

A PRODUTIVIDADE DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NO MUNICÍPIO DE SOROCABA EM FUNÇÃO DO AQUÍFERO CAPTADO

Vinícius Rosa Rodrigues & Antonio Celso de Oliveira Braga

Resumo - Sorocaba é um município em franco desenvolvimento, que vem intensificando o uso de recursos hídricos subterrâneos para o atendimento de sua demanda, fazendo-se necessários, nesse sentido, estudos que auxiliem na gestão desses recursos. Na presente pesquisa, buscou-se analisar a produtividade dos poços que captam água dos Aquíferos Tubarão, Cristalino e de ambos, baseando-se em dados obtidos por meio do cadastramento de poços tubulares profundos e do conhecimento da geologia local. Obteve-se melhor média de vazão para os poços que captam água do Aquífero Cristalino, por sua vez, analisando-se a vazão específica, a melhor média foi para os poços que captam água do Aquífero Tubarão, sugerindo a ele, maior capacidade de recarga. Fez-se, também, análise comparativa da produtividade dos poços locados sem e com critérios geológicos apropriados, deixando-se evidente a importância de seu uso para otimização das vazões.

Abstract - The municipality of Sorocaba is in the clear process of development and intensifying the use of groundwater resources in order to meet the population's demands. This increases the importance of studies which can be applied to the management of this resource. In this study, was analyzed the productivity of wells form Tubarão and/or Cristalino Aquifer. This was based in information of data wells and the knowing of local geology.

Palavras-Chave - Vazão, Aquífero Tubarão, Aquífero Cristalino.

INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos hídricos subterrâneos apresenta muitas vantagens, em relação aos mananciais de superfície. Na maioria dos casos, especialmente nas pequenas e médias cidades, o abastecimento é facilmente atendido por poços tubulares profundos ou outras obras de captação, cujos prazos de execução são mais curtos e de menor custo, o que possibilita a maior flexibilidade nos investimentos. Além disso, como os mananciais subterrâneos são naturalmente mais bem protegidos dos agentes poluidores do que as águas superficiais, a água captada quase sempre dispensa tratamento.

Na presente pesquisa buscou-se analisar a produção dos poços tubulares em função do aquífero explorado e do uso ou não de critérios geológicos apropriados para sua locação, como auxílio ao órgão gestor, empresas de perfuração e futuros usuários de recursos hídricos subterrâneos nas suas tomadas de decisões.

METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

A pesquisa realizou-se com o emprego de métodos quantitativos e qualitativos, seguindo-se os seguintes procedimentos: pesquisa bibliográfica, coleta e tratamento de dados de poços tubulares profundos, integração e análise dos dados e a elaboração dos produtos.

Pesquisa e Compilação Bibliográfica

Na etapa inicial do estudo, procedeu-se ao levantamento da bibliografia relativa ao estágio atual de conhecimento da geologia, geomorfologia e hidrogeologia da região de Sorocaba. Adquiriram-se mapas planialtimétricos, geológicos e hidrogeológicos existentes, em diversas escalas, a fim de se fazer a integração para o estudo regional e local.

Tratando-se da geologia, são vários os autores que contribuíram para o melhor entendimento da área. Em escala regional, percorrendo sobre as rochas cristalinas, destacam-se: Hasui et al. (1978); Coutinho (1980); Santoro (1984); Batista et al. (1986); Tassinari (1988); Godoy (1989); Campos Neto et al. (1990); IG/SMA (1991) e Hackspacher et al. (1993).

Com relação às rochas sedimentares da Bacia do Paraná, mais especificamente, as rochas do Grupo Tubarão – Subgrupo Itararé, dá-se destaque aos seguintes autores: Rocha Campos (1967); Landim (1973); Saad (1977); Soares et al. (1977); Fulfaro et al. (1980); Cotas et al. (1981); Gama Jr. et al. (1982); Perinotto (1987); Stevaux et al. (1987) e IG/SMA (1990b). No presente trabalho, adota-se a designação Subgrupo Itararé, de acordo com Stevaux et al. (1987), que reconheceram quatro associações faciológicas representativas dos seguintes ambientes: marinho de águas rasas, de leques deposicionais, pró-deltáico a frente deltáica e de planície deltáica.

Tratando-se da hidrogeologia e mais especificamente dos aquíferos Cristalino e Itararé, enumeram-se os seguintes autores: Lopes (1984), Stevaux et al. (1987), Caicedo (1993), Rebouças (1996), Feitosa (1997), Baggio (1998) e Oda (1998).

Cadastro de Poços Tubulares Profundos

Posteriormente à pesquisa bibliográfica, efetuou-se a coleta de dados cadastrais de poços tubulares profundos, nas empresas de perfuração, Departamento de Águas e Energia Elétrica -

DAEE e SAEE, com posterior verificação, no campo. Locaram-se, devidamente, os poços em folha topográfica com escala 1:50.000, possibilitando a correlação de dados entre os diferentes poços.

Essa etapa possibilitou a análise da produção dos poços nos Aquíferos Cristalino e Tubarão e, também, dos poços que captam água de ambos os aquíferos. Analisaram-se outros parâmetros hidráulicos, tais como: o nível dinâmico, podendo determinar o rebaixamento e, conseqüentemente, a vazão específica – parâmetro que melhor expressa a eficiência do poço tubular profundo.

Tratamento e Interpretação dos Dados

Na etapa de tratamento dos dados, utilizaram-se as seguintes fontes de informação: mapa geológico compilado, mapa de localização dos poços, cadastro de poço e dados provenientes de trabalhos anteriores. A partir do cadastro geral de dados de poços, foram gerados novos arquivos menores, contendo dados selecionados, que foram exportados para outros aplicativos, para a geração de produtos específicos, como figuras, tabelas, gráficos e mapas de isovalores etc. Para tanto, utilizou-se recurso computacional, com programas como AUTOCAD, EXCEL, STATISTICA e SURFER.

Primeiramente, trabalhou-se com as informações contidas nos relatórios técnicos dos poços tubulares profundos, cedidos pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Atentou-se à posição geográfica dos poços, vazão, ao nível estático e nível dinâmico e ao perfil litológico.

Com auxílio dos softwares supracitados, montaram-se planilhas com os dados obtidos e confeccionaram-se – entre outros – o mapa de localização dos poços e o mapa de distribuição da vazão específica, seguindo-se um tratamento estatístico, relacionando o aquífero explorado e seus parâmetros hidráulicos (vazão e vazão específica).

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Sorocaba localiza-se no sudeste do Estado de São Paulo (**Figura 1**), a 92 km da capital. Com posicionamento privilegiado no Estado, de fácil acesso por vias aéreas ou terrestres, possui importantes eixos viários, como a Rodovia Raposo Tavares e Castelo Branco, que permitem acesso às Rodovias Anhangüera e Bandeirantes. É servida, também, pela Ferrobán (Ferrovia dos Bandeirantes) que dá acesso ao porto de Santos e à capital, e fica a 80 km do Aeroporto de Viracopos.

Sorocaba é sede da região administrativa de maior extensão territorial, no Sudeste do Estado, e rota de passagem para todo o oeste paulista e para os Estados do sul e centro-oeste do País.

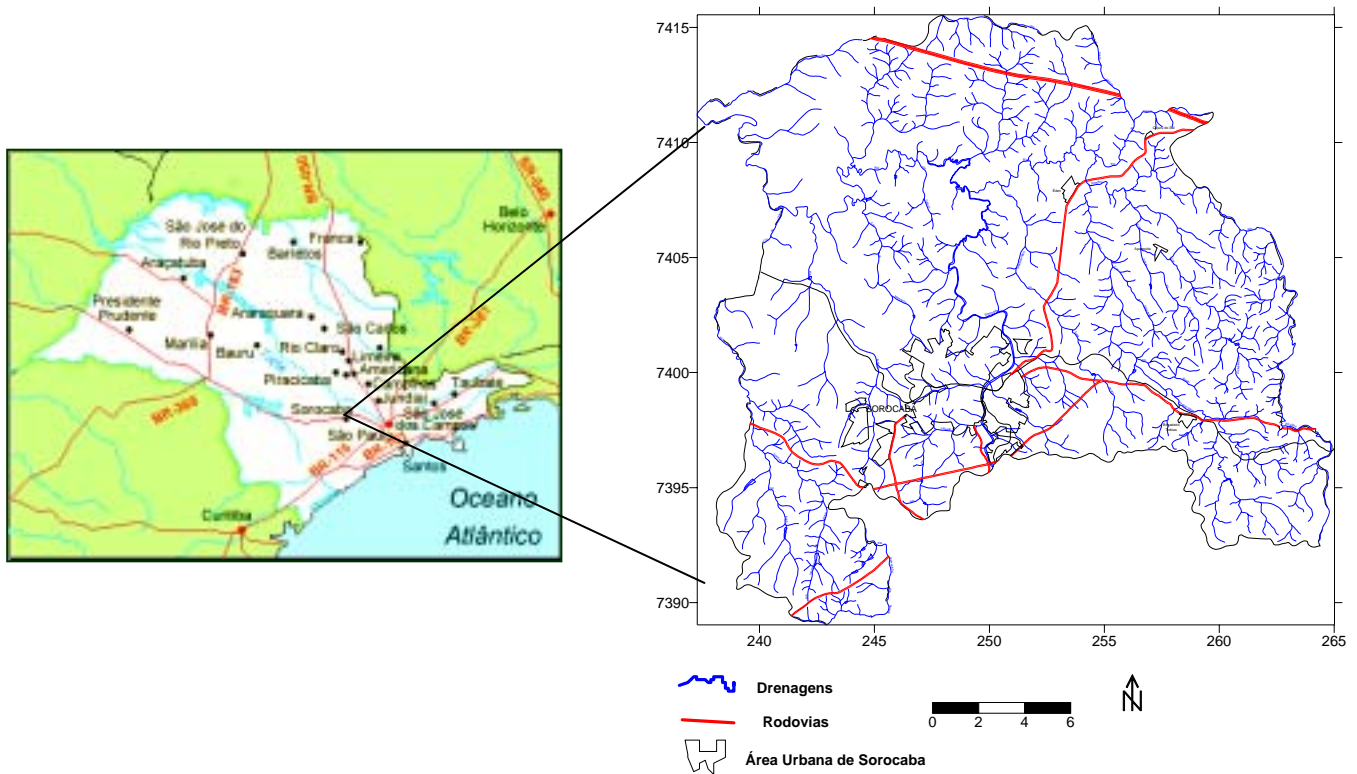


Figura 1 – Localização da Área de Estudo

GEOLOGIA

Neste item, faz-se uma descrição da geologia regional, de forma simplificada, mostrando a evolução do conhecimento, a partir do ponto de vista de variados autores. Em seguida, focaliza-se o contexto geológico do município de Sorocaba.

Contexto Geológico Regional

A região engloba desde rochas cristalinas, ígneas e metamórficas, do embasamento pré-cambriano constituinte da Plataforma Sul-Americana, até rochas sedimentares das seqüências paleozóica e mesozóica da Bacia Sedimentar do Paraná, além de rochas básicas intrusivas e extrusivas, e sedimentos cenozóicos.

O embasamento cristalino é constituído por rochas gnáissico-migmatíticas intercaladas às rochas metavulcânicas básicas, a norte da Zona de Cisalhamento Itu-Jundiuvira. Foram designadas de Complexo Itapira, por Batista et al. (1986); Hackspacher et al. (1993) e IG/SMA (1991). Hasui et al. (1978) e Santoro (1984) designaram essa unidade de Grupo Amparo.

Fazem parte, também, do embasamento, os metassedimentos com intercalação subordinada de rochas metabásicas, passando a rochas gnáissico-migmatíticas, que ocorrem a sul da Zona de Cisalhamento de Taxaquara. Foram designados de Grupo Açungui por Hasui (1973) e Campos Neto

et al. (1990); Complexo pré-Açungui, por Stein (1984), ou ainda, de Pilar do Sul e Embu, por Hasui & Sadowski (1976).

Outros constituintes do embasamento cristalino são os metassedimentos diversos, predominantemente de baixo grau metamórfico, entre as Zonas de Cisalhamento Itu-Jundiuvira e Taxaquara, designados de Grupo São Roque, por diversos autores (Hasui, 1969; Hasui, 1973; Coutinho, 1980; Bergmamm, 1988; IG/SMA, 1990; IG/SMA, 1991; Hackspacher et al, 1993 e Fernandes da Silva, 1997). O Grupo Serra de Itaberaba foi reconhecido, na região, como basal em relação ao Grupo São Roque, por Juliani et al (1986) e Hackspacher et al. (1992), compreendendo um conjunto de rochas metavulcano-sedimentares em fácies anfíbolito.

Coutinho (1972) propôs a reunião das rochas de idade pré-cambriana superior numa mesma unidade, argumentando a continuidade geográfica existente entre os grupos São Roque e Açungui. Tal proposição foi reforçada por Hasui (1973), ao estudar a geologia das folhas São Roque e Pilar do Sul. Posteriormente, Hasui (1975a, b) reviu a conclusão anterior, reconhecendo a disposição das unidades em blocos justapostos e diferentes histórias deformacionais, reconsiderando o Grupo São Roque como parte distinta.

A partir da segunda metade da década de 80, trabalhos de mapeamento sistemático, conduzidos pelas equipes de IGCE/UNESP-Rio Claro, IG/USP, IG-UNICAMP, Instituto Geológico/SMA e IPT, permitiram o maior detalhamento do Grupo São Roque, na porção sudeste do Estado de São Paulo. Dentro do contexto regional, os trabalhos de Tassinari et al (1985) e Tassinari (1988) proporcionaram uma série de informações geocronológicas relativas à sedimentação, vulcanismo e plutonismo, no Bloco São Roque. Os anfíbolitos da Serra de Itaberaba apresentaram idades K/Ar de 1.52 Ga, para cristalização e metamorfismo, e de 0.53 Ga, para o resfriamento regional. Rochas metabásicas da região de Pirapora do Bom Jesus apresentaram idades K/Ar entre 1.65 e 1.05 Ga. Os metaconglomerados próximos ao Pico do Jaraguá forneceram idades Rb/Sr de 1.2 Ga, para o metamorfismo Brasileiro que afetou todo o Grupo São Roque.

Godoy (1989) efetuou estudos em dois complexos granitóides do tipo rapakivi, denominados São Francisco e Sorocaba, ambos intrusivos nos metamorfitos do Grupo São Roque. O granito São Francisco estaria vinculado às falhas transcorrentes de Taxaquara e de Pirapora, que determinariam parte de seus contatos. Sua disposição geral segue os eixos das estruturas sinformais e antiformais ligados à fase de dobramento D3. O granito Sorocaba teria sua colocação controlada pela continuidade de falha transcorrente de Jundiuvira e apresentaria alojamento tardi a pós-D3.

Na Bacia do Paraná, destacam-se as rochas sedimentares do Grupo Tubarão, corpos de diabásio e corpos restritos de provável filiação alcalina (ODA, 1998).

O Grupo Tubarão é composto de rochas de idade Permo-Carbonífera, da Bacia do Paraná, limitado na base pelo embasamento cristalino e no topo por rochas do Grupo Passa Dois. É

subdividido em uma unidade inferior, portadora de diamictitos e rochas associadas, em grande parte, de origem glacial, representada pelo Subgrupo Itararé e pela Formação Aquidauana (porção norte da bacia), e outra sobrejacente desprovida de evidências glaciais (seqüência pós-glacial, representada pelas rochas da Formação Tatuí, no Estado de São Paulo (ROCHA CAMPOS, 1967; LANDIN, 1973).

Várias tentativas de subdivisão foram realizadas para a unidade Itararé, em diversas áreas, destacando-se os trabalhos de Andrade & Soares (1971), na Zona do Médio Tietê; Soares (1972); Landim (1973); Schneider et al. (1974); Saad (1977); Soares et al. (1977); DAEE/UNESP (1979) e Landim et al. (1980).

Fulfaro et al. (1980) e Gama Jr. et al. (1982) rebaixaram o Itararé à categoria de formação, considerando-o uma unidade estratigraficamente indivisível. No mapa geológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500.000, do IPT (1981), adotou-se a designação do Grupo Tubarão, subdividido nas formações Itararé, Aquidauana e Tatuí. Na década de 80, as tentativas de subdivisão estratigráfica tiveram prosseguimento, com Gama Jr. et al. (1980); Cottas et al. (1981); Caetano Chang (1984); Souza Filho (1986); Perinotto (1987); Santos (1987); França (1987); França & Potter (1988).

Stevaux et al. (1987) reconheceram quatro associações faciológicas representativas dos seguintes ambientes: marinho de águas rasas, de leques deposicionais, pró-deltáico a frente deltáica e de planície deltáica.

No mapeamento geológico do Município de Sorocaba (IG/SMA, 1990b), a unidade Itararé foi novamente subdividida em três unidades, com predominância dos seguintes termos litológicos: arenitos, lamitos e ritmitos. A primeira, de maior importância para as correlações hidrogeológicas, predomina sobre as demais unidades e ocorre em camadas métricas a submétricas, com intercalações de camadas decimétricas de lamitos e argilitos.

Geologia Local

No município de Sorocaba, predominam os sedimentos do Subgrupo Itararé, ocupando cerca de 70% da área. Observa-se, também, que, dentro do Subgrupo Itararé, predominam arenitos sobre as demais litologias. Estes são texturalmente imaturos, mal selecionados, com granulação predominantemente fina, podendo ser muito fina a grossa, com cores bege claro, rosadas, amareladas, esbranquiçadas e marrom avermelhadas. Ocorrem em camadas submétricas a métricas, com intercalações de camadas dessimétricas de lamitos, siltitos, argilitos e diamictitos. Os diamictitos apresentam clastos de diversas litologias, como granitos, gnaisses, migmatitos, quartzitos, além de outras rochas do embasamento.

Os afloramentos do Subgrupo Itararé estão relacionados aos setores do relevo representados pelas colinas médias e espigões aplainados, entre as cotas de 600 a 650 metros. Entende-se que,

quanto à ocupação urbana, essas são as áreas mais aconselháveis, desde que se evite a retirada do horizonte superficial do solo de alteração, o que em muitas áreas dá início aos processos erosivos que culminam na instalação de grandes voçorocas.

Ocupando as planícies aluviais (500 a 550 metros) aparecem os sedimentos coluvionares e aluvionares.

Nos morrotes e morrotes alongados (650 a 700 metros), instalam-se os metasedimentos do Grupo São Roque, no sudeste da área de estudo. Trata-se de metarenitos, quartzitos e filitos.

Nas escarpas rochosas (750 a 900 metros), encontram-se os Maciços Sorocaba e São Francisco. O Maciço Sorocaba vai desde o centro e sudeste do município até o extremo sudoeste. Caracterizado pelo biotita granito grosso porfirítico, com matriz de granulação média a fina, constituída de quartzo, plagioclásio e biotita. A rocha é desprovida de foliação, com estrutura maciça e homogênea e com coloração cinza médio.

O Maciço São Francisco limita-se ao extremo sudeste do município. Corresponde a um granitóide leucocrático, rosa salmão, acinzentado, com textura fanerítica inequigranular grossa, sendo comum a ocorrência de termos porfiríticos.

PRODUTIVIDADE DOS POÇOS TUBULARES

Produtividade dos Poços no Aquífero Cristalino

A produtividade de água nos aquíferos fissurais fica condicionada à interceptação de descontinuidades fraturadas, ao longo da perfuração. Na área estudada, a vazão média dos poços que captam água do Aquífero Cristalino foi de 12,63 m³/h, tendo-se um desvio-padrão de 9,9m³/h. O **Gráfico 1** mostra a frequência das vazões nos poços.

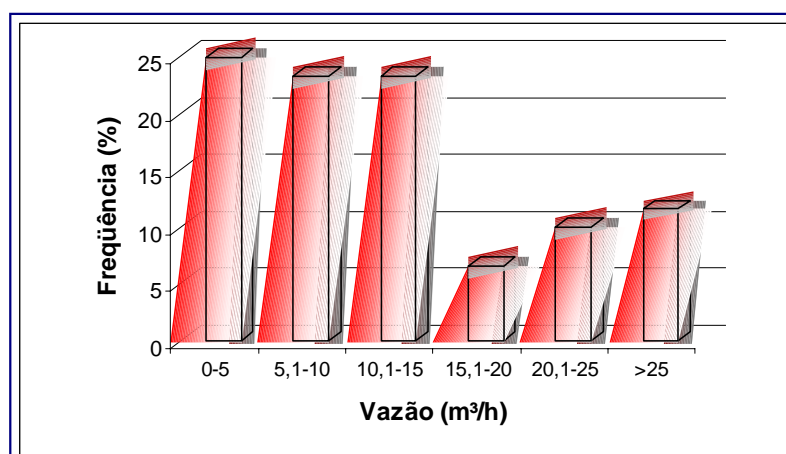


Gráfico 1 – Frequência das vazões nos poços que captam água do Aquífero Cristalino

Observa-se uma pequena predominância (25%) de poços com vazões até 5,0m³/h; em seguida aparecem os poços com vazões entre 5,1 e 10,0m³/h e os poços com vazões entre 10,1 e 15,0 m³/h com 23,3%; com 11,6% aparecem as vazões superiores a 25,0m³/h; os poços com vazões entre 20,1 e 25,0m³/h representam 10% do total, enquanto, com representatividade de 6,6%, encontram-se os poços com vazões entre 15,1 e 20,0m³/h.

Com relação à vazão específica (m³/h/m), obteve-se uma média de 0,99m³/h/m, com desvio padrão de 2,3m³/h/m. O **Gráfico 2** mostra a frequência da vazão específica, nos poços que captam água do Aquífero Cristalino.

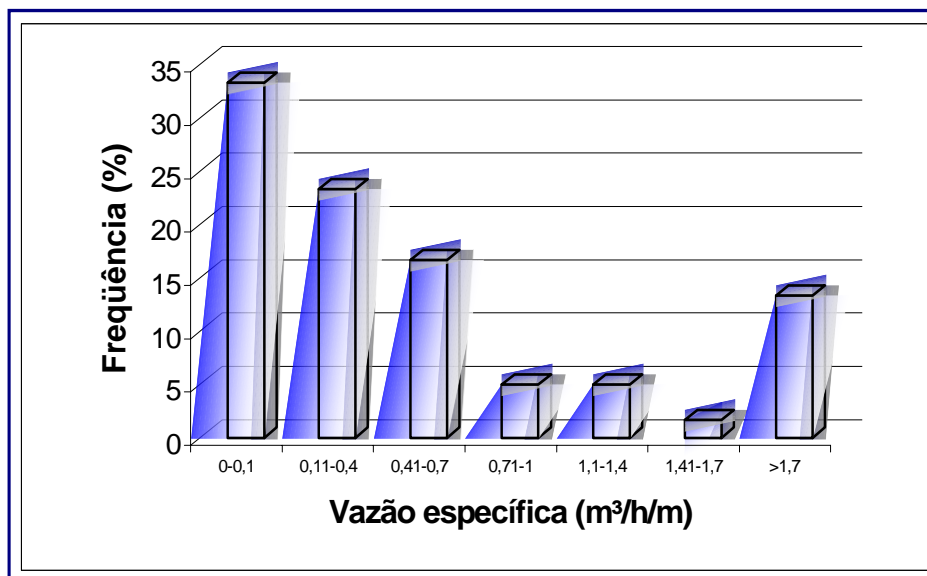


Gráfico 2-Frequência da vazão específica nos poços que captam água do Aquífero Cristalino

É possível verificar que a maioria dos poços apresenta vazão específica até 0,10m³/h/m, representando 33,3% dos poços. Com 23,3%, estão os poços que possuem vazão específica entre 0,11 e 0,40m³/h/m; com 16,6% aparecem as vazões específicas entre 0,41 e 0,70 m³/h/m; 13,33% dos poços têm vazão específica superior a 1,70 m³/h/m; vazões específicas entre 0,71 e 1,0 m³/h/m e variando de 1,1 a 1,40 m³/h/m representam 5% cada uma e, com apenas 1,66%, aparece a vazão específica entre 1,41 e 1,70 m³/h/m.

Analisando-se a distribuição das vazões específicas, nota-se que os poços 107, 102 e 55 se destacam. (**Gráfico 3**).

Relacionando a vazão específica com a profundidade dos poços tubulares que captam água do Aquífero Cristalino, percebe-se a maior concentração de vazões específicas expressivas nos poços com profundidades entre 100 e 150 metros, conforme o **Gráfico 4**. Observa-se que os três poços que se destacaram com melhores vazões específicas enquadram-se nesse intervalo de profundidade e, além disso, dois deles destinam-se ao abastecimento público, situação na qual os poços são locados utilizando-se critérios geológicos.

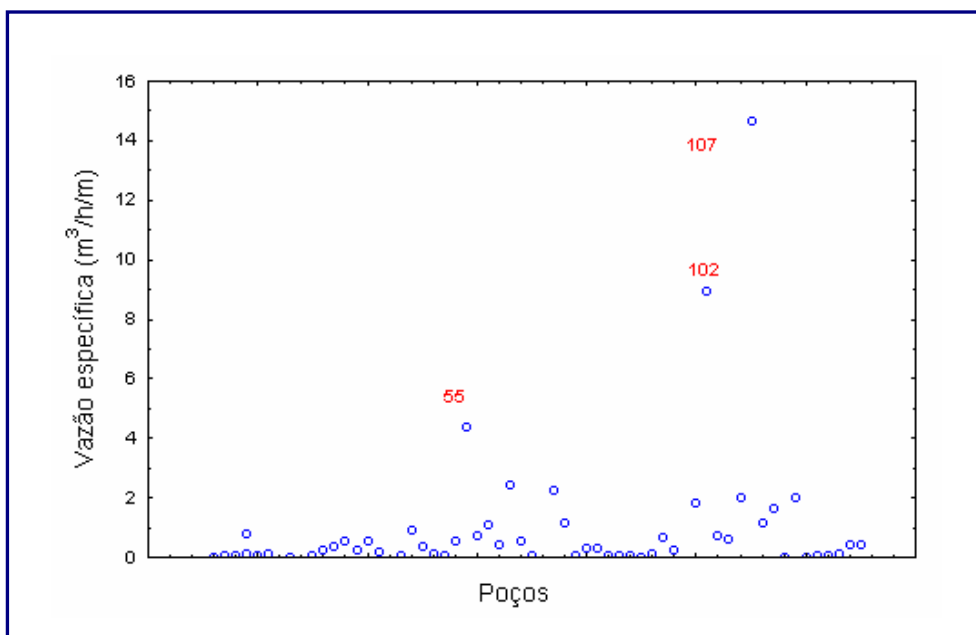


Gráfico 3- Distribuição da vazão específica nos poços que captam água do Aquífero Cristalino em função da profundidade

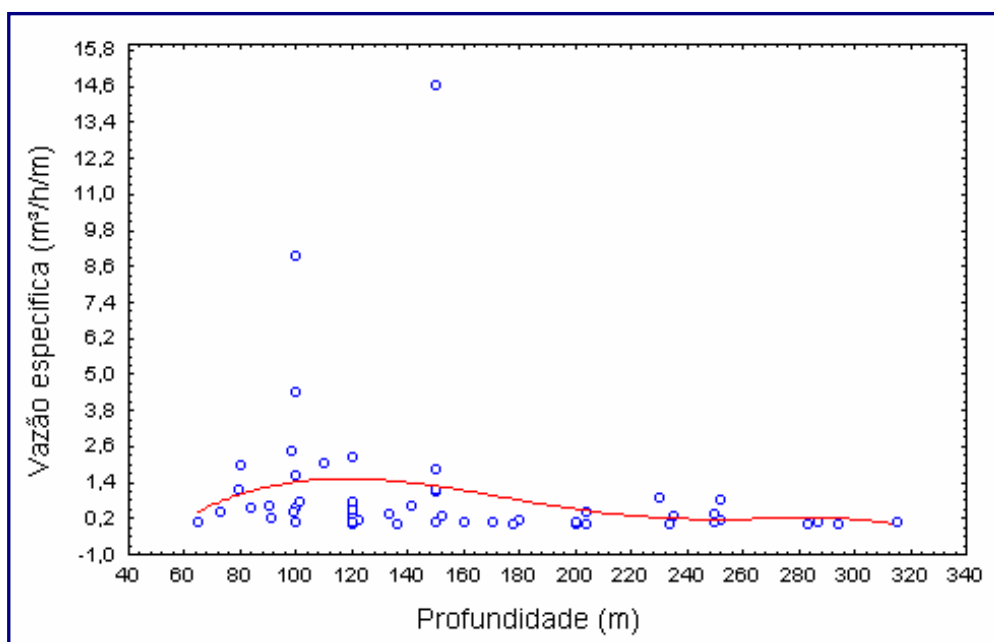


Gráfico 4 – Vazão Específica dos Poços que Captam Água do Aquífero Cristalino em Função da Profundidade

Produtividade dos poços no Aquífero Tubarão

No município de Sorocaba, cadastraram-se 25 poços que captam água exclusivamente do Aquífero Tubarão. Obteve-se vazão média de 11,5m³/h com desviopadrão de 6,0m³/h. A maioria dos poços (28%) mostrou-se com vazão inferior ou igual a 5,0 m³/h; poços com vazão entre 15,1 e

20m³/h tiverem representatividade de 24%; 20% dos poços apresentaram-se com vazões entre 5,1 e 10 m³/h e entre 10,1 e 15,0m³/h; 8% com vazão entre 20,1 e 25,0m³/h e nenhum poço cadastrado apresentou vazão superior a 25 m³/h.

O **Gráfico 5** mostra a frequência das vazões obtidas para os poços que captam água exclusivamente do Aquífero Tubarão.

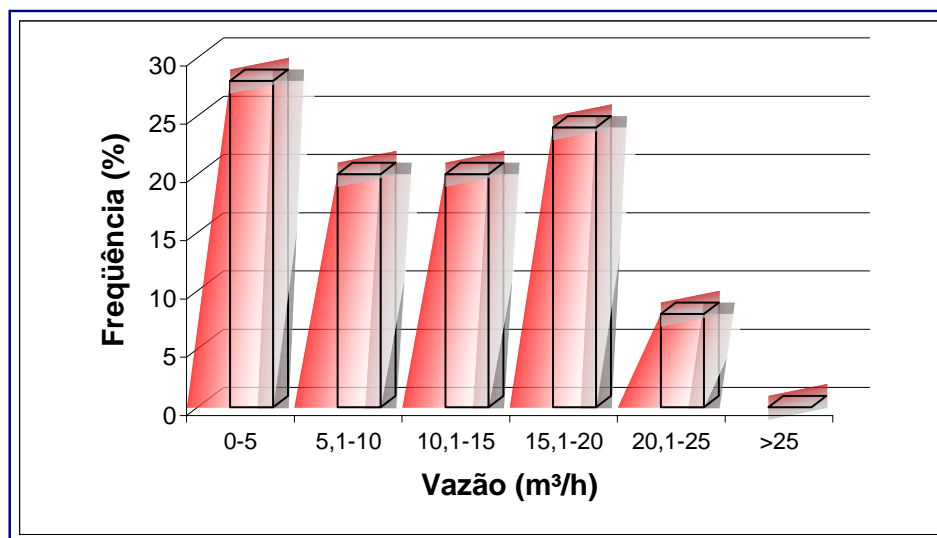


Gráfico 5 - Frequência das vazões nos poços que captam água do Aquífero Tubarão

Com relação à vazão específica, tem-se que 32% dos poços apresentam valores entre 0,11 e 0,40 m³/h/m; 28% têm valores entre 0 e 0,10 m³/h/m; 16% possuem valores superiores a 2,20m³/h/m; com representatividade de 12% aparecem os poços com vazão específica entre 0,41 e 0,70m³/h/m; com 8% e 4% aparecem os poços com vazão específica entre 1,41 e 1,90 m³/h/m e os poços com vazão específica entre 1,91 e 2,20 m³/h/m, respectivamente. (**Gráfico 6**)

A vazão específica média é de 1,20 m³/h/m, com desvio-padrão de 2,15 m³/h/m para os 25 poços cadastrados. Analisando-se o **Gráfico 7**, percebe-se que se destacam os poços 121, 68 e 103.

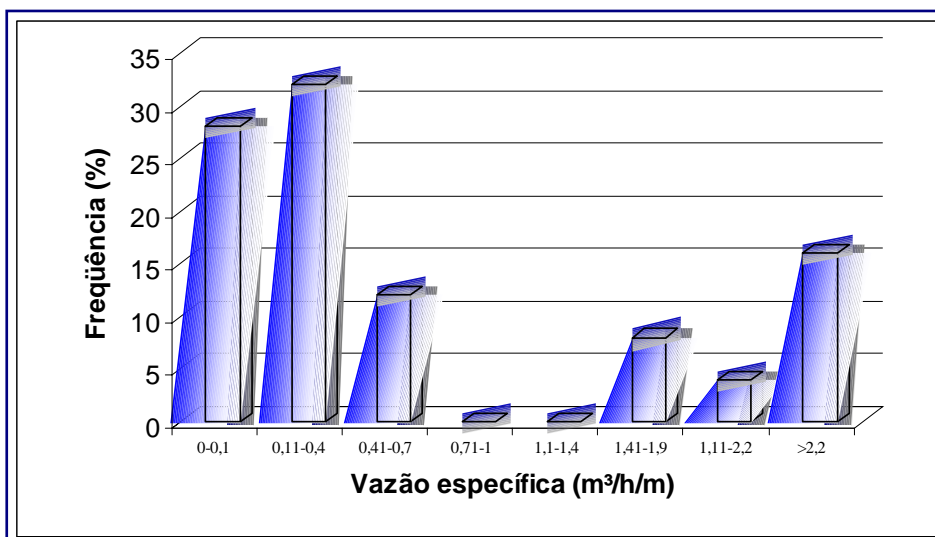


Gráfico 6- Histograma de Frequência da Vazão Específica nos Poços que Captam Água do Aquífero Tubarão

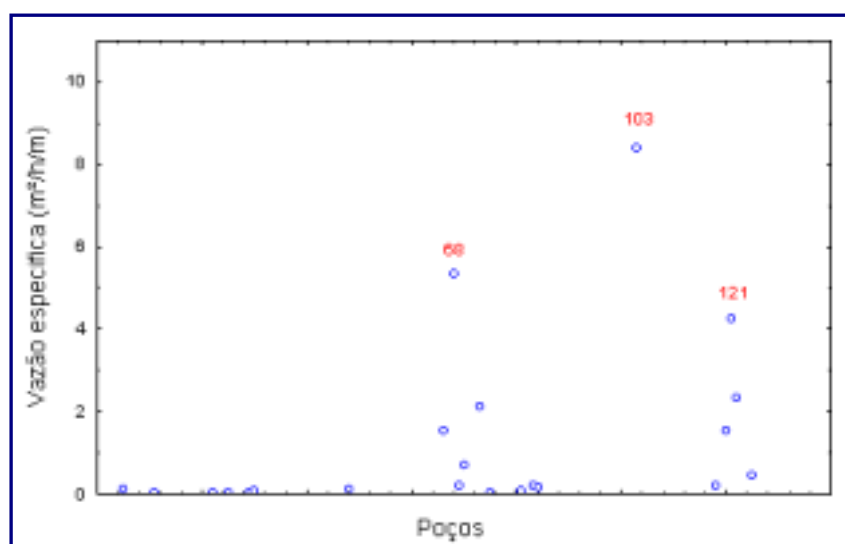


Gráfico 7 – Distribuição da vazão específica para os poços que captam água do Aquífero Tubarão

Produtividade dos Poços Mistos

Como visto anteriormente, os poços mistos são aqueles que captam água do Aquífero Tubarão e do Aquífero Cristalino. Nessas condições, cadastraram-se 44 poços, no município de Sorocaba.

A vazão média encontrada foi de 12,1 m³/h, com desvio-padrão de 9,4 m³/h. Predominam, com 27,27% dos poços, as vazões inferiores a 5m³/h; com 22,72% dos poços aparecem as vazões entre 5,1 e 10 m³/h; os poços com vazão entre 10,1 e 15,0 m³/h têm representatividade de 20,45%; com 13,63% estão os poços com vazão entre 15,1 e 20,0 m³/h/m; 6,81% dos poços apresentam vazão entre 20,1 e 25,0 m³/h e superiores a 30,0 m³/h e, 2,28% possuem vazão entre 25,1 e 30,0 m³/h. (Gráfico 8)

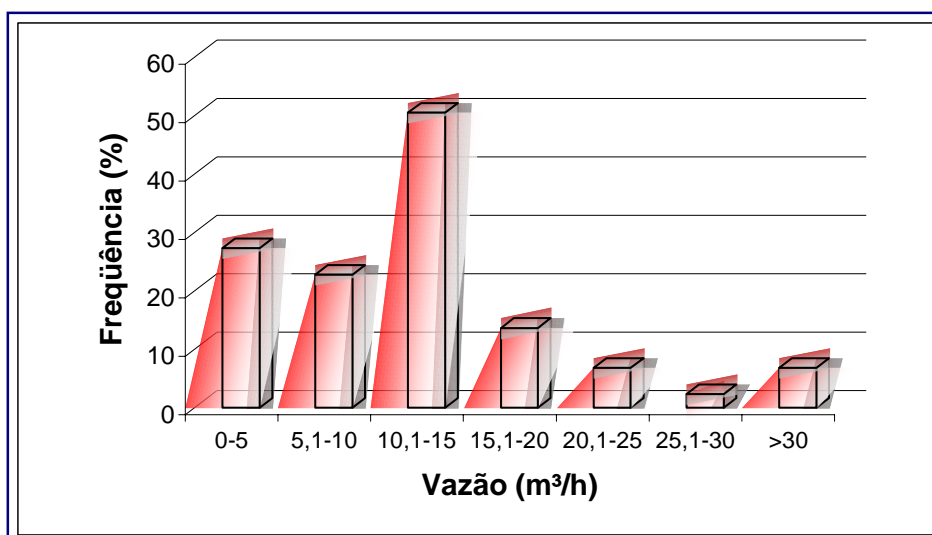


Gráfico 8 – Frequência da vazão nos poços mistos

Tratando-se da vazão específica, tem-se a média de 0,60 m³/h/m, com desvio-padrão de 1,0 m³/h/m para os 44 poços cadastrados.

A grande maioria dos poços (43,9%) mostra-se com vazão específica inferior ou igual a 0,1m³/h/m; 26,82% dos poços apresentam-se com vazão específica entre 0,11 e 0,40 m³/h/m; 9,75% superior a 2,20 m³/h/m; 7,31% entre 0,41 e 0,70 m³/h/m; 4,87% dos poços possuem vazão específica entre 0,71 e 1,0 m³/h/m e entre 1,1 e 1,40 m³/h/m e 2,43% entre 1,41 e 1,90m³/h/m.

(Gráfico 9)

O Gráfico 10 mostra a distribuição da vazão específica, com destaque ao poço número 24.

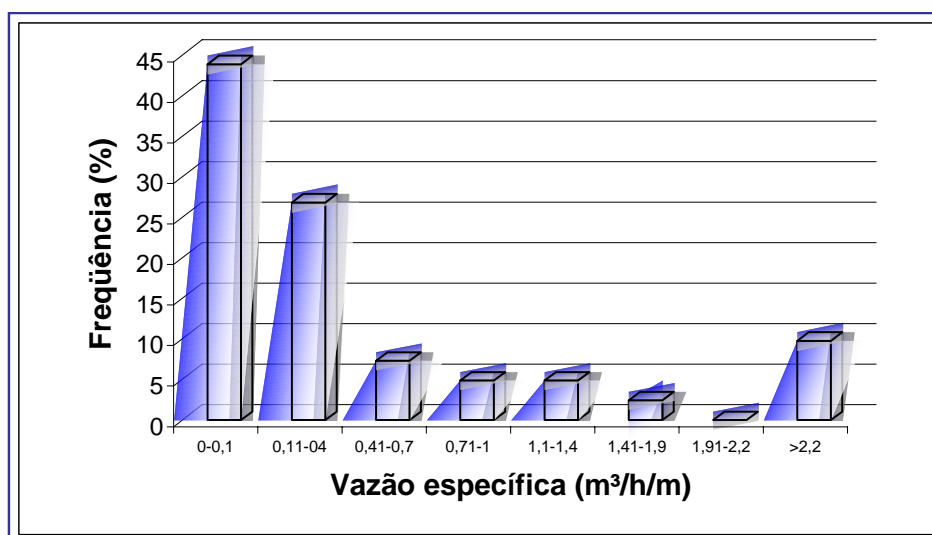


Gráfico 9 – Frequência da vazão específica nos poços mistos

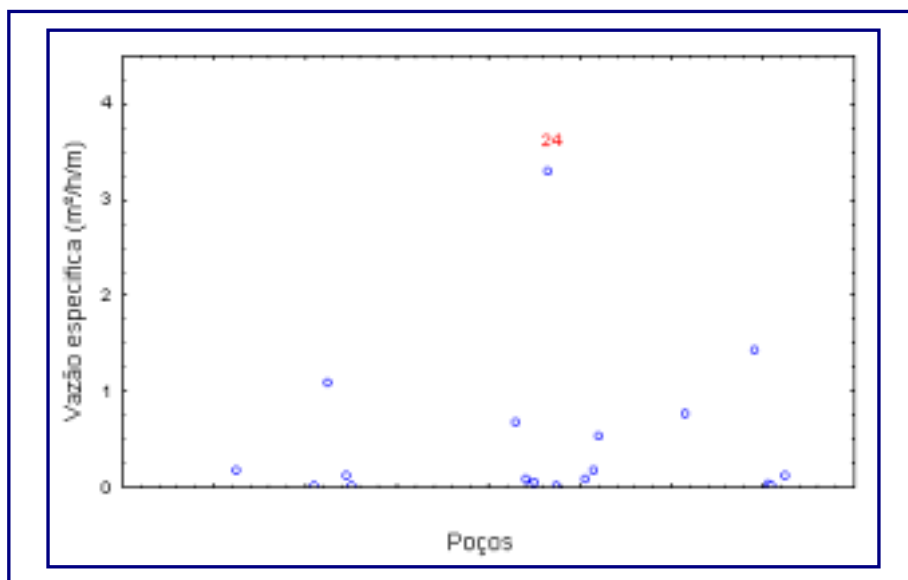


Gráfico 10– Distribuição da vazão específica nos poços mistos

Distribuição da Vazão Específica no Município de Sorocaba

Conforme visto anteriormente, a vazão específica constitui o melhor parâmetro para se analisar a eficiência de um poço tubular profundo, uma vez que relaciona a vazão com o rebaixamento. Pode-se dizer que o poço eficiente é aquele onde se consegue explorar uma boa vazão e se tem o menor rebaixamento possível.

Analisando-se a distribuição da vazão específica, no Município de Sorocaba (**Figura 3**), notam-se melhores valores de produtividade nos poços locados próximos aos lineamentos de drenagem, em comparação aos poços locados mais distantes desses. Para os poços que captam água do Aquífero Cristalino, as melhores produtividades estão associadas àqueles locados junto aos lineamentos de direção NW, não se podendo constatar o mesmo, no caso da captação do Aquífero Tubarão, onde não se constatou relação da produção dos poços com condicionantes estruturais.

Em relação ao Aquífero Tubarão, entende-se que a produção dos poços está relacionada à interceptação ou não de corpos arenosos, durante a perfuração. Dessa maneira, esperam-se melhores resultados produtivos quando, durante a perfuração, interceptam-se corpos arenosos em maiores quantidades e espessuras.

Observaram-se melhores valores produtivos nas seguintes áreas: NW, SW e S. Nota-se que o fluxo da água subterrânea, na área estudada, tende ao sul, propiciando melhores produções nas porções S e SW.

Com relação ao NW de Sorocaba, trata-se da área de recarga do aquífero, contribuindo para estabilizar o nível dinâmico mais próximo ao nível estático, conseqüentemente, aumentando a razão entre a vazão e o rebaixamento.

Para confecção da Figura 17, não se utilizaram os dados dos poços 52, 68 102, 103, 107, por julgá-los discrepantes, em relação aos dados amostrados.

o espaço disponível para a entrada da sonda, a montagem do canteiro de obras, a proximidade com reservatórios de água etc.

Na área de estudo, cadastraram-se seis poços destinados ao abastecimento público, que captam água do Aquífero Tubarão, nove que captam água do Aquífero Cristalino e oito que captam água dos dois aquíferos, totalizando 23 poços tubulares profundos.

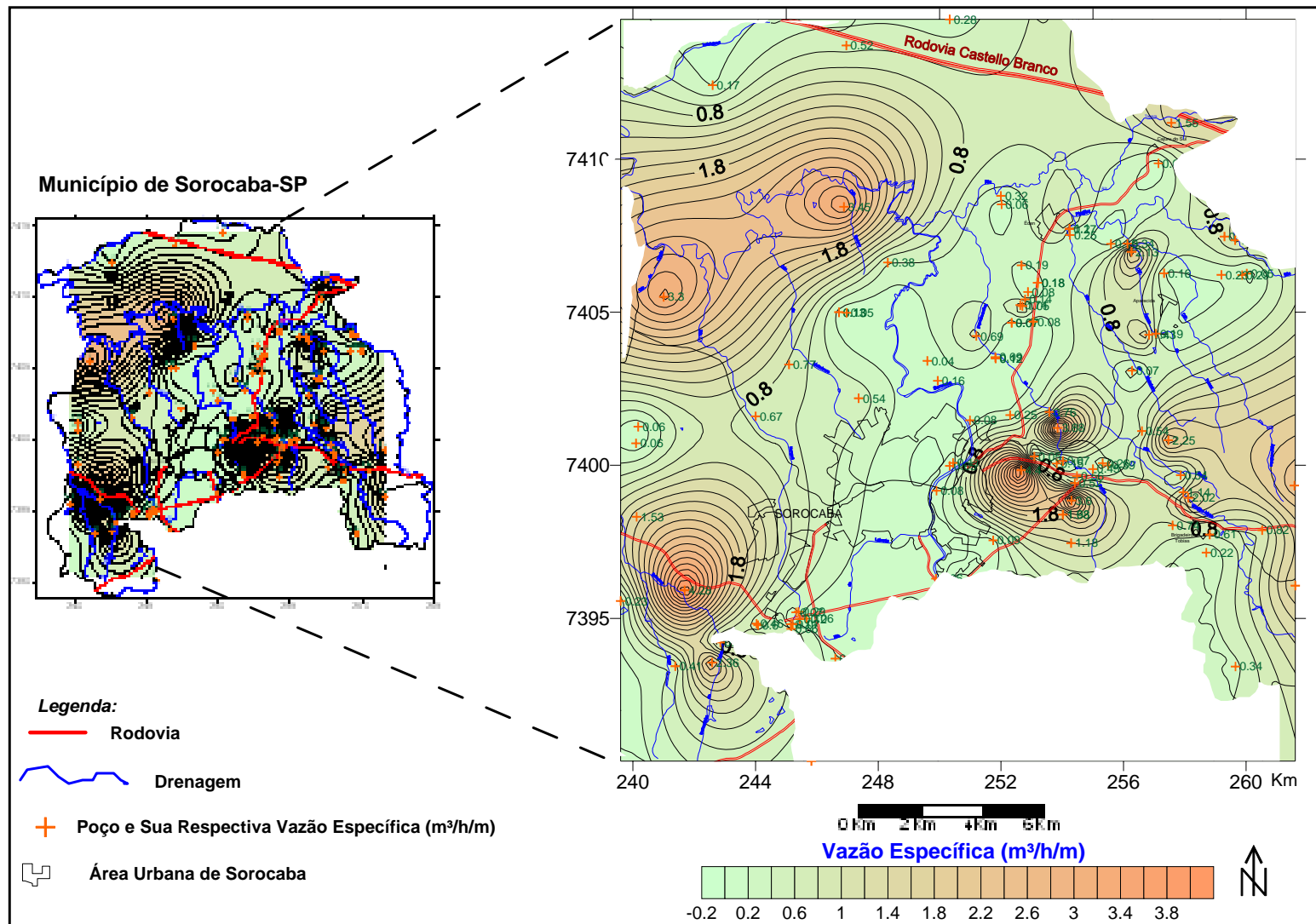


Figura 15- Distribuição da Vazão Específica no Município de Sorocaba

Análise Comparativa da Produtividade dos Poços Locados Com e Sem Critérios Geológicos Apropriados

Nessa análise, consideraram-se poços locados com critérios geológicos apropriados aqueles destinados ao abastecimento público, em que normalmente, devido ao amplo espaço físico disponível para o estudo, é possível o emprego de técnicas que auxiliam na locação dos poços, tais como: geofísica, por intermédio das técnicas do caminhamento elétrico e sondagem elétrica vertical; levantamento estrutural; fotointerpretação; análise geomorfológica, entre outras.

Por outro lado, consideraram-se poços locados sem critérios geológicos apropriados aqueles construídos em indústrias, residências, condomínios e em outros locais, onde o espaço físico existente não permite a utilização de técnicas para locação de poços tubulares profundos. Nesses casos, o principal condicionante para locação dos poços é o aspecto operacional, que leva em conta

Na tabela 1, faz-se a comparação dos dados obtidos para os poços locados com e sem critérios geológicos.

Tabela 1 - Produtividade e Profundidade dos Poços Locados Com e Sem Critérios Geológicos

<i>Aqüífero</i>	<i>Poços Locados com Critérios Geológicos</i>		<i>Poços Locados sem Critérios Geológicos</i>	
	<i>Vazão Específica Média (m³/h/m)</i>	<i>Profundidade Média (m)</i>	<i>Vazão Específica Média (m³/h/m)</i>	<i>Profundidade Média (m)</i>
<i>Tubarão</i>	2,86	126	0,65	154
<i>Misto</i>	1,82	158	0,28	159
<i>Cristalino</i>	2,94	131	0,59	147
Total	7,62	415	1,52	460

Analisando-se a tabela 1, torna-se clara a importância do uso de critérios geológicos para locação de poços tubulares profundos, dada a extrema diferença obtida, principalmente com relação à produtividade dos poços.

Com referência às profundidades, percebe-se que, nos três casos, os poços locados sem critérios geológicos obtiveram maiores valores, explicitando a situação de uma grande porcentagem de perfuração improdutiva, comparando-se com os casos de poços locados com critérios geológicos, conforme se vê na tabela 2.

Tabela 2 – Razão entre a Profundidade e a Vazão Específica

Aqüíferos	Profundidade/Vazão Específica (Sem Critérios Geológicos)	Profundidade/Vazão Específica (Com Critérios Geológicos)
Tubarão	236,92	44,05
Misto	567,85	86,81
Cristalino	249,15	44,55

Além dos critérios utilizados na locação dos poços, salienta-se também que, durante a perfuração visando ao abastecimento público, as etapas principais da sua construção são acompanhadas por um geólogo responsável pelo órgão público, além do responsável técnico pela companhia perfuradora, existindo dessa maneira, maior respaldo no sentido das normas técnicas e na tomada de decisões, quanto aos procedimentos a serem praticados.

Por outro lado, existem muitas companhias perfuradoras atuando com corpo técnico pouco qualificado ou ausente, com conseqüente prejuízo aos seus clientes e à formação aquífera. Justamente em virtude dessa deficiência, essas companhias não conseguem competir com empresas qualificadas, quando das licitações abertas pelos órgãos públicos.

CONCLUSÕES

Sorocaba é um município em franco desenvolvimento, que, a exemplo de outras cidades, vem intensificando o uso de águas subterrâneas, para atender à demanda dos mais variados segmentos. Nesse sentido, tornam-se importantes estudos que visam a subsidiar o órgão gestor, nas tomadas de decisões.

Com relação à produtividade dos poços cadastrados, observou-se melhor média de vazão para os poços que captam água do Aqüífero Cristalino, seguidos dos poços mistos e, em terceiro lugar, dos poços que captam água do Aqüífero Tubarão. Por outro lado, analisando-se a vazão específica, notaram-se melhores resultados no Aqüífero Tubarão, seguido do Aqüífero Cristalino e, por último, dos poços mistos. Sugere-se que isso ocorra em virtude da maior capacidade de recuperação do Aqüífero Tubarão.

Deixa-se claro a importância do uso de critérios geológicos para locação e instalação dos poços tubulares profundos, conforme comparação feita entre a produtividade dos poços locados com e sem critérios geológicos apropriados. Ainda com relação à produtividade dos poços, a pesquisa analisou-os em função dos condicionantes geológicos e geomorfológicos, obtendo-se o seguinte: os poços locados junto aos lineamentos de drenagem apresentaram melhores resultados, em comparação àqueles encontrados mais afastados dessas estruturas; com relação à direção desses lineamentos, para o Aqüífero Cristalino, observaram-se melhores resultados nos lineamentos de

drenagem com direção NW, transversais à xistosidade. Nesse aspecto, para o Aquífero Tubarão, não se definiu uma direção preferencial, entendendo-se como principal fator de influência a maior ou menor quantidade de corpos arenosos atravessados e as interconexões entre os mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRADE, S.M. de. & SOARES, P.C. 1971. Geologia de semi-detalle do centro-leste de São Paulo. Relatório Petrobrás – DESUL, (407).
- [2] BATISTA, J.J.; SIMÕES, L.S. A.; OLIVEIRA, M.A.F de.; SOUZA FILHO, E.E. de. 1986. Carta Geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000. Folha Jundiaí, Relatório Final, SICCTC-UNESP. Inédito. 113p.
- [3] BERGMANN, M. 1988. Caracterização estratigráfica e estrutural da seqüência vulcano-sedimentar do Grupo São Roque, região de Pirapora do Bom Jesus (SP). São Paulo, 164p. (Dissertação de Mestrado), IG-USP).
- [4] CAETANO-CHANG, M.R. 1984. Análise Ambiental e Estratigráfica do Subgrupo Itararé (PC) no Sudoeste do Estado de São Paulo. São Paulo, 30-9p. (Tese de Doutorado, IG-USP).
- [5] CAMPOS NETO, M.C; BERGMANN, M.; SIGA JR., O.; FIGUEIREDO, M.C.H. 1990. Geologia da Folha Pilar do Sul, 1:25.000. Relatório IG-USP/PROMONÉRIO (inédito), v.1, Geologia, 161p.
- [6] CESTEB. 1997. Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo. 106p.
- [7] COTTAS, L.R.; FIORI, A.P.; LANDIM, P.M.B. 1981. Divisão faciológica do Subgrupo Itararé e da Formação Aquidauana no nordeste do Estado de São Paulo. In: Simp. Reg. De Geologia, 3, Curitiba, 1981. Atas...Curitiba, SBG, v.2, p.103-115.
- [8] COUTINHO, J.M.V. 1972. Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e arredores. São Paulo, SP. Bol. IG-USP, (1): 5-99.
- [9] COUTINHO, J.M.V. 1980. Relações litológicas e estruturais da Bacia de São Paulo com o Pré-Cambriano circunvizinho. In: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo. (Mesa Redonda), São Paulo, 1980. ABGE/SBG-NSP, Publicação Especial, p. 15-23.
- [10] DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (DAEE). 1979. Mapeamento faciológico do Supergrupo Tubarão. São Paulo, DAEE/UNESP, mapas geológicos na escala 1:50.000.
- [11] FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. 1997. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza, CPRM/LABHID-UFPE. 258p.

- [12] 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).
- [13] FRANÇA, A.B. & POTTER, P. E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e Análise de reservatório do Grupo Itararé (Permo-Carbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). Bol. De Geociência da Petrobrás. 2: 147-191.
- [14] FRANÇA, A.B. 1987. Stratigraphy, depositional environment, and reservoir analysis of the Itararé Group (Permo-Carboniferous), Paraná Basin-Brazil. Cincinnati, 188p. (PHD Thesis, University of Cincinnati, USA).
- [15] FULFARO, V.J.; GAMA JR., E.G. & SOARES, P.C. 1980. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. PAULIPETRO, Rel. BP.008/80.
- [16] GAMA JR., E.G.; CAETANO, M.R. & WEYLER, G. 1980. Divisão faciológica do Grupo Itararé no centro-leste do Estado de São Paulo. In: Congr. Bras. Geol. XXXI, Camboriu, SC. Bol. De Resumos. Camboriu, SBG, v.2, p.365.
- [17] GAMA, JR., E. G.; BANDEIRA JR., A. N. & FRANÇA, A. B. 1982. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. Rev. Bras. Geoc. V. 12, p. 19-40.
- [18] GODOY, A.M. 1989. Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco, SP. São Paulo, 220p. (Tese de Doutorado, IG-USP).
- [19] HACKSPACHER, P.C. GODOY, A. M.; OLIVEIRA, M.A. F. 1993. Evolução Cristal do Bloco São Roque na Região Sudeste do Estado de São Paulo. Ver. Bras. Geoc., 23 (3): 260-264.
- [20] 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.
- [21] HASUI, Y. & SADOWSKI, G.R. 1976. Evolução geológica do Pré-Cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. Ver. Bras. Geol., São Paulo, 6(3):180-200.
- [22] HASUI, Y. 1973. Tectônica da área das folhas São Roque e Pilar do Sul. São Paulo, 190p. (Tese de Livre Docência, IG-USP).
- [23] HASUI, Y. 1975a. Evolução polifásica do Pré-Cambriano oeste da capital paulista. Bol. IG-USP. 6:95-107.
- [24] HASUI, Y. 1975b. Geologia da Folha São Roque. Bol. IG-USP. 6:157-183.
- [25] HASUI, Y.; PENALVA, F.; HENNIES, W.T. 1969. Geologia do Grupo São Roque. In: Congr. Bras. Geol., 23, Salvador, Anais...Salvador, SBG, v.1, p.101-134.
- [26] HASUI, Y.; TOGNON, A.A.; SOARES, S.M. 1978. Geologia e tectônica da Serra do Japi. Bol. IG-USP, 9:17-24.

- [27] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1.500.000. SICCR-PROMINÉRIO/IPT. São Paulo. IPT.2v.
- [28] INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990a. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Sorocaba (SP). São Paulo. IG/SMA. 2v. (Relatório Técnico).
- [29] INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990b. 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).
- [30] INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1991. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP). São Paulo. Ig/SMA, 3v. (Relatório Técnico).
- [31] INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1993. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas (SP). São Paulo. IG/SMA, v.3. (Relatório Técnico).
- [32] JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; SCHORCHER, H.D. 1986. Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberada na região de São Roque, SP. In: Congr. Bras. Geol., 34, Goiânia, SBG. Anais. Goiânia, SBG. Vol.2, p.730-749.
- [33] LANDIM, P.M.B. 1973. Contribuição ao estudo dos mistitos do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. In: ESC. ENG. SÃO CARLOS, Geologia. São Carlos, USP, p. 1-98 (Boletim Geologia nº17).
- [34] LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C.; GAMA JR., E.G. 1980. Estratigrafia do nordeste da bacia sedimentar do Paraná. Curso de especialização (convênio IPT-UNESP). Inst. Geoc. Ciênc. Exatas, UNESP/Rio Claro, 69p.
- [35] LOPES, M. F.C. 1994. Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari. São Paulo, 83p. (Dissertação de Mestrado UNICAMP).
- [36] MODENESI, M. C. 1974. Dissertação de Mestrado, USP - Instituto de Geografia, São Paulo. 99p.
- [37] 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. Dissertação de Mestrado – IG/USP. 100p.
- [38] PERINOTTO, J.A.J. 1897. Análise estratigráfica da seqüência portadora de carvão na região de Cerquilha (SP). São Paulo. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- [39] REBOUÇAS, A. C. 1996. Diagnóstico do setor hidrogeologia. [s.l]: Ass. Bras. Águas Subt. /ABAS/PADCT (inédito), 1996.
- [40] ROCHA-CAMPOS, A.C. 1967. The Tubarão Group em the Brzilian portion of the Paraná Basin. In: Bigarella, J.J.; Becker, R.D.; Pinto, J.D. ed. Problems in Brazilian Gondwana Geology – Brazilian contribution to the I International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Paleontology. Curitiba, Brasil, p. 119-166.

- [41] SAAD, A.R. 1977. Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo. São Paulo, 107 p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- [42] SANTORO, E. 1984. Geologia da Folha de Cabreúva, SP. São Paulo, 114p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- [43] SANTOS, P.R. dos. 1987. Fácies e Evolução paleogeográfica do Subgrupo Itararé/Grupo Aquidauana (Neopaleozóico), na Bacia do Paraná, Brasil. São Paulo, v.2 (Tese de Doutorado, IG-USP).
- [44] SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H. ; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congr. Bras. Geol., 28, Porto Alegre, 1974. Anais...Porto Alegre, SBG, v.1, p.41-65.
- [45] SOARES, P. C. 1972. O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. An. Acad. Rãs. Ciênc., v 44 (Suplemento), p. 333-342.
- [46] SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; SINELLI, O.; WERNICK, E.; FU-TAI, W.; FIORI, A.P. 1977. Associações litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. Rev. Bras. Geoc., 7(2): 131-149.
- [47] SOUZA FILHO, E.E. de. 1986. Mapeamento faciológico do Subgrupo Itararé na quadrícula de Campinas. 121p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- [48] STEIN, D.P. 1984. Esboço da evolução geológica pré-cambriana da Folha Pilar do Sul (SP). São Paulo, 148p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- [49] STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E. de; TEIXEIRA, J.A.; LANDIM, P.M.B. 1987. Sistemas deposicionais do Subgrupo Itararé na bacia hidrográfica do baixo rio Capivari, SP: um modelo para prospecção de água subterrânea. In: Simp. Reg. Geol. 6. São Paulo, 1987. Atas. São Paulo, SBG, v.1, p.355-374.
- [50] TASSINARI, C.G.C. 1988. A idade das Rochas e dos Eventos Metamórficos na Porção Sudeste do Estado de São Paulo e sua Evolução. São Paulo, 236p. (Tese de Doutorado, IG/USP).
- [51] TASSINARI, C.G.C.; KAWASHITA, K.; KIKUSHI. 1985. Estudo geocronológico nos metaconglomerados do Grupo São Roque, no Estado de São Paulo. In: Simp. Reg. Geol., 5. São Paulo, 1985. Atas...São Paulo, SBG/NSP. V.1, p. 201-208.