

PROJETO, CONSTRUÇÃO, EXPLORAÇÃO E MANUTENÇÃO DE POÇOS NO
AQUÍFERO BAURU

Luiz Guidorzi, Ivanir B. Mariano, Antonio Ferrer Jorba

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA

RESUMO - A elaboração de um projeto de poço tubular para o abastecimento de uma determinada localidade, envolve o levantamento e o conhecimento prévio dos seguintes fatores: características geológicas, cadastramento de poços, previsão de demanda de água e as condições de locação de um poço. No presente trabalho foram colocados três projetos típicos de poços frequentemente usados para exploração do aquífero Bauru. Estes projetos são elaborados em função basicamente da formação geológica que ocorre na região e da demanda necessária. Os métodos para a perfuração destes poços dependem fundamentamente da geologia, diâmetros de perfuração e profundidade do poço. São feitas a seguir, especificações sobre os processos de desenvolvimento dos poços e sobre ensaios de bombeamento. Por fim, são fornecidas diretrizes de operação e manutenção de poços, fundamentais para uma operação racional do aquífero.

I - INTRODUÇÃO

A elaboração de um projeto de poço tubular profundo para o abastecimento de uma determinada localidade, envolve o conhecimento prévio de determinados fatores intervenientes, como:

a) Características geológicas: tendo em vista a grande heterogeneidade do Grupo Bauru, é muito importante a caracterização da Formação que ocorre na área de interesse. Esta caracterização vai permitir uma avaliação da composição litológica, presença ou não de cimento e a ocorrência de carbonato em lentes ou em nódulos.

b) Cadastramento de poços: o cadastramento dos poços existentes na região fornecerá dados referentes a espessura dos sedimentos, topo da formação Serra Geral, características dos poços, nível estático, nível dinâmico, vazão, tipo de revestimento liso, tipo de filtro e qualidade do pré-filtro. Verifica-se a presença de

areia no bombeamento ou se o poço historicamente produziu areia. Sempre que possível, deve-se fazer teste de bombeamento o mais completo possível: rebaixamento, recuperação, escalonado e de interferência. Estes dados fornecerão subsídios para a definição das características hidrodinâmicas do aquífero Bauru (espessura saturada, vazão específica, transmissividade e coeficiente de armazenamento) que servirão de subsídios para elaboração do projeto e do estabelecimento de bateria de exploração.

c) Previsão de demanda de água: o conhecimento da quantidade de água necessária para o abastecimento de uma determinada localidade e a previsão de vazão por poço explorando o aquífero Bauru, irá definir através de estudo econômico, a viabilidade ou não de abastecimento através de água subterrânea, comparado com outras fontes alternativas.

d) Condições de locação de um poço: na locação de um poço para exploração do aquífero Bauru deverá ser levado em consideração o tipo de aquífero do Grupo Bauru representado pelas suas formações.

O arenito Caiuá apresenta-se bastante homogêneo, permeável e friável, com características hidrodinâmicas bem definidas. O nível estático deste aquífero está sempre próximo ao nível de base regional; assim, o maior problema encontrado na locação de poços neste aquífero se restringe à profundidade dos níveis d'água que apresenta, em certas áreas, o nível estático maior que 100m. A locação de poços neste aquífero deverá ser feita de tal forma a facilitar a distribuição de água. No caso de bateria de poços, estes deverão manter "a priori" uma distância mínima de 600 metros.

No arenito Santo Anastácio predomina a fração areia, podendo ocorrer também níveis lamíticos e matriz argilosa. O aquífero é do tipo multi-camadas, com nível estático acompanhando, grosseiramente a topografia quando aflorante. Quando subjacente, o seu nível é normalmente inferior ao do aquífero superior. A locação de poços neste aquífero deverá ser feita de tal forma a aproveitar a maior espessura de sedimentos. No caso de bateria de poços deverá ser mantida uma distância mínima de 700 metros entre os poços.

Na Formação Adamantina predominam arenitos finos com bancos de lamitos, argilosos e carbonatos. A vazão dos poços neste aquífero geralmente é baixa, não existindo nenhum critério quanto a locação. Aconselha-se para o caso de bateria de poços uma distân

cia mínima de 500 metros.

A Formação Marília é constituída predominantemente por arenitos calcíferos, formando uma topografia bastante acidentada. O aquífero se comporta como do tipo multicamadas e suspenso. O nível estático está relacionado com o nível de base local. A localização de poços neste aquífero deverá ser feita preferencialmente nas regiões mais baixas.

II- PROJETO ESQUEMÁTICO TÍPICO DE POÇO TUBULAR PROFUNDO

O projeto esquemático de um poço para exploração de água subterrânea no aquífero Bauru deverá ser elaborado somente após a definição da geologia, características hidrodinâmicas e demanda a ser atendida. O projeto deverá acompanhar às seguintes especificações:

a) Diâmetros de perfuração: o diâmetro de perfuração está em função da vazão que o aquífero é capaz de fornecer, aliado ao que se pretende explorar. Isto definirá o diâmetro do revestimento que irá ser aplicado, devendo-se sempre assegurar um espaço anular mínimo de 3 polegadas.

b) Tubo de boca: a colocação do tubo de boca evita o desmoronamento das paredes superficiais e funciona como proteção sanitária. O material usado deverá ser chapa de aço, com espessura mínima da parede de 4,85mm e comprimento de 20m.

c) Tubos lisos: devem ser dimensionados em função da vazão prevista em projeto e do equipamento de bombeamento disponível no mercado. Estes tubos devem obedecer as normas existentes, com espessura das paredes nunca inferior a 4,85mm.

d) Filtros: os filtros são projetados em função das vazões previstas em projeto e das características litológicas do material perfurado. No aquífero Bauru é mais comumente usado filtro tipo Nold, com abertura das ranhuras de 1mm. A utilização de filtros espiralados fica restrita a exploração de vazões superiores a $30 \text{ m}^3/\text{h}$ e frontais a camadas arenosas de boa transmissividade. Normalmente são colocados filtros tipo Nold em trechos de menor permeabilidade.

e) Pré-filtro: o material usado deve ser bem selecionado, com granulometria compatível com os sedimentos perfurados e abertura dos filtros. Normalmente utiliza-se pré-filtro tipo Jacareí para poços com vazões de até $50 \text{ m}^3/\text{h}$ e tipo "pérola" para vazões superiores a $50 \text{ m}^3/\text{h}$.

f) Cimentação: a cimentação para proteção sanitária é feita normalmente com auxílio de tubos auxiliares, até a profundidade mínima de 20m, preenchendo espaço anular de 3".

Nas fig. 1, 2 e 3 estão ilustrados os projetos que frequentemente são utilizados para o Grupo Bauru. Na fig.1 o projeto é feito para exploração do aquífero Caiuã, com câmara de bombeamento com diâmetro de 10", o que nos permite explorar vazões da ordem de $200 \text{ m}^3/\text{h}$. No projeto ilustrado na fig.2 o poço é todo revestido em 8", podendo ser feito com filtro espiralado e Nold, dependendo da vazão e do nível dinâmico local. Este projeto permite explorar vazão da ordem de $80 \text{ m}^3/\text{h}$. O projeto de poço revestido em 6" é ilustrado na fig.3, sendo mais usado para exploração de água subterrânea no aquífero Bauru. Na maioria das vezes é revestido com filtros Nold podendo, às vezes, utilizar filtro espiralado em algum trecho.

Os poços perfurados no aquífero Bauru deverão ser sempre totalmente revestidos, pois a não colocação do revestimento provoca a entrada de areia quando o poço está em funcionamento e, consequentemente, ocorre o desmoronamento das paredes. No interior do Estado de São Paulo existem casos em que a não colocação da coluna de revestimento provocou ao longo do tempo o desabamento da casa de bombas que estava situada a poucos metros do poço.

Sempre que possível o poço deverá ser projetado de tal forma a explorar toda a sequência do aquífero Bauru (penetração total).

III- CONSTRUÇÃO

1. Métodos e Diâmetros de perfuração

Os métodos de perfuração mais comumente utilizados para a perfuração de poços no aquífero Bauru são o rotativo com circulação direta e percussão. A escolha do método varia em função da composição litológica dos sedimentos, diâmetros de perfuração e profundidade do poço.

O método a percussão é usado nas formações Marília, Adamantina e Santo Anastácio. Nesta última sondagem deve-se ficar muito atento durante a perfuração, pois existem lentes de arenitos, friáveis sem matriz argilosa e desmorrionantes. O emprego deste método deverá ser limitado a um diâmetro máximo de 14", com profundidade de aproximadamente 120m. No caso de diâmetro de 12" a profundidade poderá atingir 200m. A maior vantagem da perfuração pelo método a percussão é o não emprego da lama e a precisão na amostragem.

O método rotativo é usado para perfuração das formações Caiuá e Santo Anastácio e, com menos frequência, na Formação Adamantina e Marília. Neste método não existe limitação quanto a profundidade e diâmetro de perfuração, dependendo somente da capacidade do equipamento.

Nas perfurações rotativas com a utilização de lama ou mesmo a percussão que, quando atingem material arenoso coloca-se lama, tem-se verificado que um desenvolvimento suplementar melhora as características construtivas, no sentido de que o poço desenvolveu mais ainda durante a exploração.

Assim, precisa-se retomar a experiência de perfuração com circulação reversa ou então da utilização de lamas que não contenham partícula sólida ou suspensão.

2. Dimensionamento da coluna de revestimento

A coluna de revestimento é dimensionada com base na descrição litológica das amostras e perfilagem elétrica. A amostragem do material perfurado deverá ser feita sempre em intervalos de 2 metros e na perfilagem deverão ser obtidos os seguintes parâmetros: raios gama, potencial espontâneo, resistividade 16" e resistividade de 64", quando possível. Tendo em vista a grande heterogeneidade do Grupo Bauru a perfilagem elétrica se torna imprescindível no dimensionamento da coluna de revestimento.

3. Injeção de pré-filtro

Nos poços perfurados no aquífero Bauru, a injeção do pré-filtro poderá ser feita através dos seguintes métodos:

3.1 Injeção por gravidade, com circulação de água contra o fluxo do pré-filtro.

3.2 Injeção mediante o emprego de um tubo de alimentação com circulação de água.

3.3 Injeção com circulação reversa.

4. Limpeza e desenvolvimento

As etapas utilizadas na limpeza e desenvolvimento de um poço deverão seguir a seguinte ordem:

4.1 Substituição da lama por água: a limpeza do tubo deverá ser feita logo após a injeção do pré-filtro, utilizando as hastes de perfuração no fundo do poço e com auxílio da bomba de lama será injetado água limpa até a completa substituição da lama pela água. No caso de poços perfurados com percussora, limpa-se o poço com caçamba.

4.2 Colocação de polifosfato: o polifosfato deve ser colocado na proporção de 5 Kg/m^3 de água, sendo que o volume de água deve ser calculado em função do diâmetro de revestimento e da porosidade do espaço anular com pré-filtro.

4.3 Pistoneamento: deverá ser feito com pistão de válvulas, de cima para baixo, logo acima de cada seção de filtros, com frequência de 45 batidas por minuto e duração de 20 a 30 minutos. No caso de grandes colunas de filtros, o pistoneamento poderá ser feito dentro dos filtros; neste caso deverá ser tomado muito cuidado, iniciando-se o pistoneamento com 25 batidas por minuto.

4.4 Limpeza com caçamba: após cada etapa de pistoneamento deverá ser feita a limpeza do furo com caçamba, anotando sempre a quantidade de material depositado no fundo.

4.5 Limpeza com ar comprimido: o tubo de água deverá ser colocado junto ao fundo para garantir a perfeita limpeza do poço. O compressor deverá ter capacidade para bombear vazão mínima correspondente a 30% da vazão prevista.

Após esta sequência deverá ser feito uma avaliação do poço, levando-se em conta a saída de lama e areia no bombeamento. Dependendo dos resultados obtidos repete-se ou não a sequência de operações indicada.

IV - EXPLORAÇÃO

O teste de bombeamento constitui-se em uma das fases mais importantes na construção de um poço, pois além de fornecer os elementos para a determinação da vazão segura de exploração, ele proporciona dados valiosos para o estudo das características hidrodinâmicas do aquífero. Dependendo da vazão do poço e da finalidade a que se destina, podem ser feitos dois tipos de teste de bombeamento.

1. Teste de aquífero: o teste de aquífero consiste em um bombeamento prolongado, geralmente a vazão constante, com medidas dos rebaixamentos em poços de observação. Sua finalidade é determinar as características hidrodinâmicas do aquífero, ou seja coeficiente de armazenamento, transmissividade e permeabilidade. Com estes dados poderemos dimensionar bateria de poços ou avaliar os efeitos de interferência entre poços em uma determinada área.

2. Teste de produção: o teste de produção consiste em um bombeamento contínuo com vazão máxima por um tempo mínimo de 24 horas, recuperação do aquífero e bombeamento contínuo a vazão constante em 3 ou 4 etapas contínuas de vazão. Sua finalidade é determinar as características do poço, ou seja, perdas de cargas devido ao aquífero, perdas construtivas, transmissividade e vazão ótima de exploração. Nos casos em que a vazão prevista é relativamente baixa, o teste final pode ser um bombeamento contínuo a vazão constante (sem etapas), com duração de 24 a 36 horas. Além disso *deve-se assegurar que o nível dinâmico se mantenha estabilizado* no mínimo durante 6 horas a partir do início da estabilização.

V - OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Os poços, como qualquer outra estrutura de engenharia, precisam de uma operação adequada e de uma manutenção regular e de rotina. Tudo com o interesse de obter o melhor nível de produção e a máxima vida útil possível. Quando não são observadas regras simples de operação e manutenção, os problemas podem atingir estágios graves que nem uma reabilitação pode ser executada. A importância dos dois processos consiste em que a operação proporciona dados à manutenção, que atua como preventiva, com a detecção e correção dos problemas que reduzem a eficiência do sistema de ex

ploração de água subterrânea.

1. Operação

Além dos processos normais de liga-desliga dos equipamentos, controle de energia consumida, lubrificação, etc., uma operação adequada abrange a coleta sistemática de uma grande variedade de dados que devem registrar-se cuidadosamente. Estes registros dão a melhor informação para determinar o tempo necessário para efetuar a manutenção. Um dos objetivos básicos da operação é o de facilitar a comparação do estado atual do sistema com o estado inicial e com as previsões feitas no projeto.

Os dados coletados, estudados e registrados, devem incluir perfis do poço, características do equipamento de bombeamento, medição da vazão, horários de liga-desliga, análise da qualidade da água, níveis estáticos e dinâmicos, produção de areia, pressões na descarga da bomba, teste de vazão, produção e outros dados cuja listagem pode encontrar-se no Manual de Operação e Manutenção de Poços publicado pelo DAEE (1980).

Uma parte importante da operação é a execução dos testes de vazão e produção. Grande vazão proporciona dados sobre o comportamento do aquífero através do tempo e revela qualquer mudança nos parâmetros, em especial do coeficiente de armazenamento. Grande produção proporciona qualitativamente as perdas da eficiência normais ou anormais do poço como (coeficiente B ou C). O valor do coeficiente plota-se contra o tempo em papel monologarítmico (o tempo na escala logarítmica). A extrapolação da reta que passa pelos pontos dos valores do coeficiente, indica o tempo aproximado em que deve efetuar-se uma reabilitação do poço, para colocá-lo nas condições similares às originais.

2. Manutenção

É difícil estabelecer o limite entre a operação e a manutenção. Em geral, a manutenção estuda os registros da operação, para executar uma ação preventiva e de emergência. Deve-se ter cuidado especial na diferenciação entre os fatores associados ao desgaste normal das partes da bomba e aqueles associados com a mudança de condições do poço e vizinhanças. Por exemplo, um poço que funciona normalmente pode mostrar uma redução na capacidade da bomba por desgaste. Mas este desgaste pode ser devido ao bombeamento

de areia que entra no poço por um filtro corroído ou parte no pré-
que a corrosão tenha afetado somente a bomba com decréscimo de sua capacidade.

Um dos principais problemas que ocorrem nos poços são a incrustação e corrosão. A incrustação provoca entupimentos do filtro e nas vizinhanças deste. Os depósitos incrustantes podem ser duros, em forma de cimento, típicos dos carbonatos de cálcio e sulfatos de cálcio e magnésio, suaves em forma de lâminas típicos dos hidroxidos de ferro e manganês ou gelatinosos produzidos pelas bactérias de ferro. O ferro precipita-se como óxido fêrrico, em forma de escamas. As causas destas incrustações são muitas e estão descritas no Manual de Operação e Manutenção de Poços.

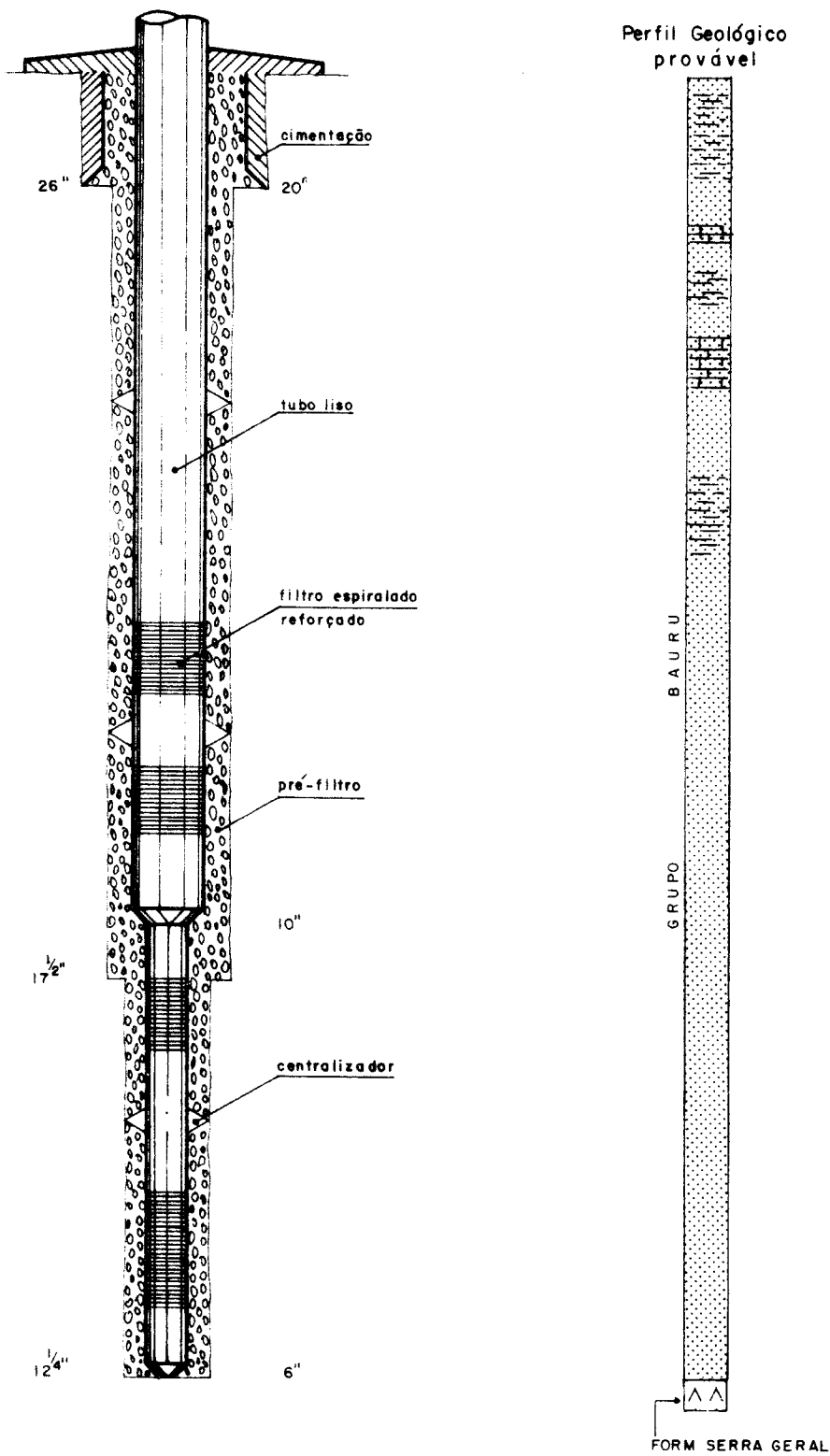
Não existem métodos práticos para prevenir a incrustação complemente. Todos servem unicamente para estudar o processo e reduzir a magnitude dos seus efeitos, mas a solução consiste em um programa bem planejado e executado de limpeza.

A corrosão resulta das reações químicas e eletroquímicas da água com a estrutura do poço. Sendo a água um eletrólito quimicamente ativo, a ocorrência da corrosão é sempre possível em qualquer sistema de exploração de água subterrânea. A causa é uma diminuição da espessura da parede de revestimento e alargamento das aberturas do filtro. A identificação da corrosão deve efetuar-se através de análises químicas. Não existem métodos para prevenir a corrosão como acontece com a incrustação. Não existe estudo para o problema, exceto conhecer em tempo seus efeitos num poço para tomar as providências necessárias para sua substituição.

Esta é em síntese, uma idéia do que significa a operação e manutenção de poços. Para um conhecimento mais detalhado dos processos deve consultar-se o Manual sobre o tema.

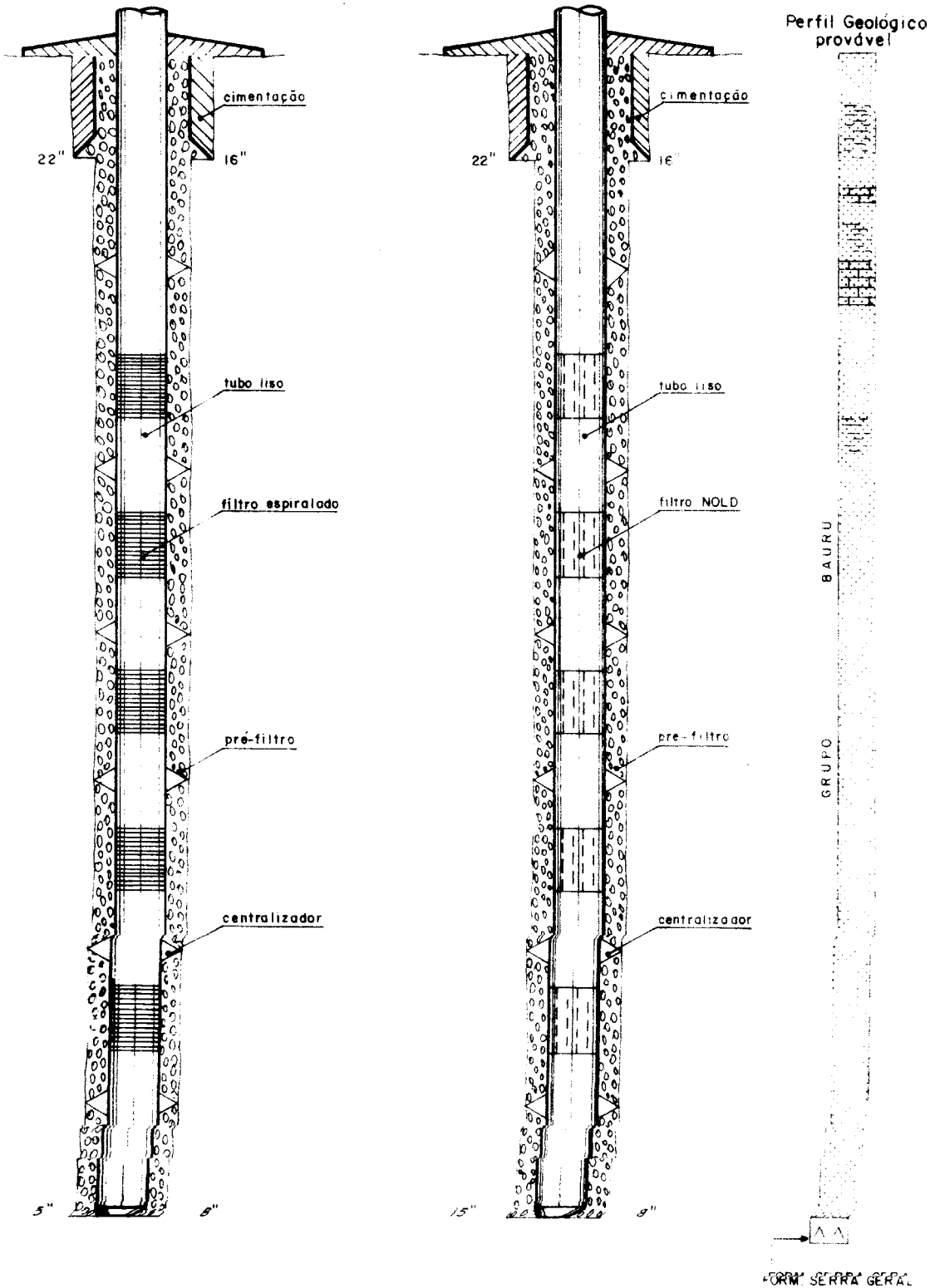
PROJETO ESQUEMÁTICO DE POÇO TUBULAR PROFUNDO

Figura 1



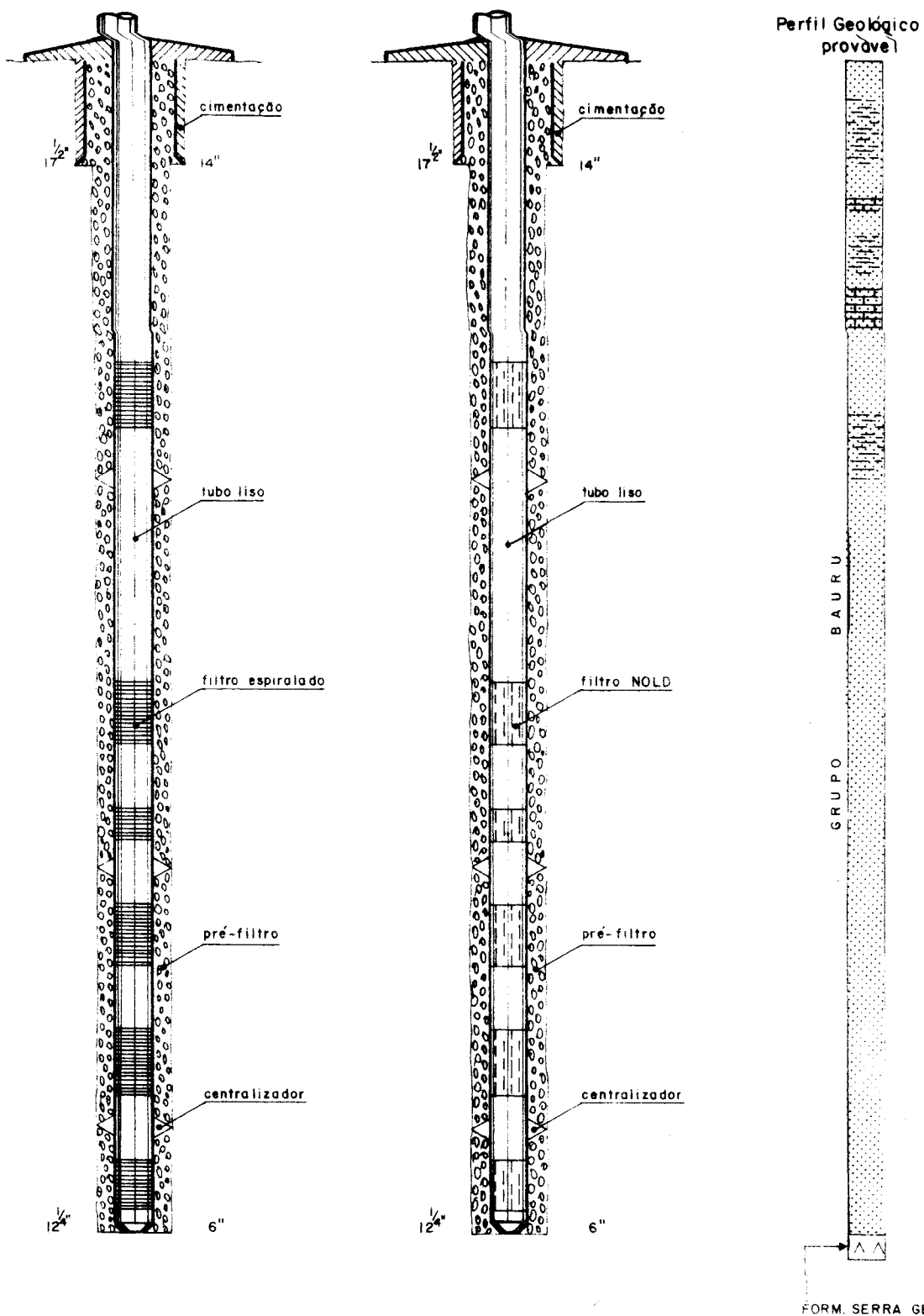
PROJETO ESQUEMÁTICO DE POÇO TUBULAR PROFUNDO

Figura 2



PROJETO ESQUEMÁTICO DE POÇO TUBULAR PROFUNDO

Figura 3



BIBLIOGRAFIA

São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Captação de água subterrânea. In: CURSO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA, São Paulo, 1979. part.5.

São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Estudos de águas subterrâneas: região administrativa 6, Ribeirão Preto. São Paulo, TAHAL, dez.1974. 4v.ilus.lams.grafs.tabs.

São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Estudos de águas subterrâneas: região administrativa 7, 8, 9, Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba. São Paulo, ENCO, ago.1976. 4v. ilus.lams.grafs.tabs.

São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Estudos de águas subterrâneas: região administrativa 10 e 11, Presidente Prudente e Marília. São Paulo, 1979. 3v.ilus.lams.grafs. tabs.

São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Divisão de Planejamento. Divisão de Planejamento e Recursos Hídricos. Serviço de Águas Subterrâneas. Avaliação hidrogeológica preliminar, projeto de poço tubular e relatório final de poço (1973-1982) 1982.

G.A. & FERRER JORBA, A. Manual de operação e manutenção de poços. São Paulo, DAEE, 1980. 123p. ilus.grafs.tabs.