

ANAIIS DO 2.º CONGRESSO BRASILEIRO  
DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Salvador (BA) setembro de 1982

**ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS ROCHAS CRISTALINAS  
DA GRANDE SÃO PAULO**

**Alcides Frangipani**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
do Estado de São Paulo S. A.

ABSTRAT

The crystalline terrains represent 85% of the "Grande São Paulo" territory and may be envisaged as an important source of ground water for industrial and public supply as indicated by the annual recharge amounting 125 to 206 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year. Before to discard these terrains as ground water sources, it should be interesting to proceed a reevaluation of their geological, structural and lithological features, aiming to increase the wells yield.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de águas subterrâneas captadas em rochas cristalinas assume uma importância cada vez maior, uma vez que a ocupação do espaço físico, forçada pela expansão urbana, tem levado a uma utilização crescente de tais áreas. A Grande São Paulo, formada por 37 municípios e cuja área total é de 8 050 km<sup>2</sup>, tem cerca de 85% de sua extensão constituída por rochas cristalinas.

Nessas áreas existe uma densidade demográfica bastante elevada ao lado de complexos industriais. Um exemplo desta situação é encontrado na região conhecida como do ABC (municípios de Santo André, São Bernardo e São Caetano). Foram cadastrados, em 1975, na região do ABC 814 poços dos quais eram extraídos anualmente 32 milhões de metros cúbicos, sendo a maior parte da água captada em poços perfurados nas indústrias.

O conceito generalizado de que as rochas cristalinas não se constituem em boas produtoras de água implica num enfoque bastante simplista para os trabalhos de locação de poços, sem uma preocupa

ção de uma análise mais profunda que leve a resultados mais efetivos.

A existência de poços com produção elevada, em torno de 50 000 l/h, indica que existe uma potencialidade inexplorada nesses tipos de rochas. Esta observação, associada à necessidade de maiores volumes de água, tem motivado a realização de pesquisas na tentativa de desenvolver uma hidrogeologia de rochas cristalinas e o estabelecimento de metodologias adequadas a suas características. A utilização de critérios desenvolvidos nesse esquema, inclusive em muitos casos com aplicação direta na locação de poços, tem permitido um melhor aproveitamento dessas rochas como aquíferos.

Em um levantamento bibliográfico realizado recentemente podemos fazer uma síntese das pesquisas desenvolvidas por vários autores em todas as áreas cristalinas do mundo, constatando que existe uma grande diversidade de critérios, procurando cada autor dar mais ênfase ao aspecto físico considerado mais relevante e utilizar ou recomendar o método de pesquisa que julgar mais adequado.

Esta diversidade mostra claramente que se trata de um campo de pesquisa em evolução o qual se apresenta bastante complexo, uma vez que a interação de vários fatores é que possibilita o armazenamento e circulação de água.

Fica implícito, portanto, que o pesquisador deve estar preparado no sentido da interpretação de dados de vários campos técnicos entre os quais se incluem litologia, geologia, geologia estrutural, hidrogeologia, topografia, geomorfologia, drenagem, clima pedológica, geofísica, fotointerpretação.

O resultado final deve ser um perfeito entendimento das áreas nos seus vários aspectos, em especial do ponto de vista estrutural, uma vez que são as descontinuidades que podem dar melhores características a essas rochas.

## 2 ÁGUA SUBTERRÂNEA NA GRANDE SÃO PAULO

Considerada a área total da Grande São Paulo e seu índice pluviométrico podemos calcular o aporte anual total de água na região.

Área - 8 050 km<sup>2</sup> - 8,050 x 10<sup>9</sup> m<sup>2</sup>

Precipitação média - 1 500 mm - 1,5 m

Temperatura média - 18°C

Temos então o volume total aduzido à região pela precipitação

$$U = 1,075 \times 10^9 \text{m}^3$$

Descontada a evapotranspiração, cujos cálculos indicam que corresponde a 58% do total das chuvas podemos estimar a descarga da bacia.

$$\text{Evapotranspiração} - 7,004 \times 10^9 \text{m}^3$$

$$\text{Descarga da bacia} - 5,071 \times 10^9 \text{m}^3$$

Naturalmente esse volume correspondente à descarga da bacia, engloba todas as rochas sedimentares e cristalinas.

Para efeito de cálculo de volume armazenado vamos separar as duas áreas.

### 2.1 Zona Sedimentar

$$\text{Área} = 1.452 \text{ km}^2 = 1,452 \times 10^9 \text{m}^2$$

$$\text{Precipitação} = 2,178 \times 10^9$$

$$\text{Evapotranspiração} = 1,263 \times 10^9 \text{m}^3$$

$$\text{Descarga} = 0,915 \times 10^9 \text{m}^3$$

### 2.2 Zona Cristalina

$$\text{Área} = 6.598 \text{ km}^2 = 6,598 \times 10^9 \text{m}^2$$

$$\text{Precipitação} = 9,897 \times 10^9 \text{m}^3$$

$$\text{Evapotranspiração} = 5,740 \times 10^9 \text{m}^3$$

$$\text{Descarga} = 4,157 \times 10^9 \text{m}^3$$

## 3 RECARGA DOS AQUÍFEROS

Ainda com base nos dados do relatório do DAEE podemos estimar a infiltração da área sedimentar.

$$\text{Temos } Q_s = I_s + R_s$$

sendo:

$$Q_s = \text{descarga da bacia}$$

$$R_s = \text{descarga superficial}$$

$$I_s = \text{infiltração}$$

Pelos cálculos e valores apresentados temos

$$Q_S = 0,915 \times 10^9 \text{m}^3$$

$$I_S = 19,3\% \therefore V_I = 0,182 \times 10^9 \text{m}^3$$

Este é, portanto, o valor de recarga das áreas sedimentares da Bacia de São Paulo.

Para a área cristalina o valor da infiltração somente pode ser estimado uma vez que não possuímos elementos que permitam sua determinação mais exata.

$$Q_C = 4,157 \times 10^9 \text{m}^3$$

Para efeito do volume infiltrado vamos considerar 2 valores, entre os quais provavelmente, fica situada a infiltração real do cristalino.

$$I_I = 3\% \rightarrow V_I = 0,125 \times 10^9 \text{m}^3$$

$$I_{II} = 5\% \rightarrow V_{II} = 0,206 \times 10^9 \text{m}^3$$

Portanto as reservas originadas da infiltração consideradas as áreas sedimentares e cristalinas, ficariam entre 300 e 400 milhões de metros cúbicos. Para a área cristalina, dependendo do valor considerado para a infiltração, teremos um volume infiltrado variando, aproximadamente, entre 125 e 206 milhões de metros cúbicos.

#### 4 VOLUME EXTRAÍDO DAS ROCHAS CRISTALINAS

Considerado o número de poços perfurados em rochas cristalinas por município e avazão anual extraída temos os seguintes valores:

<u>Município</u>	<u>número de poços</u>	<u>Vazão anual</u> <u>m<sup>3</sup></u>	<u>Vazão média</u> <u>(m<sup>3</sup>/h)</u>
Arujá	14	189 000	1,54
Barueri	9	63 000	0,80
Biritiba Mirim	6	100 000	1,90
Caieiras	11	945 000	10,17
Cajamar	4	400 000	11,41
Carapicuíba	16	220 000	1,57
Cotia	33	410 000	1,41
Diadema	36	1 400 000	4,43

<u>Município</u>	<u>número de poços</u>	<u>Vazão anual</u>	<u>Vazão média</u>
		<u>m<sup>3</sup></u>	<u>(m<sup>3</sup>/h)</u>
Embu	24	567 000	2,69
Embu-Guaçu	5	500 000	11,41
Franco da Rocha	8	220 000	3,14
Guararema	2	10 000	0,57
Guarulhos	93	600 000	0,736
Itapecirica da Serra	21	380 000	2,06
Itapevi	8	63 000	0,898
Itaquaquecetuba	10	157 000	1,79
Jandira	3	63 000	2,39
Mairiporã	15	150 000	1,14
Mauá	23	1 100 000	5,45
Moji das Cruzes	14	500 000	4,076
Osasco	34	690 000	2,31
Pirapora	1	15 000	1,71
Poá	1	31 000	3,53
Ribeirão Pires	16	788 000	5,62
Rio Grande das Serra	1	10 000	1,14
Santa Izabel	1	40 000	4,56
Santana do Parnaíba	2	120 000	5,85
Santo André	50	2 930 000	5,45
São Bernardo	62	3 260 000	6,00
São Caetano	16	890 000	6,34
São Paulo	650	22 900 000	4,02
Suzano	33	560 000	1,93
Taboão da Serra	16	380 000	2,71
TOTAL		40 611 000	m <sup>3</sup> /ano

De acordo com o relatório do DAEE temos a média de 7,7 m<sup>3</sup>/h para cada poço da área cristalina. Este valor nos daria um total de 67 452 m<sup>3</sup>/ano por poço.

Como foram cadastrados para a região cristalina cerca de 1 129 poços, teríamos, então, um total extraído de 76,153 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/ano, valor este muito acima do volume realmente extraído (41,29 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/ano). Entretanto se considerarmos as vazões médias de cada município para a obtenção de uma média geral teremos um valor de 3,7 m<sup>3</sup>/h.

A relação entre o volume anual extraído e o número de poços cadastrados na área de uma vazão média de 4,17 m<sup>3</sup>/h por poço.

Portanto, nos parece razoável considerarmos vazão média ao redor de  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  para poços da região cristalina da Grande São Paulo.

#### 4.1 Relação entre volume armazenado e volume extraído

O volume armazenado somente nas áreas cristalinas fica entre 125 e 206 milhões de metros cúbicos, conforme calculado anteriormente.

O levantamento de vazões indica que para um volume anual extraído de  $107,44 \times 10^6 \text{ m}^3$  cerca de  $41,3 \times 10^6 \text{ m}^3$  são retirados das rochas cristalinas, ou seja, 38,46%.

Com relação ao volume total infiltrado nas rochas cristalinas e que constitui a recarga, os volumes retirados variam de 20 a 33% conforme a faixa de infiltração considerada.

Os valores encontrados indicam que as rochas cristalinas ainda contêm uma reserva considerável que permite prever a captação e utilização de maiores volumes.

### 5 CONCLUSÕES

O fato de ser possível avaliar o volume passível de ser aproveitado através da interrelação entre os dados de poços e o índice pluviométrico indica que as áreas cristalinas da Grande São Paulo devem ser reavaliadas como fornecedoras de água.

É necessário que sejam feitas pesquisas para um melhor entendimento da evolução tectônica da área. A determinação da idade dos eventos tectônicos, aos quais estão ligadas as estruturas, se faz necessário uma vez que as mais recentes são as que apresentam fraturamentos de características mais favoráveis.

Esta observação talvez permita explicar o comportamento totalmente distinto entre fraturas situadas em uma mesma região. É provável que uma análise mais acurada indique que as mais produtivas são mais novas.

Os atuais critérios utilizados para locação de poços em áreas cristalinas do Estado de São Paulo tem reflexos na profundidade das perfurações. A grande maioria fica entre 100 e 200 m, considerando-se que abaixo dessas profundidades as estruturas estariam fechadas.

Os valores encontrados para a Grande São Paulo também indicam a predominância dessas profundidades.

Até	50 m	-	0,8
	50 a	100 m	- 17,5%
	100 a	200 m	- 61,5%
	200 a	300 m	- 20,0%
	Acima de	300 m	- 0,2%

Este predomínio de profundidades entre 100 e 200 m é bastante interessante uma vez que em outras áreas cristalinas os poços tem profundidades em torno de 60 m e esporadicamente alcançam a 100 metros.

Leinz observou que a maior ocorrência de água encontra-se até os 100 metros de profundidade, uma vez que este valor é o limite da zona em que existe uma maior conexão entre as estruturas. A consequência disto é que as principais entradas de água situam-se entre 50 e 100 metros, não tendo verificado nenhuma entrada de água abaixo de 150 metros.

Não deve, porém, ser excluída a possibilidade de captação de água a maiores profundidades, em especial nas zonas de falhamentos.

Normalmente verificamos que um melhor conhecimento das estruturas se torna importante na determinação da profundidade a ser alcançada. É provável que em certos casos seja mais econômico perfurar dois poços com menos profundidade, desde que as condições se mostrem favoráveis a esta solução.

Em termos de vazão verificamos que existe uma disparidade muito grande, encontrando-se desde poços secos até os que produzem 100 m<sup>3</sup>/h. Existe, inclusive, citação de um poço jorrante com vazão material de 18 m<sup>3</sup>/h e bombeada de 100 m<sup>3</sup>/h.

Poços com vazões elevadas mostram que ocorrem certas condições que constituem uma associação favorável de fatores, em especial estruturais, geológicos e litológicos, através dos quais as possibilidades de um melhor aproveitamento das rochas cristalinas como aquíferas tornam-se maiores. Devemos também considerar que estas associações não ocorrem de forma aleatória mas estão ligadas a um esquema regional sem cujo conhecimento não é possível visualizar o significado das mesmas.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- DAEE (1972) Estudos de águas subterrâneas. Avaliação Preliminar - Estado de São Paulo v. 1 e 2 - DAEE - São Paulo.
- DAEE (1975) Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa 1, Grande São Paulo - v. 1, 2 e 3 - DAEE - São Paulo.
- IPT (1980) - Análise de critérios geológicos para locação de poços em zonas cristalinas do Estado de São Paulo - 1ª fase (Relatório 13 683) - São Paulo.
- IPT (1982) Análise de critérios para locação de poços em áreas cristalinas (Relatório nº 14 614) - São Paulo