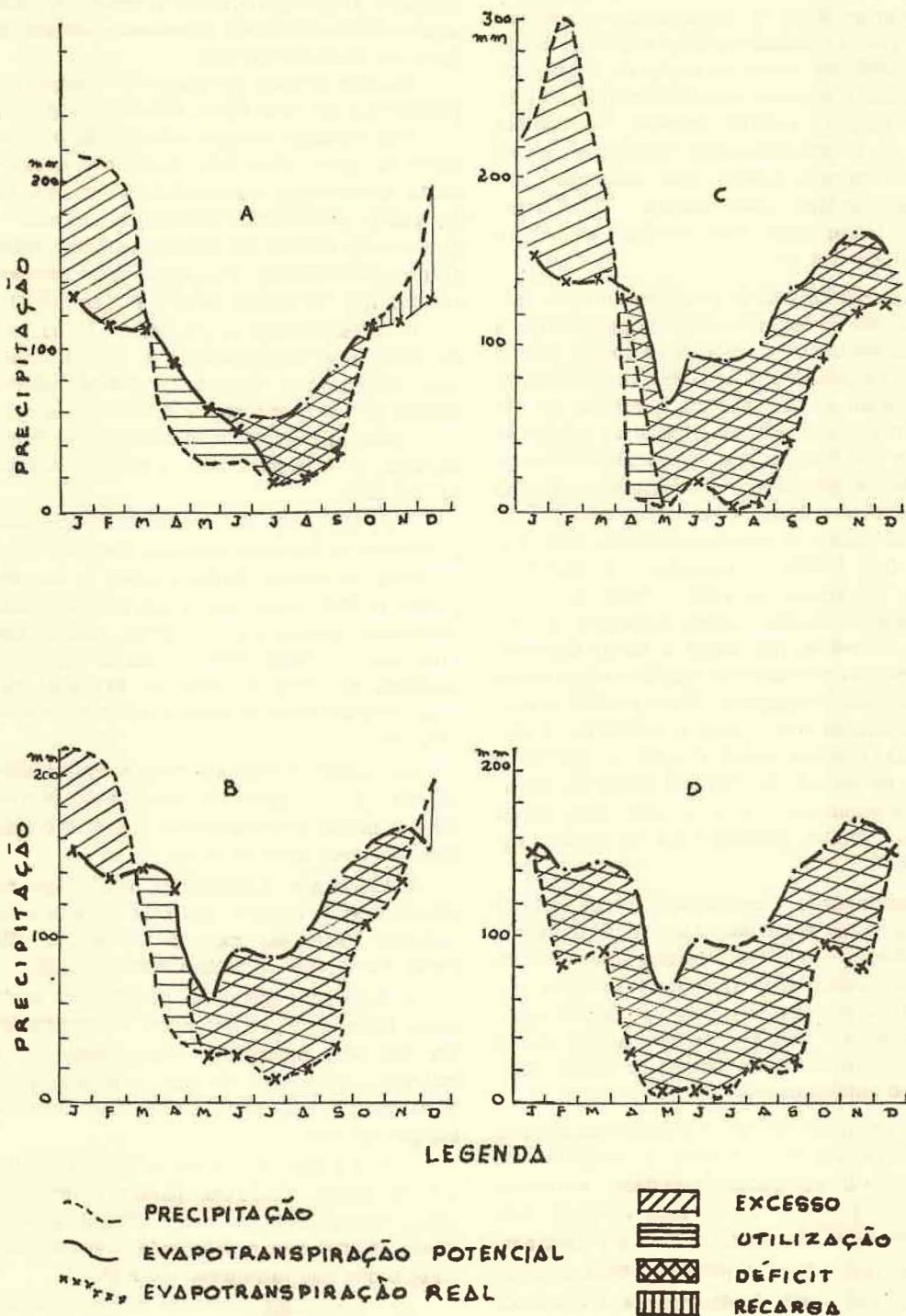


TABELA 4

TEMPERATURA MÉDIA MENSAL EM SÃO JOSÉ DO RIO PRETO (EM °C)

	Mês	T. Máxima	T. Mínima	Média
1967	Junho	28°C	15°C	21,5°C
	Julho	30°	15°	22,5°
	Agosto	35°	16°	25,5°
	Setembro	36°	18°	27,0°
	Outubro	35°	20°	27,5°
	Novembro	34°	19°	26,5°
	Dezembro	30°	19°	24,5°
1968	Janeiro	33°	20°	26,5°
	Fevereiro	33°	21°	27,0°
	Março	33°	20°	26,5°
	Abril	32°	21°	26,5°
	Maió	30°	12°	21,0°
	Junho	35°	13°	24,0°
	Julho	35°	13°	24,0°
	Agosto	35°	14°	24,5°
	Setembro	36°	17°	26,5°
	Outubro	34°	20°	27,0°
	Novembro	36°	21°	28,5°
	Dezembro	32°	21°	26,5°
1969	Janeiro	34°	22°	28,0°
	Fevereiro	34°	23°	28,5°
	Março	32°	22°	27,0°
	Abril	31,3°	19,7°	25,5°
	Maió	32,3°	16,7°	24,5°
	Junho	31,3°	15,7°	23,5°

TABELA 5

BALANÇO HÍDRICO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO SEGUNDO THORNTHWAITE 1948
 PRECIPITAÇÃO MÉDIA 1958-1968
 TEMPERATURA SEG. SETZER

Mês	TEMP °C	EP mm	P mm	P-EP mm	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro ...	24,6	128	211	+ 83	100	+ 10	128	0	73
Fevereiro .	24,4	111	203	+ 92	100	0	111	0	92
Março	24,1	110	124	+ 14	100	0	110	0	14
Abril	22,5	90	43	— 47	53	— 47	90	0	0
Maio	20,1	63	28	— 35	18	— 35	63	0	0
Junho	18,8	56	29	— 27	0	— 18	47	9	0
Julho	18,5	54	15	— 39	0	0	15	39	0
Agosto ...	19,8	65	20	— 45	0	0	20	45	0
Setembro .	22,2	87	32	— 55	0	0	32	55	0
Outubro ..	23,3	110	108	— 2	0	0	108	2	0
Novembro .	24,1	114	134	+ 20	20	+ 20	114	0	0
Dezembro .	24,3	128	198	+ 70	90	+ 70	128	0	0
Ano	22,2	1116	1145	+ 29	481	0	966	150	189

TABELA 6

BALANÇO HIDRICO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO SEGUNDO THORNTHWAITE 1948

PRECIPITAÇÃO MÉDIA 1958-1968

TEMPERATURA SEG. PÔSTO SEMENTES

Mês	TEMP °C	EP mm	P mm	P-EP mm	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro ...	26,5	155	211	+ 56	100	+ 57	155	0	1
Fevereiro .	27,0	138	203	+ 65	100	0	138	0	65
Março	26,5	142	124	— 18	82	— 18	142	0	0
Abril	26,5	131	43	— 88	0	— 82	125	— 6	0
Maió	21,0	63	28	— 35	0	0	28	— 35	0
Junho	24,0	94	29	— 65	0	0	29	— 65	0
Julho	24,0	90	15	— 75	0	0	15	— 75	0
Agosto ...	24,5	101	20	— 81	0	0	20	— 81	0
Setembro .	26,5	135	32	—103	0	0	32	—103	0
Outubro ..	27,0	149	108	— 41	0	0	108	— 41	0
Novembro .	28,5	167	134	— 33	0	0	134	— 33	0
Dezembro .	26,5	155	198	+ 43	43	+ 43	155	0	0
Ano	25,7	1520	1145	—375	325	0	1081	—439	66

TABELA 7

BALANÇO HÍDRICO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO SEGUNDO THORNTHWAITE 1948

PRECIPITAÇÃO = 1967

TEMPERATURA = SEG. PÔSTO SEMENTES

Mês	TEMP °C	EP mm	P mm	P-EP mm	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro ...	26,5	155	233	+ 78	100	0	155	0	78
Fevereiro .	27,0	138	301	+163	100	0	138	0	163
Março	26,5	142	222	+ 80	100	0	142	0	80
Abril	26,5	131	8	-123	0	-100	108	- 23	0
Maio	21,0	63	0	- 63	0	0	0	- 63	0
Junho	24,0	94	17	- 77	0	0	17	- 77	0
Julho	24,0	90	0	- 90	0	0	0	- 90	0
Agosto ...	24,5	101	0	-101	0	0	0	-101	0
Setembro .	26,5	135	38	- 97	0	0	38	- 97	0
Outubro ..	27,0	149	91	- 58	0	0	91	- 58	0
Novembro .	28,5	167	138	- 29	0	0	138	- 29	0
Dezembro .	26,5	155	144	- 11	0	0	144	- 11	0
Ano	25,7	1520	1192	-328	300	-100	971	-549	321

TABELA 8

BALANÇO HÍDRICO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO SEGUNDO THORNTHWAITE 1948

PRECIPITAÇÃO = 1968

TEMPERATURA = SEG. PÔSTO SEMENTES

Mês	TEMP °C	EP mm	P mm	P-EP mm	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro ...	26,5	155	155	0	0	0	155	0	0
Fevereiro .	27,0	138	77	— 61	0	0	77	— 61	0
Março	26,5	142	88	— 54	0	0	88	— 54	0
Abril	26,5	131	25	—106	0	0	25	—106	0
Maió	21,0	63	0	— 63	0	0	0	— 63	0
Junho	24,0	94	3	— 91	0	0	3	— 91	0
Julho	24,0	90	3	— 87	0	0	3	— 87	0
Agôsto ...	24,5	101	19	— 82	0	0	19	— 82	0
Setembro .	26,5	135	19	—116	0	0	19	—116	0
Outubro ..	27,0	149	92	— 57	0	0	92	— 57	0
Novembro .	28,5	167	80	— 87	0	0	80	— 87	0
Dezembro .	26,5	155	148	— 7	0	0	148	— 7	0
Ano	25,7	1520	709	—811	0	0	709	—811	0

reiro e outro por março, outubro e novembro, nos quais, embora a evapotranspiração possua valores iguais ou muito próximos, a precipitação é maior no primeiro grupo, superando a do segundo em até 80 mm.

Interessante é a localização isolada do mês de junho, caracterizado como mês sub-úmido. Nesse caso, embora a precipitação muito baixa não alcance, em média, 30 mm, também a evapotranspiração é muito baixa, igual a 50 mm, de tal forma que as deficiências não são tão grandes quanto às da fase seca.

Do que ficou exposto, verifica-se que em condições normais as deficiências de água no solo que ocorrem em período seco são sempre compensadas no período úmido seguinte, de tal forma que uma fase chuvosa é suficiente não apenas para restituir ao reservatório subterrâneo as suas deficiências de água, mas ainda para saturar o solo e apresentar excedentes.

No entanto, não podemos ignorar os períodos críticos, de longa estiagem, como o biênio

1967-68, onde as baixas quedas pluviais não são suficientes sequer para sustentar a evapotranspiração. Há um grande prejuízo para todo o ciclo hidrológico em geral, estabelecendo-se em especial, uma situação altamente crítica para as reservas subterrâneas de água.

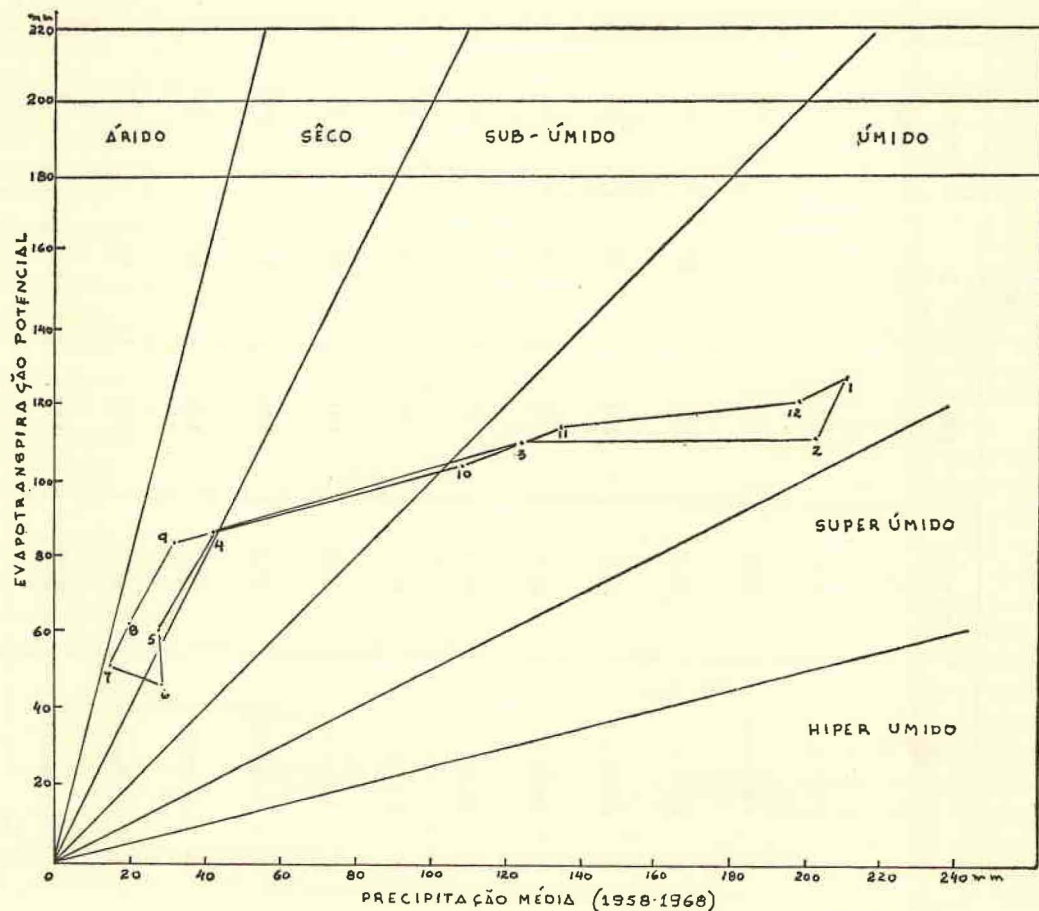
4 — ASPECTOS GEOLÓGICOS

O objetivo do presente trabalho é estabelecer, da maneira mais precisa possível, o comportamento hidrogeológico das rochas do Município de São José do Rio Preto.

Arid (1966) realizou detida análise da região Norte-Occidental do Estado de São Paulo, fazendo referências especiais à área de São José do Rio Preto, de tal forma que os mais diferentes aspectos da geologia local já se encontram razoavelmente bem estabelecidos, em superfície e em profundidade.

O Município de São José do Rio Preto se encontra situado sobre a Formação Bauru, um

FIG.4 EVAPOPLUVIOGRAMA DE S.J.R.PRÊTO



conjunto de sedimentos neocretáceos, constituído principalmente de arenitos e que reveste todo o Planalto Ocidental do Estado de São Paulo.

De acôrdo com os estudos de Arid (op. cit., p. 89), a Formação Bauru nesta região é constituída por litologia exclusivamente clástica representada, predominantemente, por arenitos e, subordinadamente, por conglomerados de seixos de argilito, siltitos e argilitos.

Os arenitos são em sua maior parte do tipo sub-arcoziano, apresentam granulação fina a muito fina, são moderadamente arredondados, esféricos e razoavelmente bem selecionados.

Os estudos de perfis de sondagens do referido Autor (op. cit., p. 13 e segs.) mostraram que há sempre uma superposição de termos clásticos de texturas diferentes — conglomerados de seixos de argilito, arenitos conglomeráticos até arenitos muito finos, siltitos e argilitos, da mesma forma que se observa, e com a mesma frequência, uma repetição de estruturas similares como a maciça, laminação horizontal e cruzada e diastemas.

A camada de argilito quando ocorre exhibe sempre a forma de lente e sua espessura varia de alguns centímetros até 3 metros. Da mesma forma, corpos maciços ocorrem com pequena frequência em todo o perfil.

Em superfície, os sedimentos variam em textura, têm sempre pequena extensão lateral e pequena espessura e apresentam, com a mesma regularidade dos perfis, estruturas similares.

Embora o cimento calcário constitua normalmente um prejuízo ao armazenamento de água subterrânea, em nosso caso as rochas que apresentam esse cimento são, em sua maior parte, friáveis e porosas.

A Formação Bauru, em termos gerais, tem sido considerada já há muito tempo como bom reservatório de água e é classificada, por suas características hidrogeológicas, como a Província Hidrogeológica nº 5 (Leinz e Sallentien, 1962). Através de estudos estatísticos realizados com dados de todo o Estado de São Paulo, os autores referidos destacam a importância hidrogeológica dessa Formação, mostrando que suas rochas têm exibido vazões das mais elevadas.

Os estudos de Arid (op. cit.), ampliados pelos Autores, para o Município de São José do Rio Preto, especialmente pelo exame de mais de uma dezena de perfis de sondagens em poços perfurados na cidade e arredores revelam, para as rochas do subsolo deste Muni-

cípio, semelhante comportamento geológico, exibindo as mesmas características litológicas e estruturais e idêntica distribuição espacial.

Há sempre predominância absoluta das fases arenosas no perfil, sendo que as rochas às vezes apresentam cimento calcário. Os clásticos são, em geral, friáveis e ocorrem em pequena escala fases compactas e maciças, repetindo-se na coluna inúmeros leitos de argilito, muito finos.

A sequência vertical da Formação aqui encontrada e a razão de clásticos apresentada nos perfis examinados, constituem indicadores sugestivos da elevada capacidade armazenadora e produtora de água das rochas do Município.

Os sedimentos Bauru nesta região apresentam considerável espessura (100 a 250 m) e a sua relativa uniformidade litológica e textural em toda a coluna é elemento que deve ser considerado na avaliação dos recursos hidrogeológicos.

Por outro lado, estudos realizados por Frangipani (1962, p. 70) sobre a superfície superior do basalto no Estado de São Paulo e os estudos de Arid (1966, p. 28) sobre a morfologia do substrato da Formação Bauru na região de São José do Rio Preto, mostraram a existência de algumas áreas deprimidas na superfície superior do basalto, situado abaixo do Bauru, especialmente na área de São José do Rio Preto, e chamaram a atenção para a grande importância que estas bacias fechadas poderiam ter no armazenamento e produção de água subterrânea.

De fato, Arid mostrou que as cotas do topo do basalto em São José do Rio Preto estão em torno de 350 m e aumentam para todos os lados afastando-se da cidade. A origem dessa bacia estaria ligada à existência de um relêvo tectônico complexo pré-Bauru, modelado pela erosão anterior à sedimentação neocretácea ou poderia ser o resultado de um reajustamento tectônico mais moderno.

Esse fato põe em destaque a provável ocorrência de excelente reservatório subterrâneo que possuiria, em profundidade, área considerável de captação e reabastecimento.

5. — HIDROGEOLOGIA

5.1. — Estudos do Nível Freático

Em nossos estudos consideramos a água contida na zona de saturação como a mais importante na avaliação dos recursos hídricos, po-

rém não excluimos a zona intermitente, onde a água suspensa presente constitui um dado a mais a ser considerado no reabastecimento do lençol subterrâneo.

O trabalho se baseou, inicialmente, na coleta mensal de dados sobre a posição do nível estático do lençol, tendo sido possível estabelecer os limites de sua variação num período de dois anos (março de 1967 a março de 1969). Foram utilizadas 54 cisternas distribuídas em rede, sendo parte nos arredores da cidade (31) e parte na zona rural (23). O valor médio da variação encontrado é de 2,00 m, tendo-se alcançado valores variáveis entre 0,70 m a 3,40 m. Nas mais altas elevações do Município, o nível estático foi encontrado até 20 m de profundidade não se verificando, porém, regularidade em sua profundidade quando consideramos elevações de cotas semelhantes.

A escassês de chuva presenciada no período de 1967-1968 não possibilitou a recarga normal do lençol freático e as cotas alcançadas por ele nessa época não corresponderam às que costuma alcançar, normalmente mais altas.

Por outro lado, na época em que o nível freático deveria recuperar suas cotas altas, isso não ocorreu e, em virtude da falta de chuvas, continuou baixando, tornando-se quase horizontal.

A curva de variação do nível freático, obtida nos poços examinados, mostra que o lençol subterrâneo atingiu a sua posição mais elevada nos meses de junho, julho e agosto (período mais seco do ano) e sua posição mais baixa nos meses de dezembro e janeiro, período mais chuvoso. A comparação dessa curva com a curva média de precipitação pluviométrica (Fig. 5) revela marcada influência das



FIG. 5 - RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E RECARGA DO LENÇOL FREÁTICO EM S.J. RIO PRÊTO NO PERÍODO DE JAN. 67 A FEV. 69

chuvas locais na recuperação do lençol, porém a recarga máxima só é alcançada alguns meses (4) após a máxima precipitação.

5.2. — Comportamento Hidrogeológico da Formação Bauru

A hipótese levantada sobre a provável ocorrência de extenso e excelente reservatório subterrâneo nesta região, vem sendo sistematicamente comprovada pelas boas vazões apresentadas por poços profundos perfurados no Município de São José do Rio Preto e arredores. Têm sido sempre superiores à média geral de poços semelhantes perfurados em todo o Estado de São Paulo.

De fato, em cerca de 80 poços profundos, com até 140 m de profundidade, perfurados no Município têm-se obtido como vazão mais freqüente 15 a 20 m³/h, destacando-se os que alcançam o basalto subjacente, com produção média superior a 20 m³/h. Há vários casos de poços com vazão superior a 40 m³/h (Tab. 9).

Apesar de serem boas as vazões médias obtidas, elas ainda estão abaixo das reais possibilidades de produção, pois a perfuração dos poços leva sempre em conta as baixas necessidades do proprietário. Os poços são poucos profundos, de pequeno diâmetro e não apresentam as melhores características tecnológicas, o que poderia dar-lhes a maior vazão possível. Até mesmo poços com apenas 5 cm de diâmetro, 60 m de profundidade e sem outros recursos, têm exibido produção em torno de 10 m³/h.

Em cerca de 200 poços perfurados na Formação Bauru em todo o Estado de São Paulo (IGG, 1965; 1967) as vazões obtidas têm variado desde 1 m³/h até 80 m³/h, situando-se a maior freqüência (60 — 70%), no entanto, em torno de 10 m³/h. Têm sido baixa (1,8%) a porcentagem de poços considerados improdutivos, com vazão inferior a 1 m³/h, da mesma forma que têm sido relativamente raros (10%) poços com produção superior a 20 m³/h (Leinz e Sallentien, op. cit., p. 34). Em nossa região conhecem-se poucos casos de poços improdutivos, porém quando isso ocorreu foi quase sempre devido à falta de programa e recursos técnicos de perfuração.

De acordo com estudos de Leinz e Sallentien (op. cit., Tab. II), os sedimentos Bauru apresentam, em geral, bons índices de porosidade, alcançando valores em torno de 22% e, em geral, também índices bons de permeabilidade que variam de 556 milidarcies (obtido paralelamente à estratificação), 357 milidarcies (perpendicularmente à estratificação) e 327 milidarcies (sem orientação).

TABELA 9

VAZÃO DE POÇOS PROFUNDOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRÊTO

POÇO	Altitude da Bôca	Diâm. (Pol)	Prof. (m)	Vazão (l/h)	Litologia
Instituto Penal Agrícola	522	10	139	49.500	Bauru
Instituto Penal Agrícola		2,5	140	32.000	Bauru
Guapiacu	505	8	110	8.500	Bauru
Depto. Locomotivas EFA	468	8	65	9.000	Bauru
Pôsto Tonelli	530		60	10.000	Bauru
Colégio Santo André	520		60	10.000	Bauru
Maternidade N. S. Graças	510		60	10.000	Bauru
Frig. Bandeirantes (Matadouro)	460		75	10.000	Bauru
Poço I — EFA	478	8	131	20.800	O-125 Bauru 125-130 Bas.
Poço II — EFA	478	8	120	30.000	Bauru
Automóvel Clube	480	8	130	30.000	Bauru
Pepsi-Cola	496	6	120	30.000	Bauru
Engenheiro Schmidt		8		20.000	Bauru
Faculdade de Medicina	518	8	120	20.000	Bauru
C. E. S. P.	552	8	150	20.000	O-145 Bauru 145-150 Bas.
Pref. Municipal (Boa Vista)	520	14	178	49.500	O-145 Bauru 164-178 Bas.
Anselmo Lizzo		2,5	115	18.000	Bauru
Pôsto Canguru	508	2	110	12.000	Bauru
Hosp. Beneficência Portuguesa	510	2,5	90	18.000	Bauru
Casa de Saúde Santa Helena	500	2,5	140	16.000	Bauru
Coop. Laticínios Rio Preto	470	2,5	75	45.000	Bauru
Fábrica Santa Cruz		2,5	90	18.000	Bauru
Frigorífico Santa Cruz	463	3	120	46.000	Bauru
Hospital das Clínicas	520	2,5	120	16.000	Bauru

Freitas (1955, p. 99) desenvolveu detalhado estudo sobre a porosidade dos sedimentos Bauru, tendo selecionado amostras de apenas uma sondagem por considerar esses sedimentos muito uniformes em seus característicos físicos. Verificou que apenas o empacotamento dos grãos influenciou na porosidade, de tal forma que os demais fatores não desempenharam qualquer papel importante, entre eles o tamanho dos grãos, o seu contorno e o coeficiente de seleção. Em 17 amostras testadas por aquele Autor, a porosidade variou de 11% a 28%, tendo a maior parte se situado em torno de 20%. Freitas (op. cit., p. 104) ainda assinala que nas amostras em que ocorre cimento calcário, há possibilidade de, por sua lixiviação, aumentar a porosidade original. Esse fato pode ser observado em algumas amostras dos perfis locais onde a rocha com cimento calcário é muito friável e geralmente muito porosa.

Os poços que se destacam em produção são os que atravessam toda a formação, alcançando o substrato basáltico. Sua profundidade varia de 130 a 200 m, dependendo de sua localização topográfica e a cota da lava está situada em torno de 350 m. Sua produção tem sido superior a 30 m³/h, alguns chegando a superar até 50 m³/h, como o caso do Instituto Penal Agrícola, o da Estação de Cargas da Estrada de Ferro Araraquara e o de Bálamo, por exemplo. Outros, como o do Automóvel Clube e do Expresso Itamarati, além de sua excelente produtividade, apresentam surgência natural.

As diferenças de permeabilidade e porosidade entre os sedimentos e os derrames de lava, tornam o contacto entre eles uma excelente zona de armazenamento. Deve-se acrescentar a isso, contudo, o fato do basalto se apresentar, muito freqüentemente, fraturado e ou amigdaloidal, com sua porosidade bastante ampliada secundariamente.

Podemos admitir, portanto, que o contacto entre a Formação Bauru com o basalto subjacente é uma zona promissora para a procura e exploração de água subterrânea em abundância.

A procura da água, que poderia estar contida dentro dos derrames basálticos ou nos sedimentos da Formação Botucatu, apresenta sérios problemas de natureza técnica e econômica.

A presença de água nos basaltos é uma questão ainda pouco segura, sendo grande a porcentagem de poços improdutivos (15,3%). Segundo Leinz e Sallentien (1962, p. 33) as suas zonas fraturadas e ou as zonas vesiculares têm

permitido acumulação e armazenamento de água, de tal forma que os poços que atingem essas zonas apresentam boas vazões, entre 10 a 20 m³/h, numa freqüência de até 29,8%. Porém a falta de uniformidade na distribuição dessa porosidade secundária, impede um planejamento mais seguro.

A Formação Botucatu, por sua vez, constituiu o conjunto de sedimentos mais favorável ao armazenamento e produção de água em todo o Estado de São Paulo, principalmente quando se encontra a grandes profundidades, chegando a apresentar artesianismo natural, caso em que poderia fornecer vazão superior a 300 m³/h, como no caso de Lins.

Em nossa região, o Arenito Botucatu se encontra recoberto por 800 m de espessura de basaltos e mais, pelo menos, 100 m de Bauru. Dessa forma, a perfuração teria que ser profunda e cara, projeto esse impossível de se realizar por enquanto. No entanto, é uma fonte altamente abundante e segura que poderá e deverá ser considerada no futuro.

Setzer (1966, p. 59) chama a atenção para a necessidade de se considerar nos estudos hidrogeológicos as fraturas fotogeológicas, porém assinala que os arenitos mesozóicos são as rochas que apresentam menor densidade delas. De fato, na Formação Bauru, certamente, tais fraturas ocorrem, porém o intemperismo profundo normalmente já as destruiu superficialmente.

Freitas (1955, p. 168) e Arid (1966, p. 59) destacam a ocorrência de um diastrofismo poscretáceo que teria afetado a Formação Bauru na região ocidental do Estado de São Paulo e sugerem um controle estrutural de sua drenagem.

As evidências diretas e indiretas indicadas nos permitem admitir a presença de fraturas no controle da hidrografia, de forma que as linhas fluviais poderiam ser consideradas importantes zonas hidrogeológicas. Embora não se disponha ainda da quantidade de dados necessários para se obter um quadro estatístico preciso da distribuição dessas linhas estruturais, a ocorrência de excelentes poços junto às calhas fluviais da região, testemunha a existência de zonas especiais de armazenamento.

6. — QUALIDADE DA ÁGUA

A composição química da água subterrânea ou superficial deve ser considerada no estudo e avaliação dos recursos hídricos e do seu aproveitamento econômico. No presente traba-

lho foram examinadas várias amostras de água recolhidas de fontes ou de poços profundos e foram interpretadas de acordo com as possibilidades de seu uso no abastecimento público, na indústria ou na irrigação agrícola (Tab. 10).

A maior parte dessas análises foi realizada no Laboratório Regional do Instituto Adolfo Lutz de São José do Rio Preto a cujo diretor, Dr. Orlando de Arruda Barbato, registramos nossos agradecimentos pela sua inestimável cooperação.

No estudo da qualidade da água e de sua potabilidade, foram utilizados os padrões recomendados pelo Departamento de Saúde Pública dos Estados Unidos (U.S.P.H.S., 1962), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (A.B.N.T.), da Organização Mundial da Saúde (O.M.S.) e da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo.

Considerando os padrões químicos definidos e estabelecidos (Azevedo Netto, 1962; Rosencrance, 1966) a água foi considerada potável em todos os casos examinados.

Embora ligeiramente acidulada e com teores razoáveis de bicarbonatos, a água não chega a apresentar problemas de corrosão ou de dureza permanente. Em alguns locais, o teor de ferro a caracteriza como levemente ferruginosa e, em outros, ela apresentou-se ligeiramente radioativa.

Tendo em vista as exigências para usos industriais (Azevedo Netto, op. cit.), pode-se verificar que a qualidade da água não apresenta qualquer inconveniente, podendo ser utilizada pela maior parte das indústrias que dela necessita no presente ou que dela, eventualmente, possa precisar no futuro.

Por outro lado, quando se pretende utilizar levando-se em conta todos os fatores que intervêm no processo (Cederstron, 1964, p. 240), a água subterrânea poderá ser utilizada sem maiores cuidados na irrigação agrícola.

7 — APROVEITAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

7.1 — O Sistema Atual de Abastecimento

O sistema de abastecimento público em São José do Rio Preto é baseado, exclusivamente, na exploração das águas de um pequeno rio, o rio Preto. Nasce no Município de Cedral, a leste de São José do Rio Preto, corta esta cidade de leste a noroeste e é captado praticamente ao centro da cidade, para tratamento e distribuição. Sua vazão média medida está em torno

de 1,5 m³/seg., nas proximidades da Estação de Tratamento. A água captada sofre tratamento convencional e é recalçada para os reservatórios de distribuição situados em 6 pontos altos da cidade. A Estação de Tratamento foi construída com capacidade para tratar 18 milhões de litros por dia, mas se encontra atualmente com elevada sobrecarga, chegando a tratar até 20 milhões de litros durante quase 24 horas por dia.

De acordo com os dados fornecidos pela Diretoria de Finanças da Prefeitura Municipal, havia em dezembro de 1966, uma população de 106.000 habitantes e 21.250 residências, sendo que destas apenas 16.650 possuíam ligações de água. Tendo em vista que a média de habitantes por residência é 5, de acordo com o Censo de 1960 (Planidro, 1967), apenas 83.000 habitantes tinham acesso ao abastecimento, isto é, 78% da população total. Em 1968, o problema foi seriamente agravado em relação a 1966, estabelecendo-se crise de abastecimento sem precedentes, pois além de haver déficit de cerca de 4.000 ligações, as exigências de consumo atual alcançaram cifras da ordem de 25 milhões de litros por dia. Em vista disso, a cidade apresenta hoje um déficit global de cerca de 7 milhões de litros diários.

A fim de se encontrar a melhor solução dessa crise, que tende a agravar-se ainda mais nos anos vindouros, um dos caminhos sugeridos é o da ampliação da Estação de Tratamento (E.T.A.) para maior aproveitamento do rio Preto e outro é o da exploração de água subterrânea.

7.1.1 — Ampliação dos Serviços de Captação e Tratamento

O rio Preto é afluente da margem esquerda do rio Turvo, ambos integrantes da imensa bacia do rio Grande. A extensão total do seu curso alcança 150 km. Correndo sobre rochas sedimentares, de relevo relativamente monótono, da Formação Bauru, suas águas com pequena velocidade, escavam um leito estreito e pouco profundo. Apresenta, contudo, na época das chuvas de verão (dezembro a janeiro) enchentes de grandes proporções.

Na sua desembocadura apresenta 30 m de largura e possui vazão igual a 3.800 l/seg. (Dira, 1968-69), correndo no último trecho sobre basaltos.

Sua bacia de drenagem tem uma área total de 2.000 km² e acima da captação atual, a

TABELA 10

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

LOCAL	CESP	Auto- móvel Clube	Mirassol	Fab. Salames Rio Prêto	Chácara Miguel- zinho	Fte. Sta. Terezinha	Mina Mata- douro	Mina Av. A. Andaló	Fte. M. Benta	Fte. N. S. Con- ceição
Profundidade (m)	150	130								
Côr	10,0	0	3	4,0	4,0	0,0	4,0	4,0	4,0	5,0
Turbidez	8,0	1,2	2	2,0	2,0	1,0	3,5	2,5	2,5	1,6
Odor	nenhum					nenhum				
Aspecto	límpido					límpido				
Resíduo seco (a 103°C)	125,0					56,0				45,0
Perda por calcinação	17,0	57,0				28,0				35,0
Resíduo mineral fixo	108,0	92,0				28,0				10,0
pH	6,7	7,3	7,4	7,2	7,5	6,2(7,3)	6,0	6,1	6,1	6,1
Alcalinidade de hidróxidos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(em CaCO_3)										
Alcalinidade de Carbonato	0,0	0,0	0,36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(em CaCO_3)										
Alcalinidade de Bicarbonato	16,8	90,0	72,4	80,0	42,0	14,0	19,0	6,0	7,0	17,4
(em CaCO_3)										
Oxigênio consumido	0,34	0,8	0,9	5,5	1,5	0,3	0,7	0,8	0,8	1,7
Cloretos (em cloro)	1,60	2,0		0,0		1,0				4,0
Nitrogênio amoniacal	0,00		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrogênio nitroso	0,0015		0,8	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrogênio nítrico	0,42		4,0	3,5	1,8	0,2	0,9	0,7	1,5	1,2
Dureza de carbonato (em CaCO_3) ..	16,80	62,0	21,3	68,0	38,0	14,0	14,0	9,0	20,8	13,0
Dureza de nã carbonato em (CaCO_3)	0,40	0,0	72,7	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dureza total	17,20	62,0	94,0	68,0	38,0	15,0	14,0	9,0	20,8	13,0
Silício (SiO_2)		42,0				5,0				
Ferro (Fe)	0,42	0,0			2,2	0,1		0,0	0,0	0,0
Alumínio (Al)						0,8				
Cálcio (Ca)		32,0				2,8				
Magnésio (Mg)		2,6				1,8				
Sulfato (em BaSO_4)						19,6				
Sódio (NaCl)						3,9				
Radioatividade (maches 1/h)						20,59				
Sólidos totais		149,0								
Sólidos em suspensão		1,0								
Gás carbônico livre	7,0	9,0		9,0	2,8		47,0	12,0	14,0	27,0

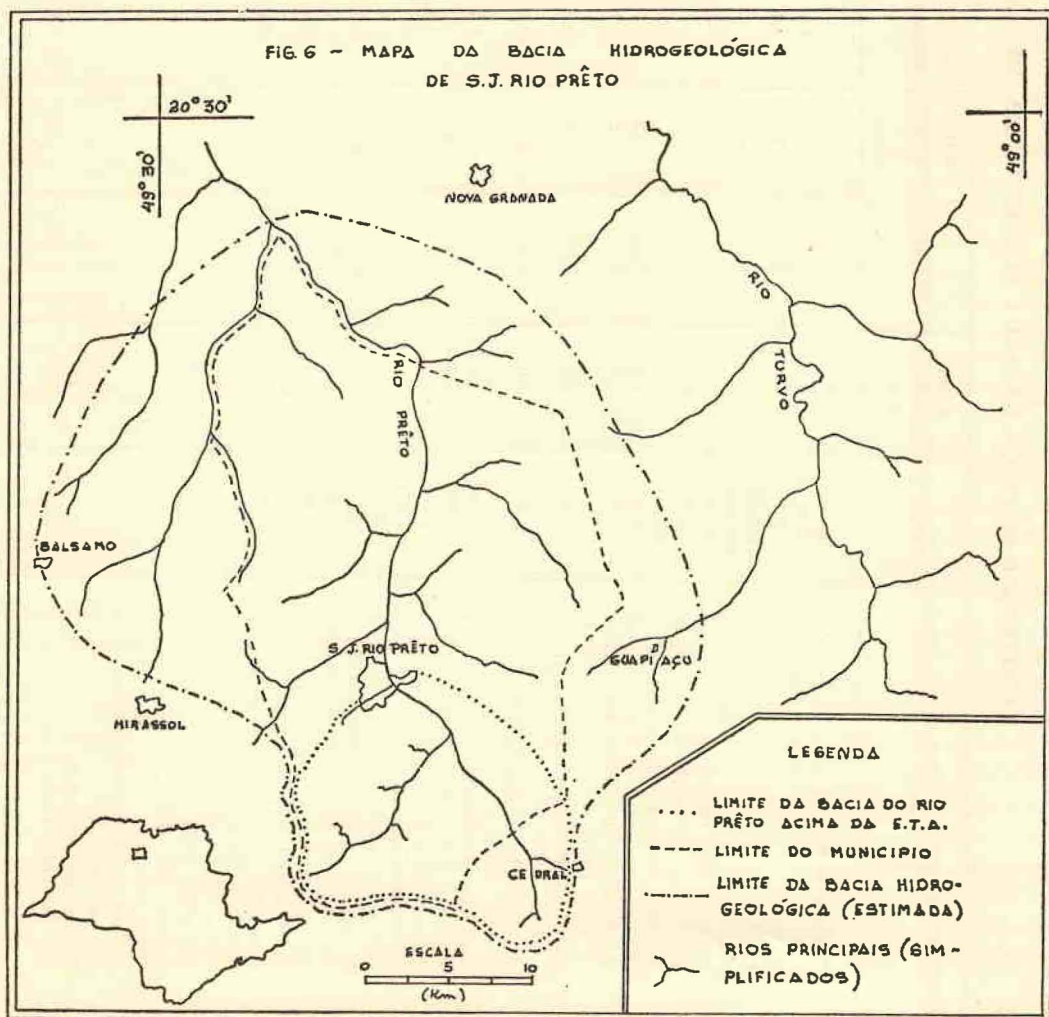
área é de 185 km² (Fig. 6). Há antigos estudos referentes à sua vazão mínima na época de estiagem (800 l/seg.) que teria ocorrido em setembro de 1940. Da mesma forma, Jazra (1961) determinou como vazão mínima, medida também no mês de setembro, 858 l/seg. Em ambos os casos, contudo, as alturas pluviométricas verificadas nos anos imediatamente anteriores a essas medidas (1.512 mm e 1.526 mm, respectivamente), podendo ser ambas incluídas entre as mais altas da região nos últimos trinta anos, sugerem que há épocas em que o rio Prêto deve apresentar vazões bem inferiores. Sua máxima vazão, contudo, foi medida em fevereiro de 1929, atingindo a elevada cifra de 30 m³/seg.

Os anos de 1963 e 1968 apresentaram as mais baixas alturas pluviométricas dos últimos trinta anos (616 mm e 709 mm, respectivamente), levando-nos a admitir que a vazão

mínima, nesse período, deva ter ocorrido nos anos de 1963 e 1968.

Nos estudos sobre a Hidrologia Geral da Bacia do Alto Paraná (Yassuda e al., 1966, p. 63 e segs.), há detida análise estatística sobre as relações existentes entre a descarga de um rio e a área de sua bacia. As curvas estabelecidas (p. 123), permitem admitir um valor de 8,6 l/seg. por km² de área, para a mínima vazão de rios da Bacia do Paraná e 21,6 l/seg. por km² para a sua vazão média. Porém a análise detida das médias anuais de precipitação relacionadas naqueles estudos, em comparação com as médias de São José do Rio Prêto, revela que em certos períodos críticos de precipitação, a vazão específica na região atingiu valores muito baixos.

Segundo os dados disponíveis, verifica-se, portanto, que a crise no abastecimento de água não se deve à vazão do rio Prêto que alcan-



caria, no mínimo, no local de captação, cerca de 60 milhões de litros por dia, mas à capacidade máxima de captação e tratamento de água, igual a 18 milhões de litros por dia.

Isso significa que a ampliação do atual sistema de tratamento, visando aproveitar a máxima quantidade de água que flui do rio Prêto, poderia solucionar a crise presente de abastecimento, mas apenas por um período de tempo relativamente curto.

Se considerarmos para o nível geral da população de São José do Rio Prêto a mesma média de consumo recomendada pela Secretaria da Saúde (200 l/hab/dia), o rio Prêto em sua menor vazão tem um volume de água disponível capaz de abastecer uma população da ordem de 250.000 habitantes.

Por outro lado, é bem verdade que cidades fabris em que a população desfruta de melhores condições de vida e conforto, o consumo médio «per capita» alcança valores mais elevados.

Tal raciocínio deve ser considerado na avaliação dos recursos hídricos disponíveis nos anos vindouros.

São José do Rio Prêto não pode ainda ser considerada uma cidade industrial, pois não possui até o presente um setor fabril razoavelmente estabelecido, embora possua um bom número de pequenas indústrias. A futura e definitiva instalação do parque industrial da cidade, encaminhada pelos poderes públicos, determinará elevação progressiva do consumo «per capita», não apenas pelas próprias exigências da indústria mas porque propiciará, paralelamente, a melhoria do nível geral de vida de grande parte da população nela envolvida. Além disso haverá, à semelhança do que se tem passado em cidades industrializadas, um aumento progressivo da taxa de crescimento populacional que deverá atingir índices mais elevados do que os atuais.

Portanto, no estudo e revisão do sistema público de abastecimento de água deve ser previsto o aumento do consumo de água proporcional não apenas ao crescimento geométrico simples da população, mas ao aumento progressivo do consumo médio «per capita».

Nessa ordem de idéias, São José do Rio Prêto, de acordo com as estimativas, alcançará população de cerca de 300.000 habitantes em 1980 ou pouco mais, quando então as necessidades de água serão da ordem de 50 milhões de litros por dia ou mais, se considerarmos uma população abastecível da ordem de 80% (240.000 pessoas).

Nessa altura, ainda que a ETA tenha capacidade para um tratamento adequado mais amplo, nova crise de abastecimento estaria gerada.

Estudos detalhados de Jazra (1961) e modificados pela Planidro (1967) sugerem a utilização futura do rio Turvo, um rio relativamente caudaloso, o que acreditamos seria a solução definitiva para o problema de abastecimento de água à população de São José do Rio Prêto.

7.2 — Água Subterrânea: Poços Profundos

Jazra (1961) em seus estudos sobre o sistema de abastecimento de São José do Rio Prêto não considerou seriamente uma solução baseada no reservatório hidrogeológico, pondo mesmo em dúvida as suas possibilidades no futuro, preferindo optar inteiramente por um sistema superficial.

A Planidro (1967) não obstante tenha sugerido a ampliação do serviço atual de abastecimento e aproveitamento conjugado de águas do rio Turvo, não ignorou o reservatório subterrâneo, propondo a perfuração de poço pioneiro para o estudo das possibilidades hidrogeológicas reais do subsolo de São José do Rio Prêto.

No presente trabalho procurou-se analisar objetivamente as reservas de água subterrânea e as possibilidades de sucesso em sua exploração e aproveitamento.

A capacidade do reservatório subterrâneo foi estimada em cerca de 40 trilhões de litros, considerando-se uma bacia de infiltração com área aproximada de 1.100 km², com 170 m de espessura média e com 20% de porosidade média para as rochas da Formação Bauru dessa Bacia (Fig. 6).

Por outro lado, podemos estimar em mais de 1 trilhão de litros o volume médio de água que cai nessa bacia anualmente, com as chuvas. Levando-se em conta, principalmente, a água que se perde nessa bacia por evapotranspiração e pelo escoamento superficial, podemos admitir que, pelo menos, 10% desse volume seriam aproveitados pelo lençol subterrâneo.

Considerando-se o consumo médio atual de São José do Rio Prêto igual a trinta milhões de litros por dia, portanto 10 bilhões por ano, apenas a recarga anual seria capaz de fornecer um volume de água, pelo menos dez vezes superior às necessidades.

A água contida no reservatório, subestimada em cerca de 40 trilhões de litros, em virtude da retenção específica, apresenta um volume de água disponível da ordem de 60-70% do armazenamento, portanto, cerca de 25-30 trilhões de litros.

Além de possuir uma reserva hidrogeológica consideravelmente grande, em volume capaz de abastecer uma população dez vezes superior à atual apenas com a recarga anual, as águas profundas são de boa qualidade para usos domésticos, industriais ou agrícolas, não necessitando qualquer tratamento.

Deve-se considerar ainda que a exploração subterrânea, bem planejada e bem desenvolvida, é uma obra consideravelmente mais barata do que a superficial. Não se computando o custo das obras para obtenção da água pelos dois sistemas, que são mais baratas no caso de poços semi-artesianos, considerando-se apenas os serviços de manutenção da produção, o custo da água, colocada nos reservatórios para distribuição, é cerca de 3 vezes inferior no sistema de poços semi-artesianos do que no sistema de captação e tratamento das águas do rio Prêto, em que o m³ de água alcança o preço de custo igual a 160 cruzeiros velhos.

Nessa ordem de idéias, acreditamos que as reservas hidrogeológicas constituem uma fonte

segura de abastecimento, capaz de resolver o problema de maneira urgente e adequada e, sobretudo, menos dispendiosa e que poderá garantir à população suprimento abundante, duradouro e de boa qualidade.

Não excluimos do projeto geral, a ampliação da Estação de Tratamento de Água da cidade. Realmente, é uma obra que deve ser realizada a fim de torná-la capaz de aproveitar e tratar o maior volume possível de águas do rio Prêto e que poderá garantir ainda uma boa parte do abastecimento público pelo menos por mais uma década.

Na zona rural torna-se urgente a preparação de um plano que solucione o crucial problema da irrigação a fim de que a agricultura se torne menos dependente das condições climáticas e que se possa alcançar maior eficiência e abundância na produção agrícola. Os países desenvolvidos resolveram e ainda estão resolvendo os problemas da irrigação principalmente através de poços profundos. As chuvas constituem ainda a fonte convencional de irrigação, porém, em nossa região onde as chuvas se concentram, em sua maior parte, em apenas três meses do ano e em que ocorrem períodos extremamente críticos de falta de chuvas, precisamos de uma solução que torne nossa lavoura menos dependente dessa fonte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — ARID, F. M. e LANDIM, P. M. B. (1963) — Um Estudo Sobre os Solos de São José do Rio Prêto — Ci. e Cult., vol. 15, nº 3, p. 179, São Paulo.
- 2 — ARID, F. M. (1966) — A Formação Bauru na Região Norte-Occidental do Estado de São Paulo — tese de doutoramento, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Prêto, S. P.
- 3 — AZEVEDO NETTO, J. M. (1966) — Tratamento de Águas de Abastecimento — Ed. Univ. São Paulo, S. P.
- 4 — BJORNBERG, A. J. S. e TOLENTINO, M. (1959) — Contribuição ao Estudo de Geologia e Águas Subterrâneas em São Carlos, S. P. — Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 8, nº 2, pp. 5-34, S. P.
- 5 — CAMARGO, A. PAES DE (1960) — O Balanço Hídrico no Estado de São Paulo — Inst. Agron. Campinas, bol. 116, 15 pp., S. P.
- 6 — CAMARGO, A. PAES DE (1966) — Contribuição Para a Determinação da Evapotranspiração Potencial no Estado de São Paulo — Inst. Agron. Campinas, Seção de Climatologia Agrícola, vol. 161, Campinas, S. P.
- 7 — CEDERSTROM, D. J. (1964) — Água Subterrânea, Uma Introdução — Centro de Publicações Técnicas da Aliança Para o Progresso — U.S.A.I.D., R. J.
- 8 — CIBPU (1955) — Condições Geográficas e Aspectos Geoeconômicos da Bacia Paraná-Uruguaí — vol. I, 427 pp., S. P.
- 9 — CIBPU (1966) — Hidrologia da Bacia do Alto Paraná — Depto. de Estudos e Projetos, S. P.
- 10 — DE MARINIS, G. e CAMARGO, P. N. (1966) — Problemas Fitogeográficos de São José do Rio Prêto, Estado de São Paulo, Brasil — An. Esc. Sup. Ag. "Luiz de Queiroz", vol. XXIII, pp. 129-136, Piracicaba.
- 11 — D.I.R.A. (1968-69) — Plano Regional de Assistência Técnica à Agricultura (P.R.A.T.A.) de São José do Rio Prêto — Coordenação de Assistência Técnica Integral da Secretaria da Agricultura, vol. I, São José do Rio Prêto.
- 12 — DURANTE, A. — PANNUTI, L. E. e MEZALIRA, S. (1965) — Estudos e Captação de Água Subterrânea feitos pelo Instituto Geográfico e Geológico, nº 44, S. P.
- 13 — DURANTE, A. (1966) — Água Subterrânea em São Simão e Luiz Antonio — O I.G.G., vol. XVIII, nº 1, pp. 41-58, S. P.

- 14 — FRANGIPANI, A. (1961-62) — Mapa da Superfície Superior do Basalto Subjacente aos Arenitos Cretáceos no Estado de São Paulo — o I.G.G., vol. XV, nº único, pp. 67-72, S. P.
- 15 — FRANGIPANI, A. e PANNUTI, E. L. (1965) — Estudos Hidrogeológicos na Bacia de Taubaté, entre Jacareí e Quiririm — o I.G.G., bol. 42, pp. 1-125, S. P.
- 16 — FREITAS, R. O. (1955) — Sedimentação, Estratigrafia e Tectônica da Série Bauru — Fac. Fil. Ciências e Letras, U.S.P. — bol. 194, Geol. 14, S. P.
- 17 — I.B.G.E. (1967) — São José do Rio Preto, São Paulo — Conselho Nacional de Estatística, coleção de monografias, nº 378, S. P.
- 18 — LEINZ, V. (1965) — Água Subterrânea na Bacia de São Paulo — Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 4, nº 2, pp. 5-21, S. P.
- 19 — LEINZ, V. e SALIENTIEN, B. (1962) — Água Subterrânea no Estado de São Paulo e Regiões Limitrofes — Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 11, nº 1, pp. 27-35, S. P.
- 20 — MEZZALIRA, S. (1967) — Atualização dos Estudos e Captações de Água Subterrânea feitos pelo Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo no triênio 1965-67 — o I.G.G., vol. 19, pp. 83-92, S. P.
- 21 — PLANIDRO (1967) — Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Projeto para Ampliação do Sistema de Abastecimento de Água da Cidade de São José do Rio Preto — P. M. de São José do Rio Preto, S. P.
- 22 — ROSENCRANCE, J. E. (1966) — Manual de Laboratório de Química da Água — Programa de Publicações Didáticas, U.S.A.I.D., R. J.
- 23 — SCHROEDER, R. (1966) — Distribuição e Curso Anual das Precipitações no Estado de São Paulo — Bragantia 15, pp. 194-249, S. P.
- 24 — SETZER, J. (1946) — Contribuição para o Clima do Estado de São Paulo — Bol. Escolas Profissionais Salesianas, S. P.
- 25 — SETZER, J. (1966) — Significação Hidrológica das "Fraturnas Fotogeológicas" — o I.G.G., vol. XVIII, nº 1, pp. 59-76, S. P.
- 26 — SETZER, J. (1966) — Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo — Com. Int. Bacia Paraná-Uruguaí, S. P.