

# ZONEAMENTO DA PRODUTIVIDADE DE POÇOS NA REGIÃO DE SOROCABA, ITU E SALTO DE PIRAPORA - ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL

Geraldo Hideo Oda<sup>1</sup> & José Milton Benetti Mendes<sup>2</sup>

**Resumo** - Este trabalho objetiva a apresentação dos resultados de um zoneamento da produtividade dos poços tubulares profundos considerando a capacidade específica, vazão, tipo de aquífero explorado, litologia, espessura do aquífero, espessura e porcentagem de arenito, direções de fraturamento e informações provenientes do mapa de contorno estrutural do Embasamento Cristalino. Os dados de 576 poços e as informações geológicas utilizados neste trabalho foram levantados no final da década de 80 pelo INSTITUTO GEOLÓGICO/SMA. A área localiza-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo, abrangendo os municípios de Sorocaba e Itu, e a área compreendida pela Folha Topográfica de Salto de Pirapora (1:50.000), totalizando cerca de 1.770 km<sup>2</sup>. No contexto geológico a área situa-se na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, na faixa de transição entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico, englobando tanto rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Sistema Aquífero Tubarão), como rochas cristalinas pré-cambrianas (Sistema Aquífero Cristalino). Os valores médios de capacidade específica encontrados foram os seguintes: 0,44 m<sup>3</sup>/h/m para o Sistema Aquífero Cristalino; 0,14 m<sup>3</sup>/h/m para o Sistema Aquífero Tubarão; e 0,30 m<sup>3</sup>/h/m para os poços que exploram ambos os aquífero.

**Palavra-chave** - Água subterrânea, zoneamento, produtividade.

---

<sup>1</sup> Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Av. Miguel Estéfano 3.900, São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil, Tel. (0xx11) 5585-9994 Ramal 2049. Fax:: 5585-9994 Ramal: 2075. E-mail: ghoda@igeologico.sp.gov.br

<sup>2</sup> Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. R. do Lago 562, Cidade Universitária, São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil, Tel. (011) 818.42.02.

## **1. INTRODUÇÃO**

No final da década de 80 o INSTITUTO GEOLÓGICO/SMA, realizou estudos integrados dos atributos do meio físico-geológico, com vistas ao planejamento territorial na região de Sorocaba – Campinas (SP). Os dados dos três primeiros projetos correspondentes à Folha de Salto de Pirapora (IG/SMA 1990a), ao Município de Sorocaba (IG/SMA 1990b) e ao Município de Itu (IG/SMA 1991), foram posteriormente integrados e reavaliados por ODA (1998). No presente trabalho é apresentado apenas um zoneamento da produtividade de 576 poços tubulares dessas áreas.

A área localiza-se no centro-leste do Estado de São Paulo, totalizando cerca de 1.770 km<sup>2</sup>. O principal acesso rodoviário à área a partir de São Paulo, é a Rodovia Presidente Castelo Branco - SP 270 (Figura 1). As coordenadas da área são: 23° 10' e 23° 45' de latitude sul; e 47° 05' e 47° 45' de longitude oeste, e as coordenadas UTM são: 220 e 285 km E; e 7.370 e 7.440 km N.

No contexto geológico a área situa-se na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, na faixa de transição entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico, englobando tanto rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Sistema Aquífero Tubarão), como rochas cristalinas pré-cambrianas (Sistema Aquífero Cristalino).

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo do trabalho é apresentar os resultados de uma compartimentação da produtividade de poços tubulares, considerando as características hidrogeológicas dos sistemas aquíferos estudados como: capacidade específica, vazão, tipo de aquífero, litologia, granulometria, direções de fraturamento, metamorfismo, espessura do Sistema Aquífero Tubarão, espessura e porcentagem de arenito da seção geológica dos poços e informações do mapa de contorno estrutural do Embasamento Cristalino.

## **3. GEOLOGIA**

Na área ocorrem dois conjuntos litológicos principais: rochas do Embasamento Cristalino e rochas sedimentares do Subgrupo Itararé do Grupo Tubarão da Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 2), amplamente estudada por muitos autores. Os diversos trabalhos sobre a área foram referenciados com maior detalhe em ODA (1998).

O Embasamento Cristalino da área estudada é constituído, resumidamente, por:

- a- rochas gnáissico-migmatíticas ao norte da Falha de Itu, atribuídas ao Complexo Itapira por HACKSPACKER *et al.* (1988 *apud* IG/SMA 1991), de idade proterozóica inferior, correspondendo a uma faixa estreita com restritas intercalações de quartzitos de direção NW.
- b- metassedimentos passando a rochas gnáissico-migmatíticas do Grupo Açungüi (MARINI *et al.* 1967), que ocorrem a sul da Falha de Taxaquara. A unidade é constituída por xistos e gnaisses xistosos (IG/SMA 1990c) que ocorrem na forma de pequenas lentes dentro do Maciço de Piedade.
- c- metassedimentos entre as falhas de Itu e Taxaquara, designados como Grupo São Roque por diversos autores. O Grupo Serra do Itaberaba foi reconhecido, na região, como basal em relação ao Grupo São Roque, por JULIANI *et al.* (1986) e HACKSPACHER *et al.* (1992 *apud* HACKSPACHER *et al.* 1993) compreendendo um conjunto de rochas metavulcano-sedimentares de fácies anfíbolito. No presente trabalho, todo este conjunto foi tratado como Grupo São Roque, de idade Pré-Cambriana, sendo a unidade de maior ocorrência na área estudada. A litologia desta unidade corresponde a filitos, metassiltitos, metarritmitos, metarenitos, cálcio-xistos, metargilitos, metacalcários calcíticos e dolomíticos, metamargas e quartzitos. Apresenta estruturas com orientação ENE na parte sul, que infletem para NW ao norte, nas proximidades da Falha de Itu.
- d. rochas granitóides presentes correspondem a: Maciço de Itu; Maciço de Salto; Maciço de Sorocaba; Maciço de São Francisco e Maciço de Piedade.

As rochas do Complexo Itapira são intrudidas pelos granitóides pós-tectônicos dos maciços de Itu e Salto (PASCHOLATI *et al.* 1987 *apud* IG/SMA 1991). O Maciço Salto ocorre no extremo nordeste do Município de Itu. Os metassedimentos do Grupo São Roque, foram intrudidos por granitóides tardi a pós-tectônicos dos maciços Sorocaba e São Francisco (GODOY 1989), provavelmente no final do Proterozóico Superior. O Maciço Sorocaba estende-se desde o sul e sudeste do Município de Itu, até a Cidade de Salto de Pirapora. O Maciço São Francisco, na área estudada, limita-se à porção sudeste do Município de Sorocaba e segundo IG/SMA 1990b; FERNANDES DA SILVA 1997, a foliação presente nas bordas do corpo é cortada por falhas rúpteis com direções N35-40E, e NS.

Os metassedimentos do Grupo São Roque, foram intrudidos por granitóides tardi a pós-tectônicos dos maciços Sorocaba e São Francisco (GODOY 1989), provavelmente no final do Proterozóico Superior. Diversos autores atribuem o alojamento dos referidos

maciços granitóides ao Proterozóico Superior ou Ciclo Brasileiro, sendo interpretados como associados ao desenvolvimento de zonas de cisalhamento transcorrente.

As rochas sedimentares da Bacia do Paraná ocorrem na área estudada, cobrindo cerca de dois terços da porção ocidental da mesma e pertencem ao Subgrupo Itararé. Em relação ao Subgrupo Itararé de PETRI (1964), de acordo com IG/SMA (1990bc 1991); MASSOLI (1991); e FERNANDES DA SILVA (1997), na área estudada, predominam arenitos sobre as demais litologias, com maior ocorrência na porção norte. Estes são texturalmente imaturos, mal selecionados, com granulação predominantemente fina, podendo ser muito fina a grossa. Ocorrem em camadas submétricas a métricas, com intercalações de camadas decimétricas de lamitos, siltitos, ritmitos, argilitos e diamictitos. Os sedimentos finos ou pelitos aflorantes predominantemente na porção sul da área de estudo, foram agrupados numa unidade única constituída basicamente por lamitos e ritmitos e, subordinadamente, por argilitos, siltitos e diamictitos.

#### **4. GEOMETRIA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS**

No presente trabalho são apresentadas, de forma resumida, as características geométricas dos sistemas aquíferos estudados: o sedimentar e o cristalino. Entretanto, em ODA (1998) e ODA & MENDES (1998) estas características são tratadas com maior detalhe.

##### **4.1. CONTORNO ESTRUTURAL DO TOPO DO EMBASAMENTO CRISTALINO**

Este contorno mergulha rumo oeste-noroeste sendo que na porção noroeste da cidade de Itu este mergulho é forte, e na porção sul da Folha de Salto de Pirapora ele é mais suave. Entre estas duas porções, existe uma parte mais elevada do Embasamento Cristalino situada no norte da Folha de Salto de Pirapora, podendo estar associada à presença da estrutura dômica de Araçoiaba da Serra.

##### **4.2. ESPESSURA DO SISTEMA AQUÍFERO TUBARÃO - SUBGRUPO ITARARÉ**

A porção mais espessa deste pacote sedimentar, situa-se a oeste da cidade de Itu e noroeste de Sorocaba, onde as espessuras aumentam rapidamente de 0 para 300 m. Na área correspondente à Folha de Salto de Pirapora, as espessuras são menores, em geral de 100 a 150 m, com pequenas porções onde as espessuras ultrapassam 200 m. Nos arredores de Araçoiaba da Serra, a espessura do Sistema Aquífero Tubarão é da ordem de 50 m.

## 5. ESPESSURA E PORCENTAGEM DE ARENITO

Para representar as porções mais arenosas do Subgrupo Itararé (Sistema Aquífero Tubarão) foram confeccionados dois mapas: isoespessura de arenito e isoporcentagem de arenito (figuras 3 e 4). As maiores porcentagens de arenito (superiores a 60%) foram encontradas nas porções oeste da cidade de Itu, oeste de Sorocaba e em Salto de Pirapora. As porcentagens médias (30 a 60%) e baixas (inferiores a 30%) são predominantes, tendo sido encontradas, de maneira geral, por toda a área de ocorrência do Subgrupo Itararé.

## 6. HIDROGEOLOGIA

### 6.1. AVALIAÇÕES HIDROGEOLÓGICAS ANTERIORES

Estudos do DAEE (1982) na Região Administrativa de Sorocaba estabeleceram para o Sistema Aquífero Cristalino,  $Q/s^* = 0,018$  a  $0,50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  (para 70% dos poços analisados), com mediana de  $0,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ ; e para o Sistema Aquífero Tubarão valores de  $Q/s = 0,02$  a  $0,50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  (para 70% dos poços analisados), com mediana de  $0,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ .

IG/SMA (1990a), na Folha de Salto de Pirapora (1:50.000), determinou os seguintes valores de  $Q/s$  média =  $0,60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  (10 poços) para o Sistema Aquífero Cristalino;  $0,13 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  (17 poços) para o Sistema Aquífero Tubarão; e  $0,41 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  (32 poços) para os Poços Mistos.

IG/SMA (1990b) determinou, os seguintes valores de  $Q/s$  média no Município de Sorocaba:  $0,48 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  para o Sistema Aquífero Cristalino;  $0,32 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  para os Poços Mistos; e  $0,14 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  para o Sistema Aquífero Tubarão.

### 6.2. PRODUTIVIDADE DOS POÇOS TUBULARES

Após uma análise geral de  $Q/s$  dos poços, foram obtidos os seguintes valores médios:  $0,44 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  para o Sistema Aquífero Cristalino (91 poços);  $0,30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  para os Poços Mistos (79 poços); e  $0,14 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  para o Sistema Aquífero Tubarão (84 poços), cujos valores podem ser observados na Tabela 1.

Numa análise mais setORIZADA, foram encontrados grupos de poços com valores bastante diferenciados de capacidade específica, refletindo a grande heterogeneidade hidrogeológica destes sistemas aquíferos.

---

\* capacidade específica em  $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$

O Sistema Aquífero Cristalino, foi o que apresentou a melhor produtividade média global, também apresentando a maior diferenciação setorial, considerando que no Município de Sorocaba, a produtividade do referido sistema aquífero é muito alta (Q/s média de 0,53 m<sup>3</sup>/h/m) em relação ao Município de Araçoiaba da Serra (Q/s média de 0,07 m<sup>3</sup>/h/m), onde ela é baixa. Os poços que exploram o Sistema Aquífero Tubarão, apresentaram uma diferenciação menor, isto é, uma produtividade mais homogênea ao longo de toda a área estudada (variando entre 0,08 e 0,18 m<sup>3</sup>/h/m). Os poços que exploram ambos os sistemas aquíferos apresentaram uma diferenciação média e intermediária.

**Tabela 1** - Capacidade específica média dos poços por município e por sistema aquífero.

Sistema Aquífero	Q/s média por Municípios (m <sup>3</sup> /h/m)					Q/s Média (m <sup>3</sup> /h/m) por Aquífero
	Salto de Pirapora	Araçoiaba da Serra (*)	Sorocaba	Itu	Outros Munic.	
Cristalino	0,44 (10)	0,07 (4)	0,53 (52)	0,37 (18)	0,10 (7)	0,44 (91)
Tubar./Crist.	0,22 (10)	0,18 (8)	0,41 (40)	0,18 (17)	0,18 (4)	0,30 (79)
Tubarão	0,18 (6)	0,08 (11)	0,18 (20)	0,14 (43)	0,11 (4)	0,14 (84)
Tubar./Diab.	--- (0)	--- (0)	0,50 (2)	0,01 (1)	--- (0)	0,34 (3)
Diab./Cris.	--- (0)	--- (0)	0,32 (1)	--- (0)	--- (0)	0,32 (1)
Tub/Diab/Cris	--- (0)	--- (0)	0,49 (6)	--- (0)	--- (0)	0,49 (6)
Sem inform. De Aquífero	0 (5)	--- (0)	0,07 (4)	0,09 (5)	0,13 (2)	0,06 (16)
Q/s Média por Município	0,25 (31)	0,11 (23)	0,42 (125)	0,19 (84)	0,13 (17)	0,29 (280)

Obs.:

( ) número de poços envolvidos no cálculo da capacidade específica;

(\*) na área do município abrangida por este estudo (75%).

## 7. ZONAS DE PRODUTIVIDADE SIMILAR

Foram delimitadas 12 zonas de produtividade similar, numeradas em ordem decrescente de (Q/s), cujos resultados podem ser observados na (Figura 5), enquanto

que as características hidrogeológicas de cada zona podem ser observadas nas tabelas 2, 3 e 4.

**Tabela 2.** Produção dos poços das zonas e subzonas de produtividade similar

Zona	Q/s média (m <sup>3</sup> /h/m)	Nº de Poços (1)	Vazão média (m <sup>3</sup> /h)	Nº de Poços (2)	Sub Zona	Litologia (3)	Q/s média (m <sup>3</sup> /h/m)	Nº de Poços (4)	Vazão média (m <sup>3</sup> /h)	Nº de Poços (5)
1	0,77	18	12,52	37	---	Sed/cris	---	---	---	---
2	0,68	29	11,77	34	2 <sup>A</sup>	gra/gn	0,28	6	5,11	10
					2B	Granito	0,78	23	14,54	24
3	0,43	14	8,41	26	3 <sup>A</sup>	metass	0,26	7	9,02	19
					3B	metass	0,04	3	2,40	3
					3C	metass	1,00	4	10,01	4
4	0,30	58	8,78	71	4 <sup>A</sup>	Sed/metass	0,36	17	7,43	25
					4B	Sed/metass/gra	0,27	41	9,51	46
5	0,28	7	6,72	23	---	Sedimento	---	---	---	---
6	0,26	6	8,36	6	---	Sed/cris	---	---	---	---
7	0,24	28	9,17	35	7 <sup>A</sup>	Granito	0,26	5	10,11	11
					7B	Granito	0,24	23	8,74	24
8	0,18	24	5,91	51	8 <sup>A</sup>	Sed/cris	0,30	4	6,43	10
					8B	Sed/cris	0,16	20	5,79	41
9	0,11	46	7,25	72	9 <sup>A</sup>	Sed/cris	0,08	26	6,26	52
					9B	Sed/cris	0,15	20	9,81	20
10	0,09	25	6,69	58	10 <sup>A</sup>	Sed/cris	0,10	6	3,92	16
					10B	Sed/cris	0,09	17	8,54	36
					10C	Sed/cris	0,02	2	2,93	6
11	0,08	20	4,03	37	11 <sup>A</sup>	Sed/cris	0,07	15	3,72	24
					11B	Sed/metass	0,11	5	4,60	13
12	0,00	3	0,65	4	---	Sed/cris	---	---	---	---

Obs.:

- (1) número de poços utilizados para o cálculo da capacidade específica média das zonas;
- (2) número de poços utilizados para o cálculo da vazão média das zonas;
- (3) sed=sedimento do Subgrupo Itararé; metass=metassedimento; gra=granito; gn=gnaise; cris=Embasamento Cristalino indiferenciado;
- (4) número de poços utilizados para o cálculo da capacidade específica das subzonas;
- (5) número de poços utilizados para o cálculo da vazão média das subzonas.

**Tabela 3.** Características geométricas médias das zonas e subzonas de produtividade similar

Zona	Sub-zona	Litologia (1)	Prof. Média dos Poços (m) (2)	Nº de Poços (3)	Espeç. Média de Sedim. (m) (4)	Nº de Poços (5)	% média de Arenito (6)	Nº de Poços (7)
1	---	sed/cris	138,1	37	32,1	22	27,5	10
2	2A	gra/gn	103,6	11	6,0	5	0,0	6
	2B	granito	96,8	24	2,0	23	4,0	1
3	3A	metass	117,1	23	11,5	6	4,6	5
	3B	metass	109,7	3	7,7	3	---	---
	3C	metass	143,0	4	0,0	4	---	---
4	4A	sed/metass	115,8	26	32,9	13	3,8	15
	4B	sed/metass/gra	143	50	47,9	32	18,6	29
5	---	sedimento	155,0	28	---	---	32,5	4
6	---	sed/cris	126,3	7	150	1	40,0	2
7	7A	granito	115,1	11	0	5	0	1
	7B	granito	117,5	24	18,9	23	32,5	6
8	8A	sed/cris	107,5	10	57,0	4	42,0	4
	8B	sed/cris	117,2	47	29,9	22	21,1	7
9	9A	sed/cris	135,6	61	157,5	2	26,7	22
	9B	sed/cris	164,4	20	104,6	8	43,0	20
10	10A	sed/cris	128,4	17	41,0	3	21,0	2
	10B	sed/cris	142,2	34	89,9	14	30,9	9
	10C	sed/cris	112,3	6	40,0	2	11,0	1
11	11A	sed/cris	130,2	27	60,9	8	9,3	10
	11B	sed/metass	177,1	14	37,7	3	15,2	4
12	---	sed/cris	135,7	4	211,0	1	4,0	1

Obs.:

- (1) sed = sedimento do Subgrupo Itararé; metass = metassedimento; gra = granito; gn = gnaiss; cris = Embasamento Cristalino indiferenciado;
- (2) número de poços utilizados para o cálculo da profundidade média das zonas e subzonas;
- (3) número de poços utilizados para o cálculo da espessura média de sedimento (Sistema Aquífero Tubarão), das zonas e subzonas;
- (4) porcentagem média dos estratos de arenito da seção geológica dos poços das zonas e subzonas, em relação a profundidade total dos mesmos;
- (5) número de poços utilizados para o cálculo da porcentagem média dos estratos de arenito das zonas e subzonas.

**Tabela 4.** Intervalos de variação das características geométricas das zonas e subzonas de produtividade similar.

Zona	Subzona	Litologia (1)	Varição da Espess. de Sedimento (m)	% Arenito (2)	Varição de Altitude do Contor. Estrut. do Topo do Emb. Cristalino (m)
1	---	sed/cris	0-100	30-50	500-600
2	2A	gra/gn	---	---	---
	2B	granito	---	---	---
3	3A	metass	---	---	---
	3B	metass	---	---	---
	3C	metass	---	---	---
4	4A	sed/metass	0-150	20-40	400-600
	4B	sed/metass/gra	0-150	20-30	450-550
5	---	sedimento	300	50-90	250
6	---	sed/cris	150-300	30-40	300-450
7	7A	granito	---	---	---
	7B	granito	---	---	---
8	8A	sed/cris	50-150	20-40	500-600
	8B	sed/cris	0-150	---	450-650
9	9A	sed/cris	150-300	30-70	250-450
	9B	sed/cris	50-250	30-80	350-500
10	10A	sed/cris	50-100	20	500-600
	10B	sed/cris	50-100	30-80	450-600
	10C	sed/cris	0-150	---	550-650
11	11A	sed/cris	0-150	20-30	400-550
	11B	sed/metass	0-150	20-40	450-600
12	---	sed/cris	100-200	30-50	400-500

Obs:

(1) sed=sedimento do Subgrupo Itararé; metass=metassedimento; gra=granito; gn=gnaise; cris=Embadamento Cristalino indiferenciado;

(2) porcentagem da soma dos estratos de arenito da seção geológica dos poços das zonas e subzonas, em relação a profundidade total dos poços;

O Mapa de Zonas de Produtividade Similar foi elaborado através do cruzamento de informações provenientes dos seguintes mapas básicos e temáticos: Mapa Geológico, Mapa de Contorno Estrutural do Topo de Embasamento Cristalino, Mapa de Isoespessura do Sistema Aquífero Tubarão, Mapa de isoporcentagem de Arenito e mapas de Isocapacidade Específica (ODA 1998; ODA & MENDES 1998).

O método para execução do Mapa de Zonas de Produtividade Similar, foi desenvolvido pela equipe de hidrogeologia do INSTITUTO GEOLÓGICO, utilizado pioneiramente na avaliação hidrogeológica do Município de Itu (IG/SMA 1991), e cujos

conceitos teóricos foram enunciados em HASSUDA *et al.* (1992). Em ODA (1998), a mesma metodologia foi aplicada, porém, utilizando dispositivos mais avançados para o tratamento de dados, principalmente com relação aos recursos de informática, cujos resultados são aqui apresentados.

Antes da descrição detalhada de cada zona, vale ressaltar algumas observações de caráter geral em relação às zonas e subzonas delimitadas. O Sistema Aquífero Tubarão, exibe características geométricas diferenciadas ao longo de sua faixa de ocorrência, pois, na metade norte, o Subgrupo Itararé é mais espesso, podendo alcançar, ou até mesmo ultrapassar os 300 m de espessura. No extremo noroeste da área, este pacote situa-se, aproximadamente, entre as cotas 200 e 500 m. Nesta parte mais espessa do Sistema Aquífero Tubarão, a maioria dos poços, retiram água somente das porções sedimentares. Por outro lado, em todo o restante da área estudada, de maneira geral, os poços retiram água dos sistemas aquíferos Tubarão e Cristalino (poços mistos) .

A seguir são descritas as características das 12 zonas de produtividade similar.

## 7.1 - ZONA 1

A zona 1 é a melhor em produtividade média ( $Q/s^* = 0,77 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e  $Q = 12,52 \text{ m}^3/\text{h}$ ). A obtenção de um bom resultado está relacionada às fraturas do Embasamento Cristalino, visto que, o Sistema Aquífero Tubarão, sobre a zona 1, apresenta uma capacidade específica baixa. A espessura média de sedimento é de 32,1 m e a porcentagem de arenito de 27,5% (Tabela 3). Os lineamentos de drenagem mais promissores, são os de direção NW e NNW.

## 7.2 - ZONA 2 (2A E 2B)

A zona 2 apresenta valores médios de  $Q/s = 0,68 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e  $Q = 11,77 \text{ m}^3/\text{h}$ . A subzona 2A, apresentou ( $Q/s$ ) média de  $0,28 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e a subzona 2B ( $Q/s$ ) média de  $0,78 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . As vazões médias obtidas para as subzonas 2A e 2B foram: 5,11 e  $14,54 \text{ m}^3/\text{h}$ , respectivamente. Na subzona 2A os poços exploram água do Granito de Salto e de gnáisses do Complexo Itapira. O melhor poço desta subzona situa-se em um lineamento de drenagem com direção NW. Na subzona 2B os poços exploram água do granito de Sorocaba. Os melhores poços desta subzona situam-se em lineamentos de drenagem de direção NS e NW.

---

\* capacidade específica em  $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$

### **7.3 - ZONA 3 (3A, 3B E 3C)**

A zona 3 apresenta (Q/s) média de 0,43 m<sup>3</sup>/h/m e vazão de 8,41 m<sup>3</sup>/h. Esta zona representa a produtividade dos metassedimentos do Grupo São Roque. As subzonas 3A, 3B e 3C apresentaram as seguintes capacidades específicas: 0,26; 0,04; e 1,0 m<sup>3</sup>/h/m, respectivamente. Apesar da pequena quantidade de poços construídos nesta zona, os mesmos indicam a heterogeneidade geológico-estrutural e hidrogeológica desta zona, pois, obteve-se como reflexo deste fato, variados valores de produtividade dos poços. Os melhores poços da subzona 3A localizam-se junto a lineamentos de drenagem NNW. Os melhores poços da subzona 3C, foram locados junto aos lineamentos de drenagem de direção NE.

### **7.4 - ZONAS 4 (4A E 4B)**

A zona 4 apresentou Q/s média de 0,30 m<sup>3</sup>/h/m. As duas subzonas apresentaram produtividades semelhantes. A Subzona 4A com Q/s=0,36 m<sup>3</sup>/h/m, e a 4B com Q/s=0,27 m<sup>3</sup>/h/m. Os poços situados na parte leste exploram água do Embasamento Cristalino (metassedimentos ou granitos), e os situados mais a oeste exploram água dos sistemas aquíferos Tubarão e Cristalino (poços mistos). Em geral, para ambas as subzonas a espessura de sedimento aumenta de leste para oeste, de 0 e 150 m, podendo chegar a 200 m. As melhores direções de lineamentos de drenagem para a subzona 4A foram (NS e NNW) e para a subzona 4B, (NS e NW).

### **7.5 - ZONA 5**

Os poços da quinta zona apresentaram Q/s média de 0,28 m<sup>3</sup>/h/m e vazão média de 6,72 m<sup>3</sup>/h. Estes poços, com profundidade média de 155 m, exploram água exclusivamente do Sistema Aquífero Tubarão. Esta zona 5, é a mais produtiva deste sistema aquífero. A espessura do pacote sedimentar atinge cerca de 300 m, situando-se entre as cotas 200 a 500 m. Topograficamente, corresponde à região mais rebaixada da área estudada.,

### **7.6 - ZONA 6**

Na zona 6 os poços apresentaram Q/s média de 0,26 m<sup>3</sup>/h/m e vazão de 8,36 m<sup>3</sup>/h. Esta zona 6, foi classificada em segundo lugar dentre as zonas que exploram água do Sistema Aquífero Tubarão. Para a profundidade média dos poços foi encontrado um valor de 126,3 m. Em geral, de acordo com os mapas de Isoespessura do Sistema Aquífero Tubarão e de Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino (ODA

1998; ODA & MENDES 1998), a espessura do pacote sedimentar varia de 150 a 300 m, onde as maiores espessuras foram encontradas na porção oeste desta zona. Os poços mais produtivos, foram encontrados junto aos lineamentos de drenagem NW e NNE.

### **7.7 - ZONA 7 (7A E 7B)**

A Zona 7 cobre grande parte do Maciço de Sorocaba, e divide-se em duas subzonas. A produtividade de ambas é muito semelhante com Q/s média de 0,24 m<sup>3</sup>/h/m e vazão média de 9,17 m<sup>3</sup>/h. A profundidade dos poços varia entre 110 a 120 m. No caso da subzona 7A, os poços mais produtivos, foram construídos junto aos lineamentos de drenagem NW; e na subzona 7B, nos lineamentos ENE, NNW.

### **7.8 - ZONA 8 (8A E 8B)**

A produtividade média da zona 8 é baixa (Q/s=0,18 m<sup>3</sup>/h/m), sendo que na subzona 8A, a Q/s média é 0,30 m<sup>3</sup>/h/m (4 poços) e na subzona 8B é 0,16 m<sup>3</sup>/h/m (20 poços). Para as vazões das subzonas 8A e 8B foram encontrados os seguintes valores: 6,43 e 5,79 m<sup>3</sup>/h, respectivamente. Em geral a profundidade média dos poços é pequena (107,5 a 117,2 m), com espessura média de sedimento, também baixa, de 57 m para a subzona 8A e 29,9 m para a subzona 8B. A espessura de sedimentos, na subzona 8A, aumenta de norte para sul de poucas dezenas de metros até cerca de 150 m. Na Subzona 8B a espessura varia de 0 a 50 m, sendo que, no extremo sudoeste a espessura pode alcançar cerca de 150 m. A porcentagem média de arenito é 42% para a subzona 8A e 21,2% para a subzona 8B. Os melhores lineamentos de drenagem encontrados para as subzonas 8A e 8B foram: EW e NNE, respectivamente.

### **7.9. ZONA 9 (9A E 9B)**

Foi obtido um valor médio de 0,08 m<sup>3</sup>/h/m para a subzona 9A e um valor médio de 0,15 m<sup>3</sup>/h/m para a subzona 9B. Para a porcentagem de arenito, foram obtidos os seguintes valores: 26,7% para a subzona 9A e 43% para a subzona 9B. Os poços possuem profundidades médias de 135,6 m e 164,4 m, respectivamente para as subzonas 9A e 9B. Em geral, a espessura do pacote sedimentar na subzona 9A aumenta de leste para oeste de 150 a 300 m, e na subzona 9B a espessura aumenta de sudeste para noroeste, de 50 a 250 m, aproximadamente. Para as subzonas 9A e 9B, os melhores lineamentos de drenagem encontrados foram: NS e NE, e (NW), respectivamente.

### **7.10 - ZONA 10 (10A, 10B E 10C)**

A produtividade geral da zona 10 é muito baixa ( $Q/s$  média =  $0,09 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ ) e pior na Subzona 10C. A profundidade média dos poços da zona 10 varia de 112,3 a 142,2 m, com a maior profundidade na Subzona 10B. Nesta subzona 10B, a espessura média de sedimento é maior (89,9m) assim como a porcentagem média de arenito da seção geológica dos poços (30,9%).

Para as subzonas 10A, 10B e 10C, os lineamentos de drenagem, mais produtivos para obtenção de água subterrânea através de poços tubulares, foram: EW, NW e NW, respectivamente.

### **7.11 - ZONA 11 (11A e 11B)**

A produtividade geral da zona 11 é muito baixa ( $Q/s$  média =  $0,08 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ ). Os poços são bastante profundos, e é na subzona 11B onde ocorre a maior profundidade média (177,1 m). A espessura média de sedimento variou de 60,9 m na subzona 11A, até de 37,7 m, na subzona 11B. Em geral, em ambas as subzonas, a espessura de sedimentos aumenta de leste para oeste, de 0 a 150m. A porcentagem média de arenito variou de 9,3% até 15,2%. Com estas características, nota-se que em geral, os poços de ambas as subzonas atravessam porções lamíticas do Subgrupo Itararé e adentram profundamente numa porção “seca” do Embasamento Cristalino, com baixo aproveitamento dos mesmos. Para as subzonas 11A e 11B, os lineamentos de drenagem, onde os poços apresentaram maior produtividade, foram: NE e NS, respectivamente.

### **7.12. ZONA 12**

Esta zona foi caracterizada como uma porção tipicamente sedimentar (Sistema Aquífero Tubarão). Apesar dos poucos poços existentes nesta zona, a mesma apresentou-se como uma zona praticamente “seca”, pois, os quatro poços cadastrados nesta zona forneceram uma vazão média de  $0,65 \text{ m}^3/\text{h}$ , sendo que três deles apresentaram capacidades específicas praticamente nulas. Dos quatro poços existentes nesta zona, foi obtida uma profundidade média de 135,7 m. Um desses quatro poços, foi perfurado pelo IG, o qual atingiu o Embasamento Cristalino aos 211 m. Este poço apresenta boa descrição da seção geológica e a porcentagem de estratos arenosos, em relação à profundidade total do poço, foi de 4%.

## **8 - CONCLUSÕES**

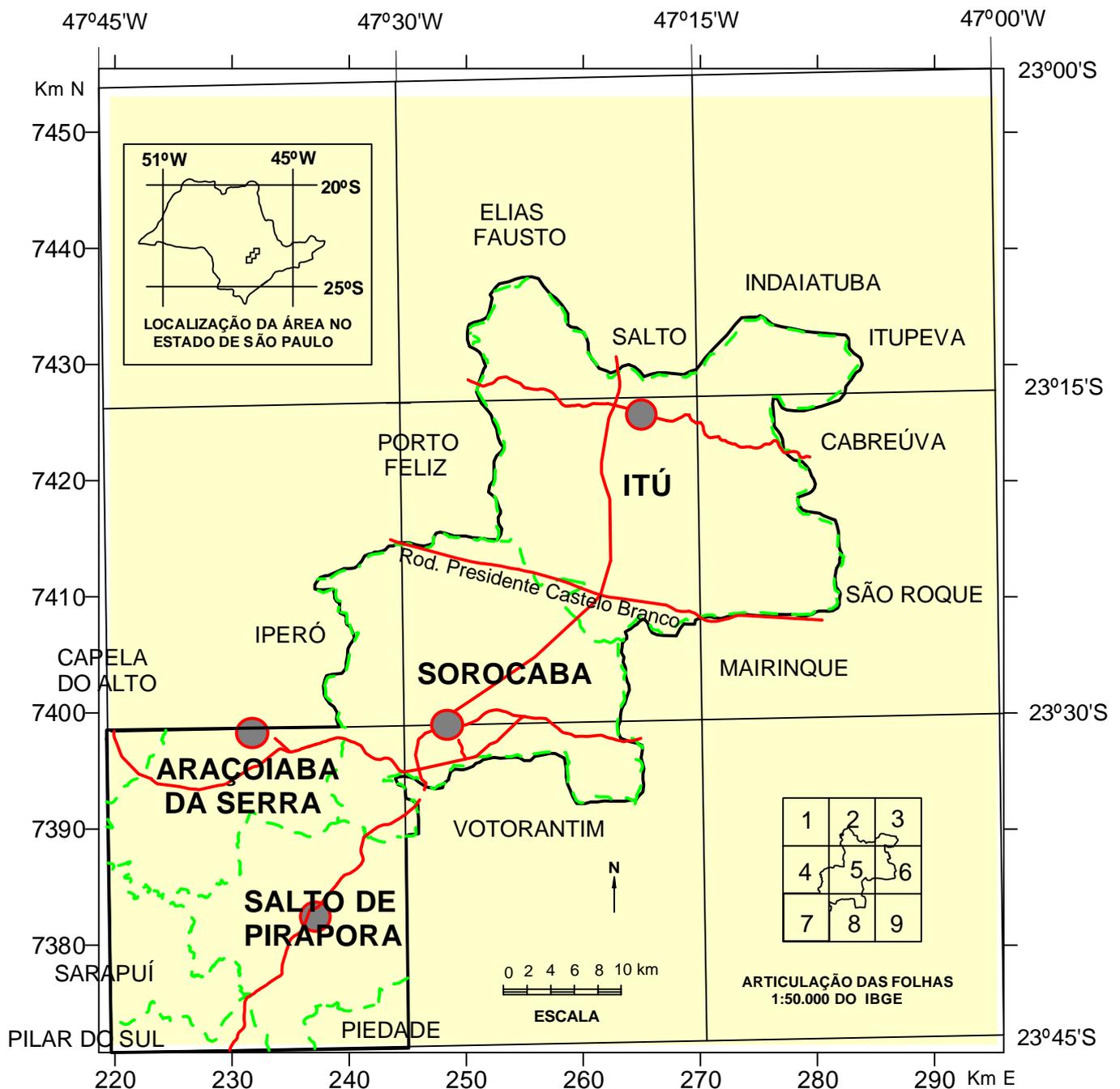
O Sistema Aquífero Cristalino, como um todo, apresentou-se como a unidade aquífera mais produtiva da área estudada, em razão de seus poços apresentarem capacidade específica média cerca de três vezes superior a dos poços do Sistema Aquífero Tubarão, e uma vez e meia superior a dos poços mistos. Na compartimentação da área em zonas de produtividade similar foi possível obter um melhor entendimento e visualização das diferentes condições de ocorrência das águas subterrâneas e da distribuição da produtividade dos poços de cada zona. Neste zoneamento o Sistema Aquífero Cristalino apresentou um desempenho maior que o Tubarão, pois, nas quatro primeiras zonas os poços são alimentados total ou parcialmente pelo Cristalino, e no Tubarão a melhor zona de produtividade cujos poços são alimentados exclusivamente por este sistema, aparece em quinto lugar.

O Mapa de Zonas de Produtividade Similar, quando analisado em conjunto com outros produtos básicos e necessários à ocupação territorial, constitui um documento útil na solução de problemas relacionados ao meio físico-geológico, dentre os quais, citam-se os problemas de seleção de áreas para disposição de resíduos, implantação de áreas industriais, problemas de contaminação de aquíferos, delimitação de áreas de proteção e principalmente, para auxiliar a locação de novos poços de abastecimento.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) 1982. Estudo de águas subterrâneas. Região Administrativa 4. Sorocaba, São Paulo. DAEE. 2v.
- FERNANDES DA SILVA, P.C. 1997. Ambientes de Sedimentação e Tectônica do Grupo São Roque na Região entre Pilar do Sul e Votorantim, SP. São Paulo, 127p. (Dissertação de Mestrado, IG/USP).
- GODOY, A.M. 1989. *Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco, SP*. São Paulo, 220p. (Tese de Doutorado, IG-USP).
- HACKSPACHER, P.C.; GODOY, A.M.; OLIVEIRA, M.A.F. 1993. Evolução crustal do Bloco São Roque na região sudeste do Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*, **23**(3):260-264.
- HASSUDA, S.; HIRATA, R.C.A.; IRITANI, M.A.; ODA, G.H.; YOSHINAGA, S. 1992. *Levantamento hidrogeológico: metodologia aplicada pelo Instituto Geológico*. In: Cong. Hidrogeológico Latinoamericano, 1, Mérida, Venezuela. Compendio de Ponencias... Merida, Venezuela, ALHSUD.

- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990a. Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos: ocorrência e exploração. Folha de Salto de Pirapora SP. Escala 1:50.000. São Paulo. IG/SMA, 96p. (Relatório Técnico).
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990b. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Sorocaba (SP). São Paulo. IG/SMA. 2v. (Relatório Técnico).
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990c. Mapeamento geológico da Folha de Salto de Pirapora (SP), escala 1:50.000. São Paulo. v.1, 76p. IG/SMA. (Relatório Técnico).
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1991. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP). São Paulo. IG/SMA, 3v. (Relatório Técnico).
- JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; SCHORCHER, H.D. 1986. Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na região de São Roque, SP, *In: Congr. Bras. Geol.*, 34, Goiânia, SBG, 1986. Anais...Goiânia, SBG, Vol. 2, pp.730-749.
- MARINI, O.J.; TREIN, E.; FUCK, R.A. 1967. O Grupo Açungüi no Estado do Paraná. Bol. Paran. Geoc. Curitiba, (23/25) p.43-103.
- MASSOLI, M. 1991. *Relação entre o Embasamento Cristalino e os Sedimentos Basais do Subgrupo Itararé na Região de Sorocaba - Salto de Pirapora, SP*. São Paulo, 94p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- ODA, G.H. 1998. Contribuição à Hidrogeologia da Região entre Salto de Pirapora e Itu (SP): Análise da Produtividade, Ocorrência e Circulação das Águas Subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Tubarão e Cristalino. São Paulo, 100p. (Dissertação de Mestrado, IG/USP).
- ODA, G. H.; MENDES, J. M. B. 1998. Aspectos Geométricos, Litológicos e Produtivos dos Sistemas Aquíferos Tubarão e Cristalino entre as cidades de Itu e Salto de Pirapora, Estado de São Paulo, Brasil. *Memorias do 4º Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea, Montevideo, Uruguay, Volumen 2*, pp.569-594.
- PETRI, S. 1964. Grupo Tubarão. Bol. Inst. Geogr. Geol., São Paulo, **41**:56-63.



1. PORTO FELIZ
2. SALTO
3. INDAIATUBA

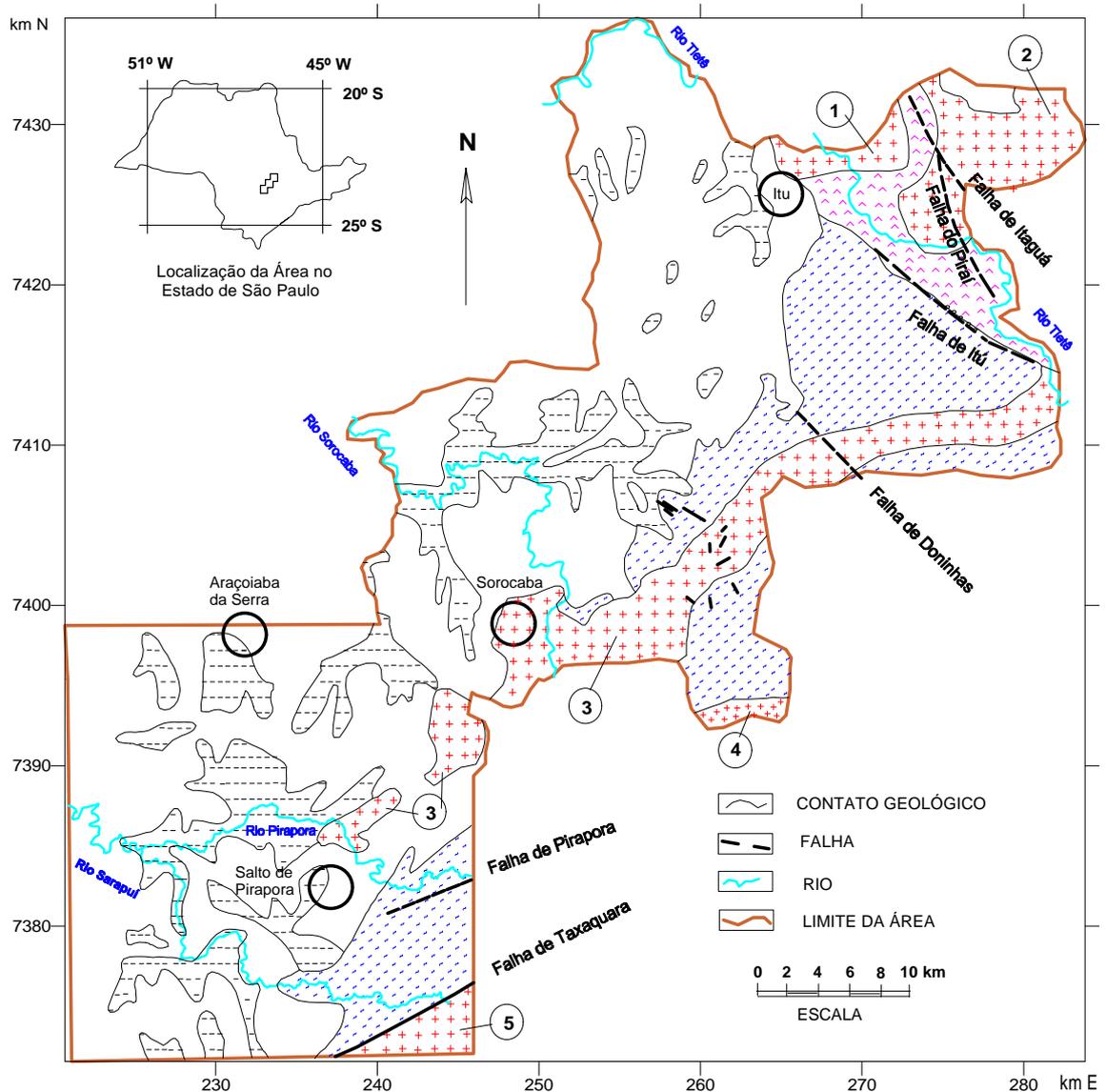
4. BOITUVA
5. ITÚ
6. CABREÚVA

8. SOROCABA
9. SÃO ROQUE
7. SALTO DE PIRAPORA

Cidade   
  Limite da Área   
  Limite de Município   
  Rodovias

Área Estudada = 1.770 km<sup>2</sup>

**Figura 1. Mapa de localização da área**



Fontes: IG/SMA, 1990b, c; 1991;  
 MASSOLI, 1991;  
 FERNANDES DA SILVA, 1997.

Área Estudada = 1.770 km<sup>2</sup>

**SUBGRUPO ITARARÉ**

- Arenitos
- Lamitos, ritmitos, siltitos, argilitos, etc

**EMBASAMENTO CRISTALINO**

- +++ Maciços granitoides
- 1. Itu; 2. Salto; 3. Sorocaba;  
4. São Francisco; 5. Piedade

**GRUPO SÃO ROQUE**

- /// Metassedimentos
- Metarenitos, metarritmitos, metasiltilitos, metargilitos etc.

**COMPLEXO ITAPIRA**

- ^^^ Gnáisses, e subordinadamente quartzitos, etc.

**Figura 2. Mapa geológico simplificado**

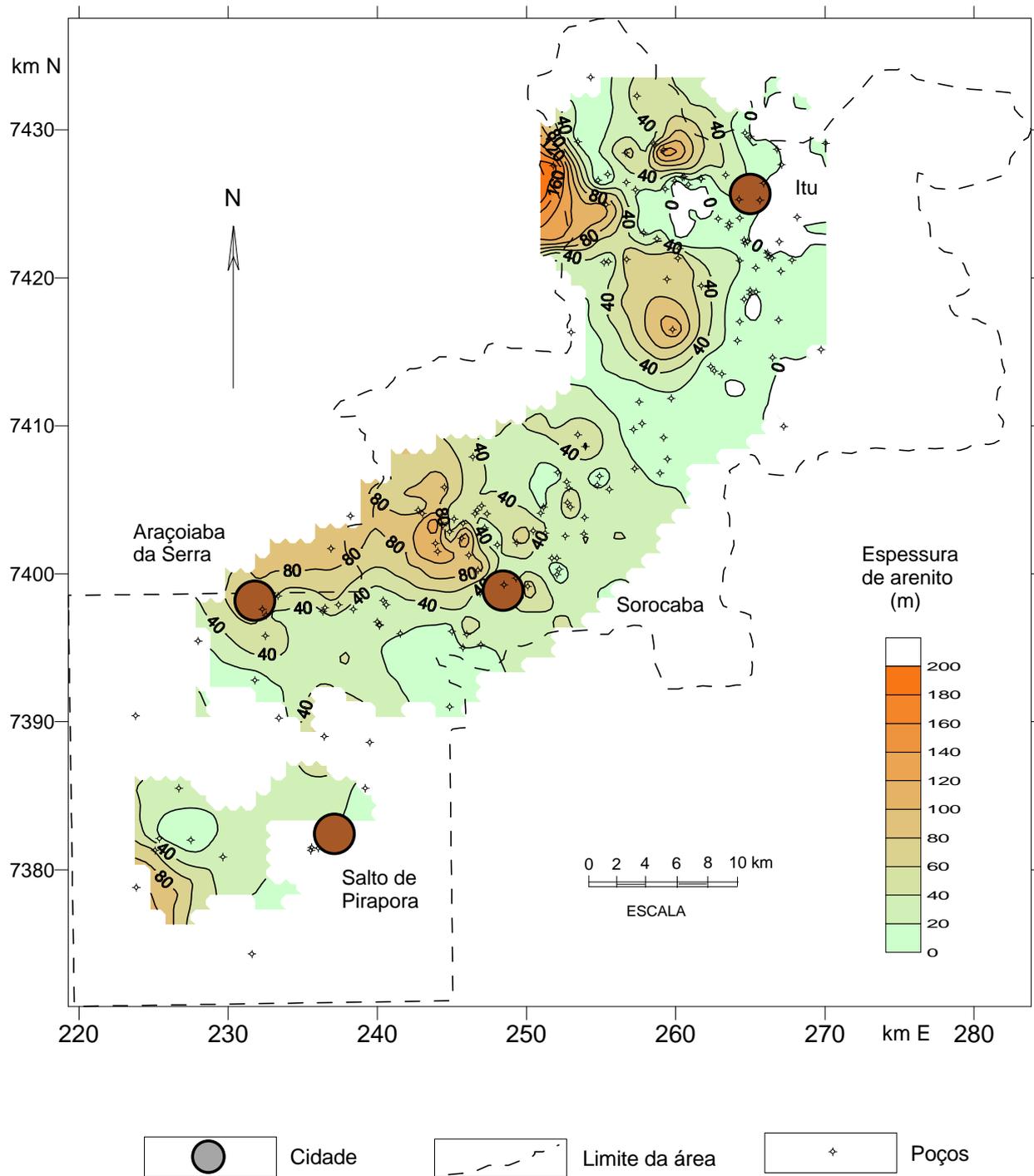


Figura 3. Mapa de isoespesura de arenito da seção geológica dos poços

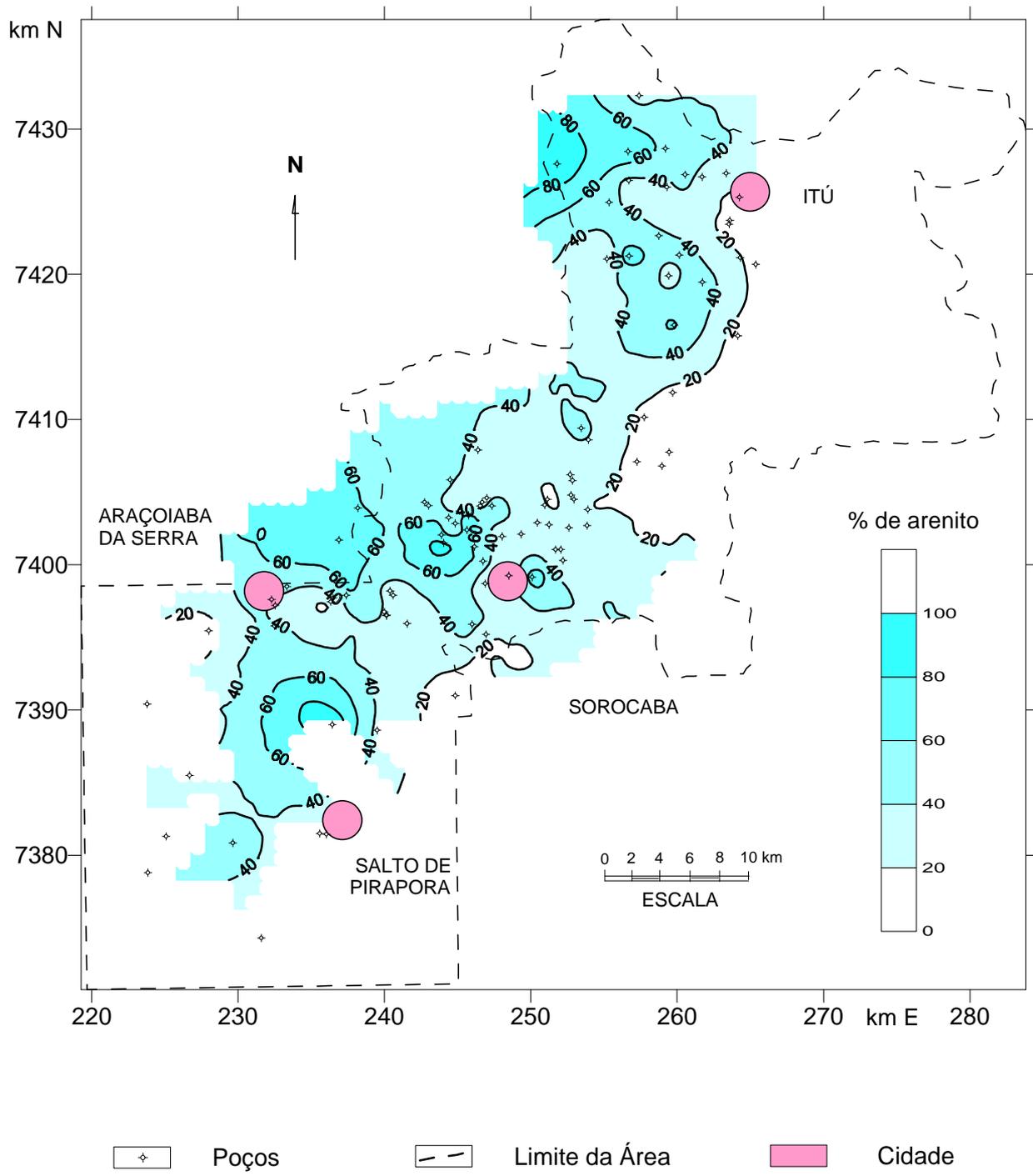


Figura 4. Mapa de isoporcentagem de arenito da seção geológica dos poços

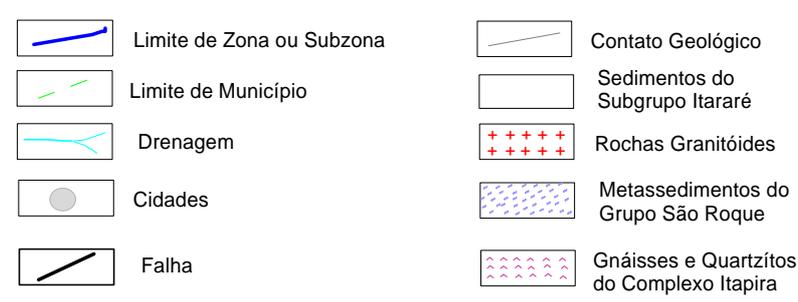
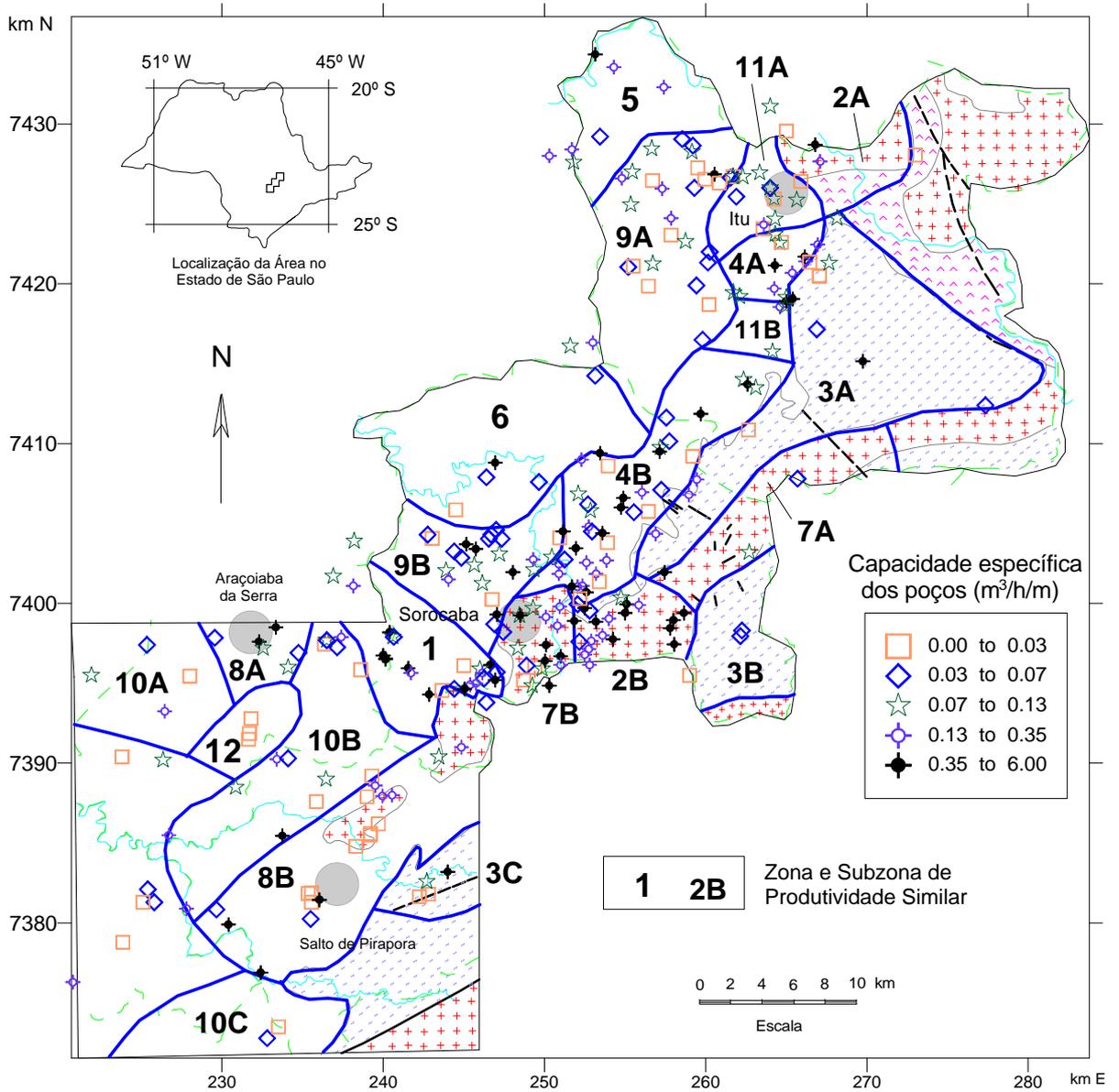


Figura 5. Mapa de zonas de produtividade similar