

ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO-SÍNTESE DAS CONDIÇÕES DE OCORRÊNCIA

POR

M.F.C.LOPES¹

RESUMO -- Com a conclusão do Estudo de Águas Subterrâneas da Região Administrativa 4 - Sorocaba, o DAEE concluiu o levantamento, a nível de reconhecimento regional, das condições de ocorrência da água subterrânea em todo o Estado de São Paulo. Este trabalho, baseado nos resultados obtidos nos Estudos de Água Subterrânea das Regiões Administrativas, e em diversos outros trabalhos de hidrogeologia realizados pelo DAEE ao longo destes últimos 10 anos, apresenta uma síntese das condições de ocorrência da água subterrânea nos vários sistemas aquíferos que cobrem o Estado. Assim, as principais características dos aquíferos, relativas a: tipo, área e forma de ocorrência, espessura, litologia predominante, parâmetros hidrodinâmicos e potenciais, e propriedades hidroquímicas, são apresentadas e comentadas na forma de tabelas e mapa.

Introdução

Desde 1972, o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo vem desenvolvendo estudos sistemáticos de água subterrânea em todo o território paulista, com o objetivo de estabelecer, a nível de reconhecimento, as condições de ocorrência dos recursos hídricos subterrâneos nos diversos aquíferos existentes no Estado. Estes estudos foram efetuados por Regiões Administrativas e ao final de 1982, com a conclusão do Estudo de Água Subterrânea da Região 4 - Sorocaba, completou-se o levantamento. Assim, a partir de 1983, o DAEE dispunha de uma avaliação geral dos aquíferos que ocorrem no Estado, vários deles abordados em mais de um Estudo Regional, e em diferentes épocas ao longo dos dez anos de trabalho, visto que a extensão geográfica desses aquíferos os situam em diversas Regiões Administrativas. Paralelamente a este fato, o próprio corpo técnico do DAEE, ao longo desses estudos regionais e também de uma série de outros trabalhos de hidrogeologia e perfuração de poços, experimentou um progresso na sua capacidade técnica, e no conhecimento das condições de ocorrência dos recursos hídricos subterrâneos e sua inter-relação com as águas superficiais. Estes dois aspectos principais possibilitaram uma evolução tanto na metodologia aplicada, quanto nos resultados obtidos e apresentados nos estudos regionais de água subterrânea.

Este trabalho apresenta portanto, uma síntese do conhecimento atual das condições de ocorrência da água subterrânea do Estado de São Paulo, baseado na experiência e no conhecimento acumulado em todos esses estudos e trabalhos já realizados. Um outro projeto, mais aprofundado, que tem como objetivos atualizar, concentrar e homogeneizar as informações e resultados até então obtidos, está em execução atualmente no DAEE e se constitui na elaboração da Carta Hidrogeológica 1:500.000 do Estado de São Paulo

¹Geólogo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, SP.

Objetivos

A necessidade do estabelecimento de uma política estadual para o aproveitamento integral dos recursos hídricos como fator indutor do desenvolvimento econômico e social, além da escassez de recursos hídricos superficiais face as demandas e ao comprometimento da qualidade dos mesmos, em razão do lançamento de efluentes urbanos e industriais sem um tratamento conveniente; associadas ao baixo custo e à gradual implantação de poços profundos, tornam o recurso hídrico subterrâneo um integrante fundamental para grande parte dos estudos de planejamento regional, com vistas a avaliação da disponibilidade de recursos hídricos e as alternativas para atendimento das demandas de abastecimentos urbanos, industrial e agrícola. Desta forma, as informações aqui apresentadas visam propiciar, quantitativa e qualitativamente, de maneira sintética, os subsídios sobre as disponibilidades e características de ocorrência das águas subterrâneas no Estado de São Paulo, permitindo que se estabeleçam as diretrizes e prioridades para um aproveitamento racional dos recursos hídricos.

Condições de ocorrência das águas subterrâneas

Os sistemas aquíferos que ocorrem no Estado de São Paulo podem ser classificados em dois grupos distintos, de acordo com a natureza litológica e as propriedades hidráulicas (Tabela 1 e 2), ou seja:

- aquíferos sedimentares, permeáveis por porosidade granular;
- aquíferos cristalinos ou zonas aquíferas, permeáveis por fissuramento das rochas, condicionados por estruturas geológicas.

Dentre os sistemas sedimentares destacam-se, por sua grande área de ocorrência e pelo potencial explorável de água subterrânea, os aquíferos Bauru/Caiuã e Botucatu, situados na parte oeste do Estado, conforme pode ser observado na Figura 1.

O aquífero Bauru/Caiuã, devido à sua espessura e ocorrência contínua em quase metade do Estado, é o mais extensamente explorado através de cerca de 5.000 poços, que abastecem a maioria dos núcleos urbanos da área, com vazão média da ordem de 20 m³/h por poço.

O aquífero Botucatu, em sua área de afloramento e na região onde ocorre confinado pelos basaltos e pelo Bauru, ocupa mais da metade da área do Estado, e graças ao seu elevado potencial de água, é a principal reserva estratégica de água subterrânea, fornecendo vazões por poço que variam de 50 a 800 m³/h. Este aquífero é ainda pouco explorado em relação ao seu potencial de água subterrânea devido principalmente a dificuldades tecnológicas para perfuração de poços com profundidade acima de 300 metros que existiam até cerca de quatro anos atrás, e uma vez que a maior parte da sua área de ocorrência é em subsuperfície a profundidades que alcançam até 1.500 metros. No entanto, em função dos avanços técnicos recentes na área de perfuração de poços e dos baixos custos de produção de grandes volumes de água, quando comparados aos custos de aproveitamento de mananciais de superfície, o Botucatu deverá tornar-se no futuro, juntamente com o aquífero Bauru, as principais fontes de abastecimento de água das localidades onde haja ocorrência desses aquíferos.

Além destes dois principais aquíferos sedimentares, destacam-se os sedimentos da bacia de São Paulo e da bacia de Taubaté, com pequena área de ocorrência mas intensamente explorados. A bacia de São Paulo com apenas 1.000 Km² de área,

é atualmente explorada por mais de 5.000 poços, com vazão média da ordem de 15 m³/h por poço.

Deve-se mencionar ainda o aquífero Tubarão, que ocorre numa região do Estado onde se notam importantes áreas urbanas e industriais com relativa escassez de água para abastecimento e demandas elevadas de água, e que devido a seu caráter litológico bastante heterogêneo apresenta uma vazão média por poço de 10 m³/h, variando entre 3 e 150 m³/h.

O sistema aquífero "cristalino" abrangendo as rochas graníticas e os basaltos/diabásios, ocorre em cerca de 90.000 Km², na metade leste do Estado. Caracterizam-se como aquíferos descontínuos, de caráter eventual, com ocorrência de água em zonas de rochas fissuradas por fraturas, falhamentos e contatos litológicos, além de horizontes de rocha alterada. Fornecem vazões moderadas, da ordem de 2 a 30 m³/h por poço, sendo utilizado para pequenas demandas de água.

Na tabela 2 são apresentadas as características hidrodinâmicas e potenciais dos sistemas aquíferos. As seguintes observações devem ser feitas, com relação à capacidade específica: no aquífero Cristalino os valores 0,001 e 7,0 m³/h/m são extremos, sendo que em 70% dos casos ocorrem valores entre 0,018 e 7,0 m³/h/m; também no aquífero Tubarão os valores 0,005 e 8,5 m³/h/m são extremos e em 70% dos casos ocorre valores entre 0,02 e 0,5 m³/h/m; no aquífero Furnas os valores apresentados de 0,2 a 1,0 m³/h/m foram inferidos com base em dados de apenas dois poços que estão cadastrados no DAEE; em relação aos aquíferos Diabásio, Serra Geral, Cenozóico/São Paulo e Taubaté, os valores extremos superiores constituem-se normalmente em excessões bem acima da mediana. O Passa Dois é considerado como um aquíclode, já que sua litologia é constituída essencialmente de rochas sedimentares lamíticas praticamente impermeáveis, cujo caráter eventual se deve à existência de zonas fissuradas localizadas.

A tabela 3 apresenta para cada aquífero a porcentagem de sua área de ocorrência em cada subzona hidrográfica (vide Figura 2). Por exemplo: na subzona do Baixo Tietê encontram-se aflorando os aquíferos Basalto (6,0%), Bauru (93,1%) e Cenozóico (0,9%), ocorrendo ainda, em condições de aquífero confinado, o Botucatu em toda a sua extensão (100%).

Convém salientar que as zonas hidrográficas situadas a oeste do Estado, onde ocorre o aquífero Bauru, encontra-se sotoposto a este o aquífero Basalto em condições de ser também explorado juntamente com o Bauru.

Com base na análise efetuada, observa-se que existe no Estado de São Paulo variação sensível nas vazões obtidas em poços profundos de acordo com os aquíferos e suas condições de ocorrência. Assim, o potencial explorável de água subterrânea por poços nas diversas subzonas do Estado vai depender das características locais do aquífero explorado e também dos critérios hidrogeológicos adequados de locação e projeto desses poços.

Qualidade das águas subterrâneas

As águas subterrâneas do Estado de São Paulo apresentam, de modo geral, baixa salinidade e características físicas, químicas e bacteriológicas adequadas para o abastecimento público assim como para os demais usos. A Tabela 4 apresenta, genericamente, as principais características qualitativas das águas subterrâneas por aquífero, tendo portanto uma natureza regional.

Dominam no Estado águas bicarbonatadas cálcicas na maioria dos aquíferos. As

Águas bicarbonadas sódicas ocorrem secundariamente na zona confinada do aquífero Botucatu, em algumas áreas do aquífero Bauru, no aquífero Tubarão, na bacia do Taubaté e nos aquíferos costeiros. A ocorrência de águas cloretadas e/ou sulfatadas se restringe a algumas amostras no extremo sudoeste do Estado (aquífero Botucatu), no aquífero Passa Dois, nos sedimentos litorâneos e na faixa litorânea do aquífero Cristalino.

A temperatura das águas varia entre 16° e 25°C, principalmente em função da oscilação da temperatura do ar. Apenas as águas de poços mais profundos, que exploram o aquífero Botucatu confinado, podem apresentar temperaturas elevadas (de até 63°C) devidas ao grau geotérmico natural (1°C/35m). Também, em algumas áreas do aquífero sedimentar de Taubaté, as águas podem apresentar temperaturas superiores a 25°C.

Convém ressaltar que as águas da porção litorânea do aquífero Cristalino e do aquífero Passa Dois apresentam salinidade relativamente elevada, além da presença em teor excessivo de alguns íons que comprometem sua potabilidade. São feitas também restrições às águas de regiões sedimentares próximas a centros urbanos de médio a grande porte, principalmente na Grande São Paulo, onde já se constatam problemas de poluição que também comprometem sua utilização.

Nas áreas do Cenozóico situadas em várzeas de rios e regiões costeiras, as águas são também bastante susceptíveis à poluição orgânica.

Resta mencionar que, embora as águas sejam normalmente carentes em flúoreto, vêm se observando teores elevados deste elemento, nocivos à saúde, em alguns poços dos aquíferos Tubarão, Serra Geral e Botucatu, cuja origem ainda não está suficientemente caracterizada.

Potenciais das águas subterrâneas

Neste item faz-se uma avaliação, em grandes números, da disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos no Estado de São Paulo, caracterizada pela recarga média multianual dos aquíferos ou recarga transitória, provenientes da estimativa do escoamento básico dos rios.

Em termos globais, a partir de uma precipitação média de 1.380 mm/ano, o Estado de São Paulo dispõe aproximadamente de 100 bilhões de m³/ano, dos quais estima-se que 55 bilhões de m³/ano são devidos aos escoamentos de superfície, e os restantes 45 bilhões de m³/ano ao escoamento básico.

A Tabela 5 apresenta o balanço hídrico para os principais sistemas aquíferos do Estado, onde são estimados as recargas que os alimentam. A recarga transitória é a parcela que alimenta os aquíferos livres, ou seja, é a quantidade média de água que infiltra atingindo o lençol freático, formando o escoamento básico dos rios. A recarga profunda é aquela que alimenta os aquíferos confinados, ou seja, é a quantidade média de água que circula pelo aquífero, não retornando ao rio dentro dos limites da bacia hidrográfica.

É importante ressaltar que esses valores somente tem sentido sob o ponto de vista global, devendo ser examinados com maior detalhe a nível regional e a nível local, em virtude de diferentes índices de pluviosidade, condições hidrogeológicas e interferências humanas.

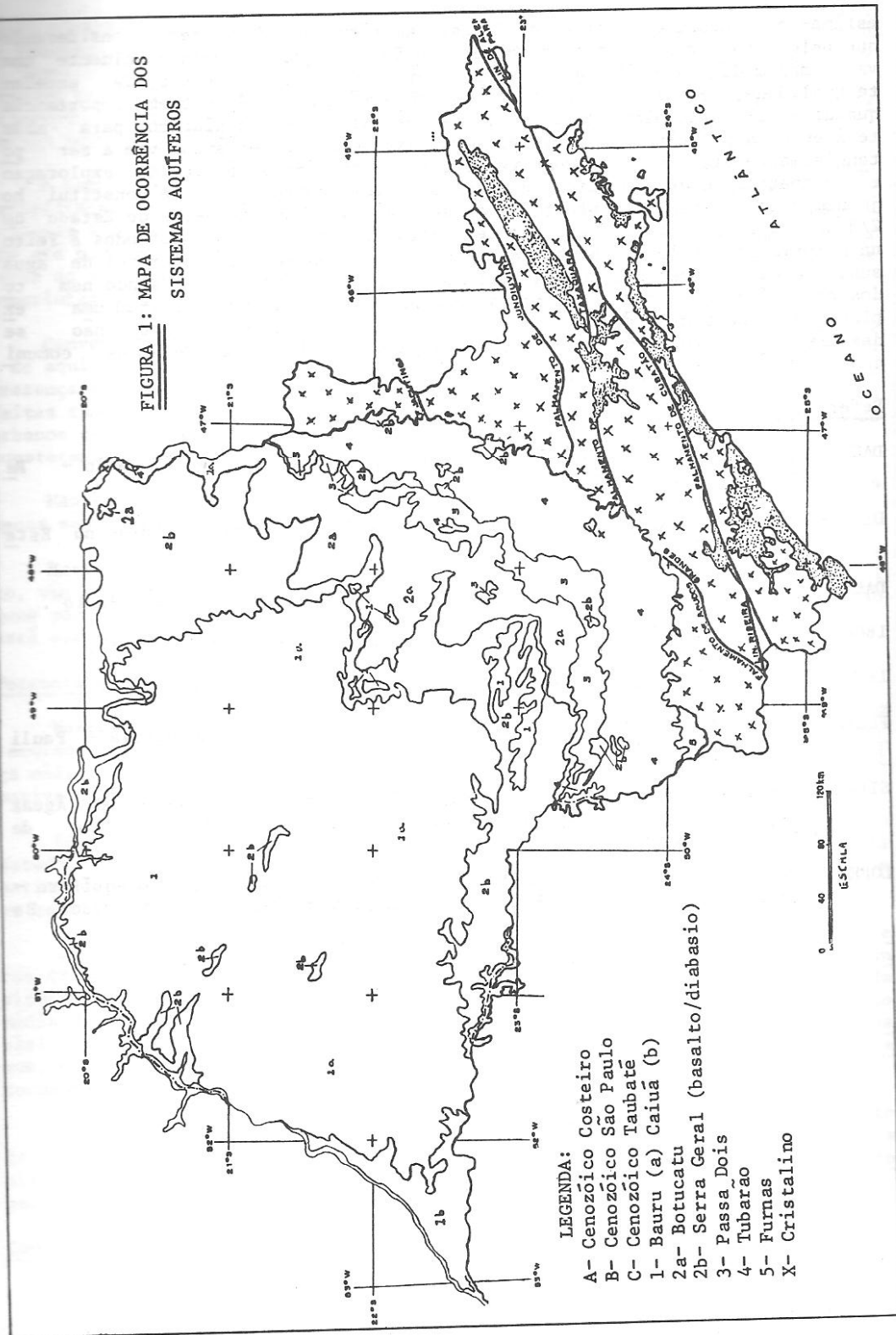
Conclusão

Para o abastecimento urbano, industrial e agrícola do Estado de São Paulo

estima-se um consumo total atual de água em torno de 230 m³/seg. Considerando que pelos aquíferos existentes no território paulista, circula anualmente uma vazão média de 1.400 m³/seg. de água, a exceção de alguns casos, de excelente qualidade, verifica-se que as águas subterrâneas são de extrema importância quando se trata de planejar o aproveitamento dos recursos hídricos para abastecimento. A princípio, a opção pelo uso das águas subterrâneas vem a ser potencialmente atrativa, restando verificar a viabilidade técnica de exploração e a competitividade econômica, que muitas vezes ocorrem. Isto se constitui hoje num fato, em praticamente todas as sub-bacias da porção oeste do Estado ou 2/3 de seu território, onde o abastecimento através de poços profundos é feito na maioria dos núcleos urbanos da região, com um potencial explorável de água subterrânea que pode ser considerado muito bom. No restante do Estado nem todos os aquíferos possuem características hidrodinâmicas que permitam uma exploração econômica de água subterrânea para médias e grandes vazões, não se descartando entretanto, sua viabilidade para atendimento de pequenas comunidades, indústrias e outras demandas isoladas.

Referências

- DAEE - 1972 a 1983, Estudo de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - Regiões Administrativas 1 a 11.
- DAEE - Maio/1983, Regionalização de Disponibilidades Hídricas Médias no Estado de São Paulo.
- DAEE - 1984, "Caracterização dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo".
- IBGE - 1981, Sinopse Preliminar do Censo Demográfico - São Paulo, 1980.
- IBGE - 1982, Anuário Estatístico do Brasil, 1982.
- FULFARO V.J.; et al - 1980, Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná - Paulípetro, rel. BP - 008/80.
- SILVA, ROSA BEATRIZ GOUVEIA - 1983, Estudo Hidroquímico e Isotópico das Águas Subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. Instituto de Geociências da USP.
- LOPES, M.F.C.; et al - 1982, Geometria e Condições de Exploração do Aquífero - Botucatu no Estado de São Paulo - 2ª Congr. Bras. Ag. Subt., Salvador. Ba



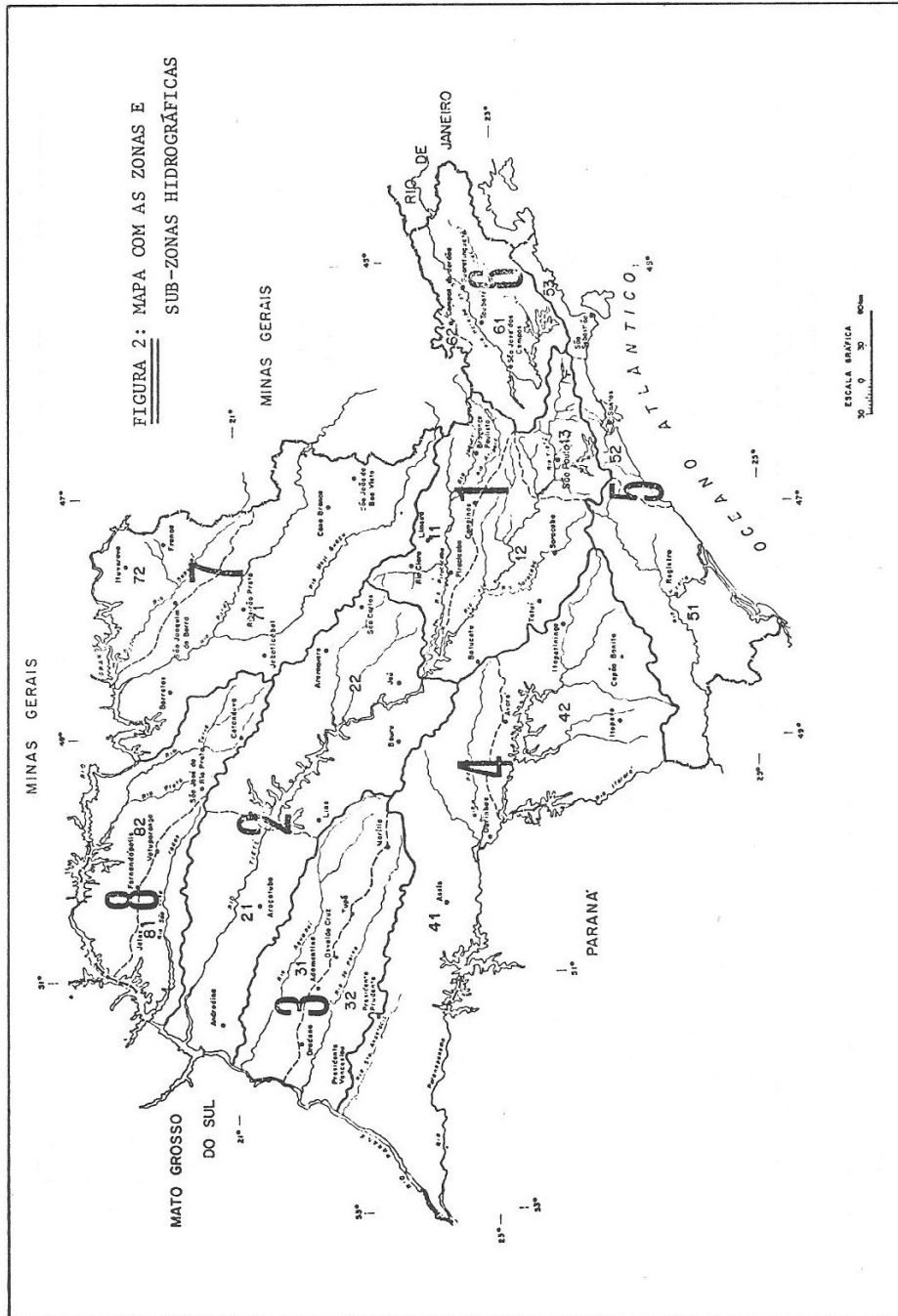


TABELA 1

SISTEMAS AQUIFEROS: CONDIÇÕES DE OCORRÊNCIA

AQUIFERO	PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	LITOLOGIA PREDOMINANTE	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	ÁREA DE AFLORAMENTO TO km ²	ESPESURA m	EXTENSÃO EM SUPERFÍCIE km ²	ESPESURA DE CONFINADA
CRISTALINO	Grupo: Açungui e São Roque. Complexos: Paraíba do Sul, Varginha e Amparo. Corpos graníticos.	Granitos, gnaiesses, migmatitos, filitos, xistos, quartzitos e metassedimentos.	Extensão regional, fissurado, caráter even-tual, livre a semi-confinado, heterogêneo, descontínuo, anisotrópico.	53.400	150	190.400	-
FURNAS	Form. Furnas	Arenitos, médio a muito grosso com matriz lamítica.	Extensão limitada, granular, livre a confinada, homogêneo, contínuo.	500	200	100.000	400
TUBARÃO	Form. Tatuí Subgrupo Itararé Form. Aquidauana	Arenito fino a grosso com matriz lamítica, lamitos arenosos, lamitos, ritmitos e siltitos.	Extensão regional, granular (localmente fissurado), livre a semi-confinado heterogêneo, descontínuo e anisotrópico (localmente descontínuo e isotrópico).	20.700	1.000	165.000	1.600
'PASSA DOIS*	Form. Corumbataí Form. Estrada Nova Form. Irati	Lamitos, siltitos arenosos, ritmitos, folhelhos e calcários.	Extensão limitada, fissurado, caráter even-tual, livre, heterogêneo, descontínuo, anisotrópico.	6.300	120	150.000	-
BOITUCATU	Form. Botucatu Form. Pirambóia	Arenito fino a médio, arenitos lamíticos e lamitos arenosos.	Extensão regional, granular, livre a confinada, homogêneo, contínuo, isotrópico.	16.000	250	136.800	500
DIABÁSIO	Rochas Intrusivas Básicas.	Diabásios	Extensão limitada, fissurado, caráter even-tual, livre a semi-confinado, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	3.300	150	-	-
SEREA GERAL	Form. Serra Geral	Basaltos	Extensão regional, fissurado, caráter even-tual, livre a semi-confinado, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	31.900	150	104.000	-
CAIUÁ	Form. Caiuá	Arenitos finos com matriz siltico-argilosa variável. Cimento limonítico.	Extensão limitada, granular, livre a semi-confinado, homogêneo, contínuo, isotrópico.	3.500	200	13.000	150
BAJURU	Form. Marília Form. Adiantina Form. Sto. Anastácio	Arenitos mal selecionados, muito fino a conglomeráticos, bancos lamíticos, siltitos e finas camadas calcárias.	Extensão regional, granular, livre a semi-confinado, heterogêneo, contínuo, anisotrópico.	100.000	200	-	-
SÃO PAULO	Form. São Paulo	Argilas, siltos, arenitos argilosos finos, raras areias grossas e cascalheiras.	Extensão limitada, granular, livre a localmente semi-confinado, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	1.000	300	-	-
TAUBATE	Form. Caçapava Form. Tremembé	Argilas, folhelhos, arenitos.	Extensão limitada, granular, livre a semi-confinado, heterogêneo, anisotrópico.	2.200	500	-	-
COSTEIRO	Form. Paricua-Açu Form. Cananãia	Areias interdigitadas com argila e siltitos.	Extensão limitada, granular, livre, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	4.600	100	-	-
VALES INTERIORES	Form. Quaternárias	Areias e argilas inconsolidadas.	Extensão limitada, granular, livre, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	3.600	30	-	-

(*) Considerado como um aquífero: terrenos sedimentares praticamente impermeáveis, cujo caráter eventual se deve a zonas fissuradas.

CENÓZÓICO

TABELA 2

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS E POTENCIAIS
DOS SISTEMAS AQUÍFEROS.

AQUÍFEROS	TRANSMISSI- VIDADE m ² /dia	PERMEABILI- DADE APARENTE m/dia	COEFICIENTE DE ARMAZENAMEN- TO (*)	CAPACIDADE ESPECÍFICA m ³ /h/m	VAZÃO POR POÇO m ³ /h	PROFUNDIDADE DOS POÇOS m
CRISTALINO	0,1 a	-	-	0,001 a	5 a	150 a
	200			7,0	120	
FURNAS	...	...	...	0,2 a	10 a	100 a
				1,0	50	250
TUBARÃO	0,3 a	0,002 a	10 ⁻⁴ a	0,005 a	3 a	100 a
	200	0,7	0,05*	8,5	150	300
PASSA DOIS	...	...	...	0,005 a	3 a	100 a
				1,0	20	150
BOTUCATU	40 a	0,2 a	10 ⁻³ a	0,5 a	10 a	50 a
	500	4,0	0,2*	7	200	250
	200 a	0,5 a	10 ⁻⁶ a	2 a	50 a	300 a
	CONFINA- DO 1.300	4,6	10 ⁻⁴	16	800	1.700
DIABÁSIO	0,2 a	-	-	0,01 a	5 a	150 a
	50			4,0	30	
SERRA GERAL (Basalto)	1 a	-	-	0,01 a	5 a	150 a
	700			10	100	
CAIUÁ	50 a	0,1 a	10 ⁻⁴ a	2 a	50 a	100 a
	300	2	0,15*	5	200	200
BAURU	5 a	0,05 a	10 ⁻⁴ a	0,1 a	5 a	100 a
	100	1,0	10 ⁻² *	2	100	200
CENOZOÍCO	0,5 a	0,02 a	10 ⁻³ a	0,05 a	3 a	100 a
	500	1,0	1,0*	3	100	250
	0,5 a	0,01 a	10 ⁻⁴ a	0,01 a	30 a	100 a
	1.000	1	1,0*	2,0	250	300
COSTEIRO	...	...	...	0,1 a	5 a	20 a
				3,0	30	60
	VALES INTE- RIORES	...	...	0,1 a	1 a	10 a
			5	30	30	

(*) Porosidade efetiva

PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DE AQUÍFEROS POR SUBZONA HIDROGRÁFICA

TABELA 3

SUBZONA HIDROGRÁFICA	AQUÍFERO CRISTALINO	FURNAS	TUBARÃO	PASSA DOIS	BOTUCATU		DIABÁSIO	SERRA GENERAL (Basáltico)	CUIUÁ	BAURU	CENOZOÍCO			
					LIVRE	CONFINADO					SÃO PAULO	Taubaté	Costeirão	VALES INTERIORES
11. Piracicaba	44,0	-	15,8	12,1	15,6	2,8	4,1	1,2	-	1,6	-	-	-	5,6
12. Péd.Tietê Sup.	30,3	-	34,4	12,5	17,4	3,6	0,7	2,0	-	1,6	-	-	-	1,1
13. Alto Tietê	62,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,4	-	-	-
21. Baixo Tietê	-	-	-	-	-	100,0	-	6,0	-	93,1	-	-	-	0,9
22. Médio Tietê	-	-	-	-	13,4	85,0	0,2	18,1	-	66,9	-	-	-	1,4
31. Ajuapeí	-	-	-	-	-	100,0	-	2,0	-	96,4	-	-	-	1,6
32. Peixe	-	-	-	-	-	100,0	-	0,2	1,1	96,2	-	-	-	2,5
41. Baixo Paranapanema	-	-	-	-	-	100,0	-	26,3	11,5	60,9	-	-	-	1,3
42. Alto Paranapanema	20,6	1,9	44,2	12,3	9,5	9,5	1,9	7,7	-	1,9	-	-	-	-
51. Ribeira e Litoral Sul	81,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,5
52. Baixada Santista	57,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,0
53. Litoral Norte	85,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,7
61. Paraíba do Sul	84,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,5	-	-
62. Mantiqueira	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71. Pardo/Grande	16,1	-	12,5	3,0	15,7	43,0	6,6	20,6	-	13,8	-	-	-	3,7
72. Saçucaí/Grande	1,2	-	-	-	15,3	80,6	2,9	68,4	-	9,0	-	-	-	3,2
81. São José dos Campos	-	-	-	-	-	100,0	-	3,8	-	96,2	-	-	-	-
82. Turvânia/Grande	-	-	-	-	-	100,0	-	8,1	-	91,9	-	-	-	-

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

TABELA 4

AQUÍFERO	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS PRINCIPAIS	RESTRIÇÕES
CRISTALINO	Bicarbonatadas cálcicas, secundariamente sódicas. Litoral: clorretadas sódicas, secundariamente clorretadas cálcicas.	pH: ácido ou neutro R.S. < 200 mg/l Litoral: 200 < R.S. < 10.000	Adequadas ao abastecimento público e uso geral; ressalva feita a algumas áreas do Vale do Paraíba que apresentam elevados teores de Fe, e do litoral com quíeza e ferro excessivos.
FURNAS	Dado não disponível.	Dado não disponível.	Dado não disponível.
TUBARÃO	Bicarbonatadas sódicas, secundariamente bicarbonatadas cálcicas ou mistas. Fm. Itararé: bicarbonatada sódica. Fm. Aquiduauna: bicarbonatada cálcica.	4,8 < pH < 9,0 21 < R.S. < 421 Fm. Itararé: R.S. > 200 mg/l Fm. Aquiduauna: R.S. > 200 mg/l	Adequadas ao abastecimento público e uso geral. Apenas alguns casos de teores elevados de fluoreto.
PASSA DOIS	Dado não disponível.	Dado não disponível.	Apresentam excesso de fluoreto e/ou de sulfato.
BOTUCATU	LIVRE	Bicarbonatadas magnesianas e calcomagnesianas. R.S. < 100 mg/l	Boa para o abastecimento público e uso geral.
	CONFINADO	Bicarbonatadas cálcicas a leste; bicarbonatadas sódicas a cloro-sulfatadas - sódicas a oeste.	A leste pH ácido a neutro e R.S. = 250 mg/l. A oeste pH alcalino, e amostras apresentam excesso de flúor. R.S. = 650 mg/l. Temperatura elevada - 69°C.
DIABÁSIO	Dado não disponível.	Dado não disponível.	Frequentemente impróprias para o consumo humano, em virtude de altos teores de cloreto, sulfato, bicarbonato, flúoreto e resíduo seco.
SERRA CEBAL (Basalto)	Bicarbonatadas cálcicas, secundariamente magnesianas.	pH ácido a ligeiramente alcalino, maioria entre 6 e 7. R.S. < 200 mg/l. Anomalias: R.S. > 800 mg/l, associadas a zonas fraturadas.	Boa para o abastecimento público e uso geral. Menos de 2% tem teores de nitrato maiores que 10 mg/l. Altos teores de flúor acima de 1,2 mg/l.
CAIUÁ	Bicarbonatadas sódicas.	pH ácido a ligeiramente alcalino - R.S. < 100 mg/l.	Boa para o abastecimento público e uso geral.
BAURU	Bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas calcomagnesianas.	pH ácido a ligeiramente alcalino - R.S. < 300 mg/l.	Boa para o abastecimento público e uso geral. Nos vales dos rios há maior vulnerabilidade à poluição - 10% dos poços apresentam teores > 10 mg/l de NO ₃ .
SÃO PAULO	Dado não disponível.	pH ácido R.S. < 250 mg/l.	Apresenta vários indícios de poluição, ao longo dos rios Tietê e Atibaia, onde R.S. > 250 mg/l, além de excessos de F, NO ₃ , amônia e detergentes.
TAUBATÉ	Bicarbonatadas sódicas.	pH ácido, e neutro na região de Tremembé 20 < R.S. < 680 mg/l.	Boa para o abastecimento público e uso geral. Raras ocorrências excessivas de NO ₃ e fluoreto; 30% dos poços com teores > 0,3 mg/l de Fe.
COSTEIRO	Bicarbonatadas sódicas secundariamente clorretadas cálcicas.	pH ácido R.S. < 250 mg/l.	Boa para o abastecimento público e uso geral, apesar do teor elevado de Fe total em 67% das amostras. Sujeitas a salinização com exploração excessiva.

TABELA 5

BALANÇO HÍDRICO PARA OS AQUÍFEROS NO ESTADO DE SÃO PAULO

AQUÍFERO	ÁREA km ²	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm/ano)	ESCOAMEN- TO TOTAL (mm/ano)	RECARGA TRANSITÓ- RIA (ESCOA- MENTO BA- SICO) (mm/ano)	RECARGA PROFUNDA (mm/ano)
Cristalino	53.400	1.600	600	270	-
Furnas	500	1.500	510	230	-
Tubarão	20.700	1.250	300	135	-
Passa Dois	6.900	1.250	300	135	-
Botucatu	16.000 + 105.000 Conf.	1.400	410	190	< 5
Diabásio	3.300	1.400	410	190	-
Serra Geral	31.900	1.400	410	190	-
Caiuã	3.500	1.250	300	135	-
Bauru	100.000	1.300	310	140	-
Cenozóico-São Paulo	1.000	1.300	310	140	-
Cenozóico-Taubaté	2.200	1.300	310	140	-
Cenozóico-Costeiro	4.600	1.800	900	405	-

GROUND WATER IN THE STATE OF SÃO PAULO - SYNOPSIS

ABSTRACT -- The DAEE concluded in 1982 the survey, at a recognizing regional level, of ground water occurrence conditions all over the State of São Paulo. This paper presents the synthesis of that survey, developed during the last ten years. So, the main aquifer systems characteristics are here presented and discussed. These characteristics are: aquifer type, area and way of occurrence, depth, lithology, hydrodynamic parameters and ground water potential, including also hydrogeologic chemistry properties.