

AValiação das Obras de Captação das Águas Subterrâneas na Região de Atibaia, Estado de São Paulo

Por

Itabaraci N. Cavalcante *
Aldo da Cunha Rebouças **

RESUMO

Este trabalho foi realizado em uma área piloto de 590 km² na região de Atibaia, a sudeste do Estado de São Paulo, recoberta quase que totalmente por espesso pacote de rochas alteradas.

Objetivou avaliar os critérios técnicos de locação e projeto das obras de captação das águas subterrâneas da região de Atibaia.

No geral não existe critério de locação e o poço é perfurado o mais próximo possível do local da demanda. De uma avaliação de 79 poços tubulares e 157 cacimbas, observa-se que na grande maioria das obras não existe obediência as normas de projeto de construção de poços, e uma das unidades potencialmente aquífera (manto de intemperismo) é desprezada na completção do poço tubular.

* Professor Assistente do Departamento de Geologia / UFC. Doutorando da Área de Hidrogeologia do Instituto de Geociências / USP.
Campus Universitário do Pici. Fortaleza - CE.

• ** Professor Titular do Instituto de Geociências / USP. Diretor do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas - CEPAS / USP.
Cidade Universitária / USP. São Paulo - SP.

AValiação das Obras de Captação das Águas Subterrâneas na Região de Atibaia, Estado de São Paulo

Por

Itabaraci N. Cavalcante
Aldo da Cunha Rebouças

INTRODUÇÃO

A exploração das águas subterrâneas se faz através de poços, sejam tubulares ou escavados manualmente. Um poço é uma obra de engenharia e, portanto, requer o conhecimento técnico necessário para a elaboração do projeto da obra e acompanhamento desde a fase de locação até o teste de bombeamento.

Este trabalho envolveu o cadastramento em campo de poços tubulares e escavados (cacimbas), além da instalação de piezômetros multiníveis no manto de intemperismo, na região de Atibaia - São Paulo, onde se procurou avaliar as obras de captação das águas subterrâneas.

A pesquisa foi realizada sob o patrocínio da FINEP/PADCT, processo n.42.86.049200, vinculada ao Projeto "Hidrogeologia de Rochas Fraturadas Precambrianas no Estado de São Paulo" no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas - CEPAS/USP.

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área piloto estudada abrange 590 km² e está situada na bacia hidrográfica do rio Atibaia, a sudeste do Estado de São Paulo, a cerca de 70 km da Grande São Paulo e pertence quase que totalmente ao município de Atibaia (Figura 01).

O acesso é realizado diretamente pela rodovia Fernão Dias (BR-381) ou, indiretamente, pela rodovia D. Pedro I (BR-065).

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O domínio hidrogeológico cristalino representa aproximadamente 58% do território nacional e deste, observa-se que 85% possui manto de intemperismo com espessuras variáveis, alcançando a 100 metros (região da

Serra do Mar). Nestes casos, as falhas e/ou fraturas podem constituir prolongamentos em profundidade do aquífero que este manto potencialmente representa.

As vazões médias de poços em aquíferos fraturados são da ordem de 2 a 3 m³/h, enquanto que as obtidas em regiões onde o pacote de rocha alterada é significativo, oscila em média de 10 a 20 m³/h, chegando a alcançar até 70 m³/h, a exemplo da região de Atibaia.

Hoje, à medida que aumenta a necessidade de exploração das águas subterrâneas, vinculada a implantação de polos residenciais e industriais em áreas com espessos mantos de alteração, cresce também a necessidade de conhecimento da importância hidrogeológica destas áreas e, conseqüentemente, dos projetos de poços que poderão captar água desta unidade geológica.

METODOLOGIA DE TRABALHO

Inicialmente foram cadastrados os dados técnicos de poços tubulares em órgãos públicos e firmas particulares que operam na região, resultando em um acervo de 70 fichas técnicas.

A seguir, foram realizadas etapas de campo para se verificar a acuracidade das informações, ponto a ponto, e coletar novos dados sobre uso e conservação das obras de captação. O cadastro foi complementado com informações sobre as cacimbas que exploram essencialmente o manto de intemperismo, resultando em um banco de dados de 79 poços tubulares e 157 cacimbas.

Em função da análise dos perfis litológicos e construtivos dos poços tubulares, onde observou-se que o manto de intemperismo encontra-se sempre revestido, foram instalados 03 piezômetros multiníveis até o contato manto/rocha para se verificar a importância hidrogeológica da primeira unidade.

Na instalação foi utilizado o seguinte procedimento básico (CAVALCANTE, 1990):

- 1º Escolha do local. Cada piezômetro foi instalado próximo a um poço tubular e o critério de escolha deste baseou-se no perfil construtivo e litológico, com dados técnicos. A distância oscilou de 6 a 16 metros em função do tipo de material alterado;
 - 2º Perfuração com trado até o nível estático e, a partir daí, com sonda rotativa modelo SS-21 SONDEQ. O diâmetro de perfuração foi de 4", com descrição das amostras "in situ";
 - 3º Instalação do piezômetro multinível, montado externamente ao furo, sendo composto por tubos PVC de 3/4", ranhurado e telado na porção inferior (1 m) e com tampas protetoras, superior e inferior. A separação dos níveis foi realizada através de selos de bentonita.
 - 4º Retirada do revestimento de perfuração e preenchimento do espaço anelar com pré-filtro quartzoso e posterior proteção superior do piezômetro com tubo PVC de 6" e tampa.
 - 5º Proteção do sistema com selo de cimento
- O esquema geral do sistema é mostrado na Figura 02.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A região está situada em um contexto serrano (Planalto Atlântico) com altitudes mais frequentes entre 700 e 1000 metros, com feições morfológicas de montanhas, morros e várzeas quaternárias. O clima é tropical de altitude com temperaturas oscilando entre 13,6° C e 22,8° C e precipitação média anual de 1350 mm.

Os principais litótipos, em termos de distribuição espacial, pertencem ao Complexo Amparo - 55,5% (migmatitos, gnaisses, anfíbolitos e xistos) e aos maciços graníticos de Socorro (23%) e Atibaia (9,9%). Os sedimentos coluvionares são restritos a manchas de unidades miocênicas a pliocênicas (3,9%) e as aluviões (7,8%) dispõem-se nas calhas das principais drenagens.

Estruturalmente, a região se caracteriza por apresentar três conjuntos de dobras (Fn+1, Fn+2 e Fn+3), onde as Fn+1 são as mais antigas (MORALES et al, 1985). As evidências de falhas/fraturas são perceptíveis pela presença marcante de zonas cataclásadas e observa-se a predominância de dois sistemas de fraturas com direções N50° a 55° E e com N45° a 60° W, sendo que a principal falha representa a continuidade da Falha de Extrema e atravessa toda a área com direção geral N35° E (CAVALCANTE, op. cit.).

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Existem na área dois sistemas potencialmente aquíferos: manto de intemperismo e meio fraturado. Na perfuração de poços tubulares, o manto é revestido para que não ocorra o desmoronamento das paredes do furo, porém isto não impede que durante a completação do furo sejam colocados tubos com seções filtrantes nesta unidade. Como na região em estudo ela é totalmente revestida, a extensão do revestimento foi utilizada para se estimar a espessura do pacote rochoso alterado.

A maior extensão foi de 59,0 metros, com predominância entre 20 e 40 m, com espessura saturada predominantemente inferior a 10,0 m. Para o Complexo Amparo, as espessuras alteradas variam de 5 a 20,0 metros, com condutividade hidráulica de 10⁻⁴ a 10⁻⁵ cm/s e porosidade efetiva de 0,1 a 2%.

O meio fraturado são é um domínio hidrogeológico heterogêneo e anisotrópico, onde o fluxo ocorre somente nas fraturas e seus parâmetros hidrodinâmicos estão estreitamente vinculados a intensidade, abertura, área de recarga e interconexão da rede de fraturas.

Para a região estudada, as entradas d'água situam-se entre 24 e 220m, com 62% no intervalo de 24 a 102 m e, se colocarmos entre 24 e 154 m, o percentual aumenta para 85,7%.

O intervalo de predomínio da profundidade do nível estático nos poços tubulares situa-se entre 1 e 9m (50%) e para as cacimbas entre 0,4 a 9m (81%), mostrando que existe uma estreita relação entre manto de intemperismo e meio fraturado.

A capacidade específica regional para o meio cristalino calculada pelo DAEE (1981) em 515 poços tubulares, oscilou entre $2,5 \times 10^{-3}$ e $3,6$ (m³/h)/m . A transmissividade encontrada por BERTACHINI (1987) ficou entre $1,2 \times 10^{-6}$ e $1,4 \times 10^{-3}$ m²/s.

AVALIAÇÃO DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO

A extração das águas subterrâneas na região é feita através de poços tubulares e cacimbas. Nas áreas de maior altitude, acima de 830m, as fontes de contato são utilizadas e auxiliam frequentemente no abastecimento público e, particularmente, no doméstico.

Poços Escavados (Cacimbas)

Foram cadastradas 157 cacimbas, porém existem muito mais, visto ser uma prática comum na área rural e responsável pelo abastecimento quase que total de pequenas comunidades.

Apesar da existência preponderante de rochas cristalinas, existe um manto de alteração com espessura de até 60m, o que facilita a construção destes poços. A profundidade oscila em função do nível estático, chegando a alcançar 32 m, mas predominando de 4 a 7 m (36%) e com 70% abaixo de 10 m .

Não é comum a utilização de bombas ou compressores para a retirada d'água à medida que avança a perfuração e ela tem que parar a 1 - 2 m abaixo do nível estático. A coluna d'água das cacimbas situa-se, predominantemente, entre 2 e 3,5 m (38%), chegando a alcançar 12,5 m.

A completação do poço é realizada com tubos pré-moldados de 1,2 m de diâmetro por 0,5 m de comprimento, ou com tijolos. O primeiro é mais utilizado em função do menor custo, maior rapidez de colocação e maior segurança contra desabamentos de paredes.

Em mais de 90% dos poços a água é retirada com baldes, com auxílio de corda e roldana e, secundariamente, através de pequenas bombas injetoras.

Testes com duração de 4 horas foram realizados em cacimbas com lâminas d'água da ordem de 5 m, utilizando-se a própria bomba do poço, e a vazão média obtida foi de 0,90 m³/h, com rebaixamento de 4 m, refletindo uma capacidade específica de 0,225 (m³/h)/m.

Poços Tubulares

Foram cadastrados 79 poços, cujas profundidades são extremamente variáveis e oscilam de 36 a 343 metros, predominando o intervalo de 100 a 150 m (37%). As vazões são, no geral, abaixo de 10 m³/h (90%) e destas, 55% situam-se entre 0,3 e 5 m³/h e a situação de uso é a seguinte:

Situação	n° de poços	%
Em uso	54	66,6
Desativados	10	12,3
Abandonados	01	1,2
Sem informação	14	19,9
TOTAL	79	

Quadro 01 - Situação de uso dos poços tubulares de Atibaia - SP

Ressalta-se que 19,9% não forneceram informações, o que pode aumentar ainda mais o número de poços em operação.

As águas subterrâneas são utilizadas para múltiplos fins, como demonstra o quadro abaixo, e sua importância cresce à medida que a demanda é realizada para fins mais nobres, a exemplo de abastecimento humano.

Uso	n° de poços	%
Doméstico	27	50,9
Industrial	10	18,9
Doméstico + Haras + Granja	08	15,0
Recreação	06	11,4
Floricultura	01	1,9
Abastecimento público	01	1,9

Quadro 02 - Utilização das águas subterrâneas na região de Atibaia - SP

Dentre os métodos de perfuração, o percussivo predomina com 73,6% seguido pelo roto-pneumático (20,8%) e rotativo (5,6%). Isto reflete somente a predominância de pequenas empresas de perfuração atuantes na área, porém começando a surgir e ganhar espaço, em função da rapidez, o método roto-pneumático.

Observa-se que em 94,7% dos poços com registro de diâmetro de perfuração (38 poços) foram utilizados mais de um diâmetro, porém quase sempre predominando o de 6" na fase final (94,4%). O

revestimento mais comum é o de ferro galvanizado (96,8% de 33 poços) e somente 06 fichas acusam o uso de filtros no manto de intemperismo.

A cimentação, a laje de proteção e a tampa do poço são aspectos importantes no que diz respeito a proteção sanitária. Tais aspectos porém, são usualmente relegados a segundo plano e quase sempre não obedecem as normas especificadas pela ABNT.

Relacionado ao equipamento de bombeamento, observa-se que de 49 poços, 75,5% possuem bombas submersas, 22% injetoras e somente um opera com compressor, com 80% deles operando em um regime de 2 a 5 horas/dia.

A capacidade específica é uma medida de eficiência da obra de captação e ela foi calculada para 44 poços tubulares, apresentando um valor médio de 6×10^{-2} (m³/h)/m, com mínimo de $2,0 \times 10^{-3}$ e máxima de 0,67 (m³/h)/m.

CRITÉRIO DE LOCAÇÃO DOS POÇOS

Antes da perfuração é aconselhável a realização de um estudo de locação do poço, onde poderá ser empregado técnica geofísica, particularmente a eletroresistividade, além de interpretação fotogeológica e levantamento hidrogeológico de campo. Isto certamente auxiliará na elaboração do projeto da obra de captação.

Na área em estudo não observa-se nenhum estudo de locação e, por isso, o número de poços com baixíssimas vazões é alto.

Não existe critério definido entre vazão e profundidade do poço, como mostra a Figura 03 e normalmente os mais profundos estão locados em áreas de recarga (divisores hidrográficos) apresentando vazões inferiores a 2m³/h.

Apesar da densidade de fraturas ser um aspecto relevante à locação do poço, ela não assegura melhores vazões e, sim, locais mais propícios, comparativamente a outros, para a perfuração. Na prática é incontável o número de furos com muitas fraturas, porém secos ou com diminutas vazões ; muitas vezes, uma ou duas boas fraturas (entradas d'água) respondem por ótimas vazões no cristalino.

Analizando a locação dos poços em função dos condicionantes morfológicos, observa-se que 80,5% deles estão locados em altitudes inferiores ou iguais a 810 m (Figura 04).

Porém a locação na região não obedece critério morfológico e está associada unicamente ao local da demanda, haja vista se ter poço perfurado a 940 m, área de divisor hidrográfico. A análise de 10 poços perfurados em cotas de divisores d'água mostra que a vazão oscila entre 0,25 e 1,6 m³/h (média de 0,7 m³/h) e a capacidade específica está entre $2,35 \times 10^{-3}$ a 0,20 (m³/h) / m (média de $8,51 \times 10^{-3}$ (m³/h) / m).

Os condicionantes estruturais constituem um dos tópicos de locação de poços em terrenos cristalinos mais discutidos na hidrogeologia. Na região de Atibaia, a análise de dados relativos a 11 poços efetivamente locados sobre lineamento de fraturas mostra que possuem uma vazão média de 7,9 m³/h, com mínima de 3,2 m³/h e máxima de 18 m³/h e capacidade específica média de 0,213 (m³/h)/m, com mínima de 0,036 (m³/h) / m e máxima de 0,67 (m³/h)/m, refletindo valores bem acima da média geral dos dados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foram definidas duas zonas aquíferas, distintas entre si: manto de intemperismo e meio fraturado.

A implantação de piezômetros multiníveis demonstrou que a zona alterada funciona como aquífero, particularmente de transferência, e apesar dos baixos valores de condutividade hidráulica (10-3 a 10-5 cm/s), suas espessuras fazem com que apresente uma média transmissividade, tornando-o potencialmente capaz de funcionar como aquífero.

As vazões dos poços tubulares são baixas para o contexto explorado, já que 90% delas situam-se abaixo de 10m³/h. Porém, a análise da locação e projeto de poço são responsáveis pela baixa produtividade.

A construção de cacimbas não obedecem normas, existindo uma necessidade maior de orientação técnica ao que se concerne aos aspectos de proteção sanitária. Os problemas maiores são o posicionamento em relação a fossa, no geral mínimo, tampa e laje de proteção.

A pequena demanda doméstica, no geral inferior a 1 m³ / dia, é totalmente suprida. Porém, quando forem requeridas maiores demandas, outros tipos de captações podem ser construídas, a exemplo do poço amazonas com concreto poroso e poços coletores (com ponteiras ou drenos radiais), a exemplo do que vem sendo empregado em Minas Gerais , Japão e África, com vazões de até 5 m³/h para poço amazonas e acima de 20 m³/h para poço coletores.

Os poços tubulares da região não exploram diretamente o manto de intemperismo, uma vez que neste são colocados tubos de revestimentos. Porém , os piezômetros instalados somente no manto de alteração, monitorando poços tubulares, mostram que existe transferência efetiva das águas subterrâneas deste para o meio fraturado e, desta forma, evidencia-se que o revestimento não evita a contribuição das águas do meio alterado.

Ainda, o critério de locação é negligenciado em prol da localização da demanda e isto faz com que haja uma redução drástica de vazões.

As entradas d'água localizam-se predominantemente entre 24 - 102 m (62%) e isto faz com que, além da recomendação para se proceder um estudo de locação do poço e aproveitamento do manto de intemperismo, se recomenda perfurações com profundidades máximas, iniciais, de 120m .

Desta forma, utilizando-se critério de locação e projeto de poço existirá, certamente, aumento de volume d'água explotado e menor custo da obra.

BIBLIOGRAFIA

- BERTACHINI, A. C. - 1987 - Estudo das características hidrogeológicas dos terrenos cristalinos sob o clima úmido na região de Junidai, em São Paulo. Dissertação de Mestrado. Inédita. IG/USP. 105p.
- CAVALCANTE, I. N. - 1990 - Estudo hidrogeológico de terreno cristalino com manto de intemperismo - área piloto de Atibaia (SP). dissertação de Mestrado. Inédita. IG/USP. 123p.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) - 1981 - Estudo de águas subterrâneas. região Administrativa n. 5 - CAMPINAS. Vol. 1. São Paulo. 607p.
- MORALES, N. ; OLIVEIRA, M. A. F. ; SIMÕES, L. S. A. ; - 1985 - As estruturas dobradas na região de Atibaia (SP). Atas do V Simpósio regional de Geologia, SBG/SP, Vol. 1, pp. 159 - 168.

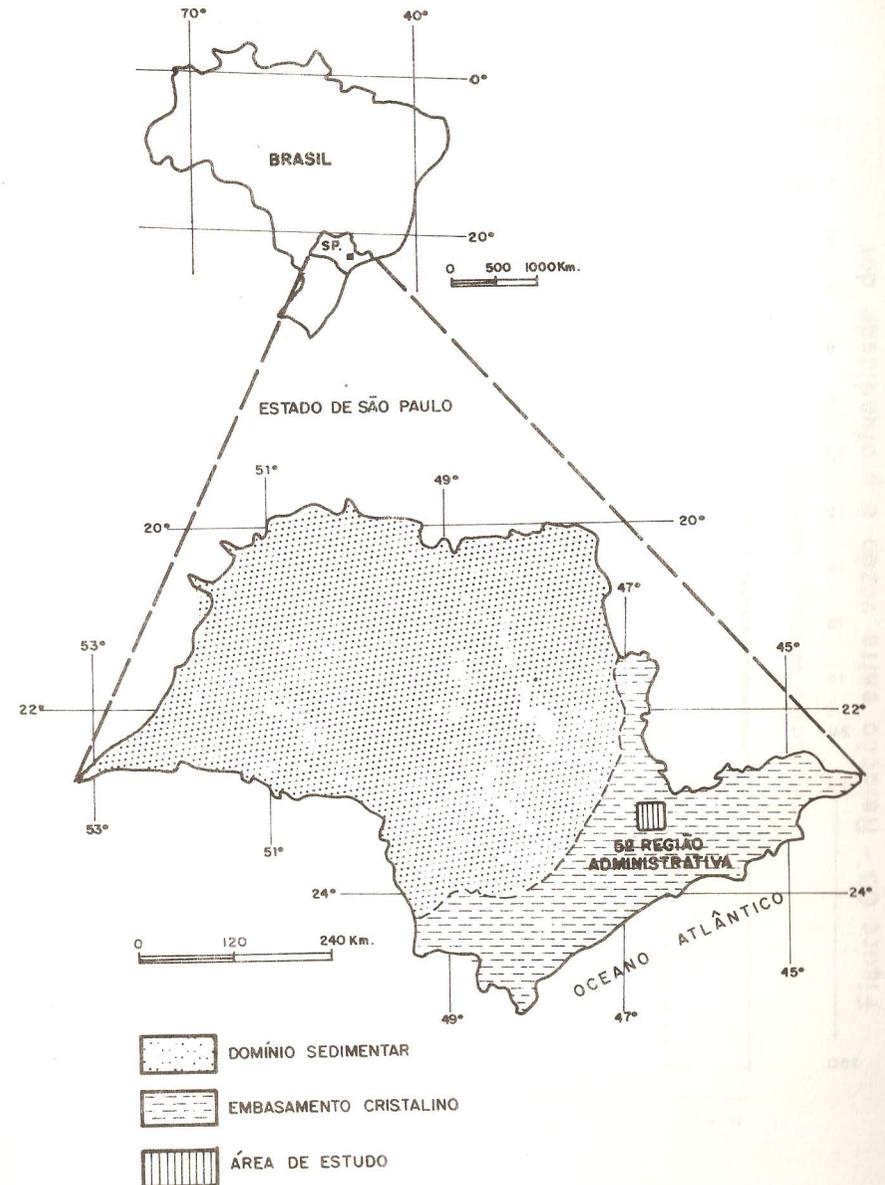


Figura 01 - Mapa de localização da área de estudo

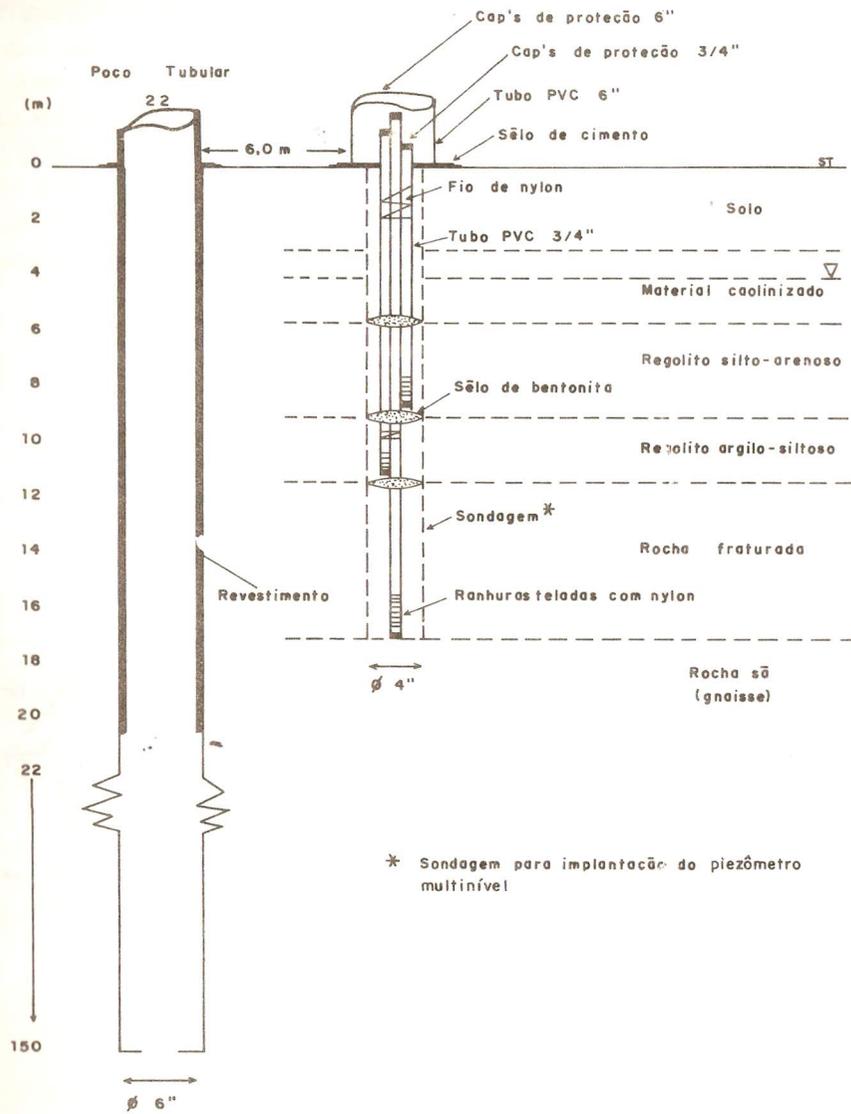
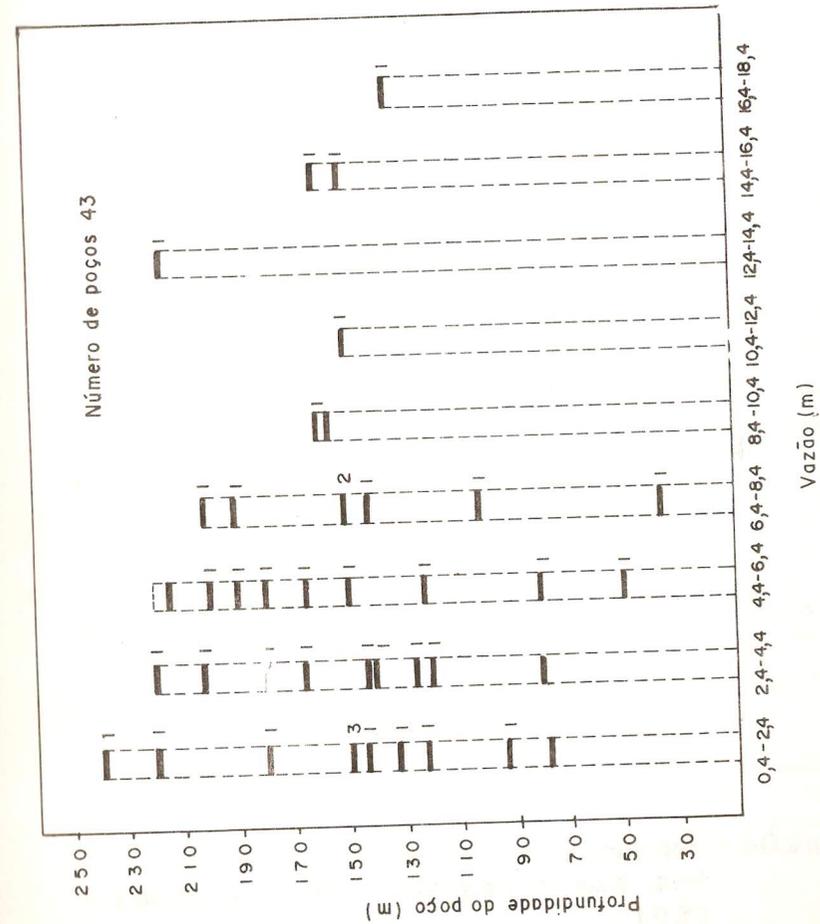


Figura 02 - Piezômetro multinível N^o 3
Local: Sítio Santinha
Atibaia (SP)



(2) Número de poços existentes
Figura 03 - Relação entre vazão e profundidade dos poços tubulares - Atibaia (SP)

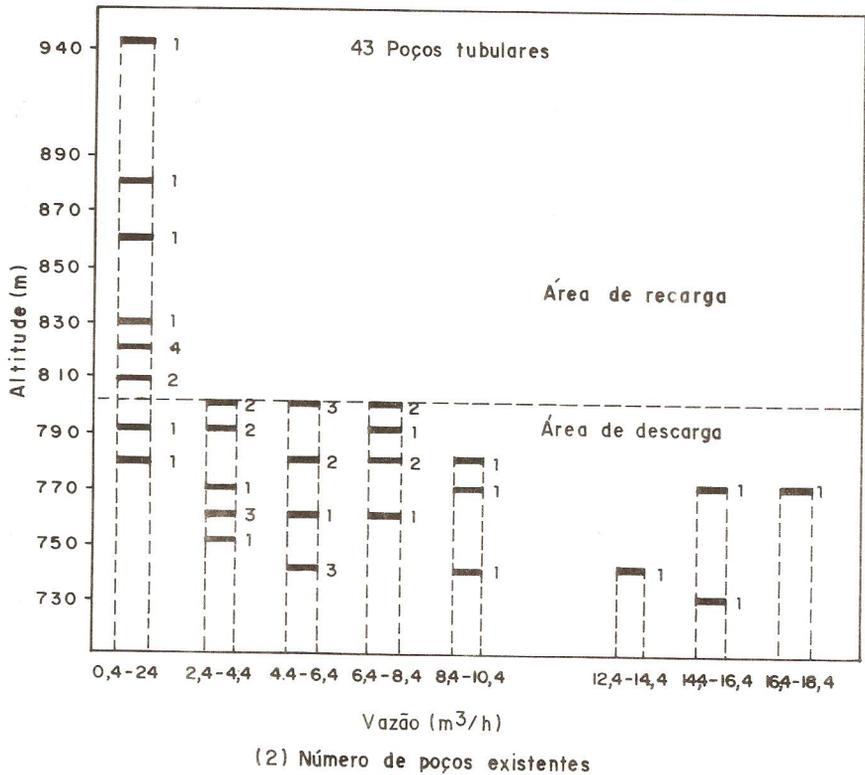


Figura 04 - Relação entre vazão do poço e altitude do local onde foi perfurado - Região de Atibaia (SP).