

EXPLOTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS ALUVIÕES DO ALTO GUAJIRU-CEARÁ-MIRIM-RN

José Geraldo de Melo

Departamento de Geologia da UFRN

Lúcio José Cavalcanti

SONGEO — Sondagens Geológicas Ltda. Natal-RN

ABSTRACT

The hydrogeological characteristics of the alluvium of the Nascença river, in the upper Guajiru valley were studied through surface geological mapping, lithological reconnaissance drillings and aquifer test.

The correlation between the various drill logs indicated that the alluvial aquifer is heterogeneous and anisotropic. The aquifer locally behaves as semi-confined and leaking and, based on the field test, the following values for the hydrodynamic parameters were defined: transmissivity (T) = $3,20 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$; permeability (K) = $6,40 \times 10^{-4} \text{m/s}$; storage coefficient (S) = $8,72 \times 10^{-4}$ and permeability of the semi-confined layer (K') = $9,6 \times 10^{-7} \text{m/s}$. The radius of the depression cone, obtained based on these parameters, is only 80m.

It was verified that the maximum discharge capable of being obtained through a well is $5 \text{m}^3/\text{h}$ in conditions of continuous pumping and without interference from other wells.

In this area the aquifer was qualified as of low potential and its importance is due, in greater part, to the absence of other types of sources with more favorable characteristics.

INTRODUÇÃO

O vale do Alto Guajiru, no município de Ceará-Mirim-RN, desenvolve coberturas aluvionares que constituem importantes reservatórios hídricos subterrâneos para a região.

Visando a utilização deste aquífero no abastecimento humano e uso industrial com previsão de demanda de $4.800 \text{m}^3/\text{dia}$, foi realizada uma exploração hidrogeológica que permitiu identificar áreas de aluviões com boas perspectivas de aproveitamento.

O presente relatório refere-se ao desenvolvimento de uma pesquisa em umas das áreas selecionadas (Fazenda Nascença), onde foram avaliadas as condições de exploração de aquífero no local (ver fig. 1).

Os trabalhos realizados compreenderam mapeamento da cobertura aluvial, execução de 15 (quinze) sondagens mecânicas, 4 (quatro) piezômetros, 1 (um) poço produtor e realização de teste de aquífero.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

O quadro geológico regional apresenta três unidades litoestratigráficas de maior interesse que são: as rochas do embasamento cristalino Pre-Cambriano (que ocorrem a cerca de 800m a Oeste da área); os sedimentos Terciários do Grupo Barreiras e as coberturas Quaternárias aluvionares.

O Grupo Barreiras é representado por arenitos argilosos, caulínicos e argilas arenosas, de cores variegadas (com predominância de tons avermelhados). Sua espessura total foi estimada em 15m.

As aluviões ocorrem em todos os trajetos dos canais do Alto Guajirú, sobre os sedimentos Barreiras. São constituídas de camadas de areias finas, grosseiras e cascalhos, com intercalações argilosas, de coloração cinza a amarelada. Na fazenda Nascimento elas desenvolvem espessuras de até 10m, com largura variável entre 70 e 200m.

AQUÍFERO ALUVIAL

As profundidades das sondagens de reconhecimento executadas nas aluviões do riacho Nascimento variaram de 2,0m (sondagem S₅) a 10,0m (S₆) e os níveis estáticos de 0,0m (S₃) a 0,40m (S₈). Os poços e piezômetros foram todos completados com 10,0m e a posição dos níveis estáticos situam-se em torno de 0,40m.

O sistema aquífero aluvial é constituído de areias finas e grosseiras, com intercalações de argilas arenosas. A variação lateral de fácies é marcante e bem mais pronunciada no sentido vertical que horizontal. Ocorrem passagens de areias finas para grosseiras e estas para argilas. Estes aspectos caracterizam o aquífero de heterogêneo e anisotrópico.

Teste do aquífero P₁

O teste do aquífero P₁ foi realizado com duração efetiva de 44 horas (sendo: 22h de bombeamento e 22h de recuperação). O dispositivo de medição ficou constituído de um poço central de bombeamento (P₁) e quatro poços de observação - P_{Z1}, P_{Z2}, P_{Z3} e P_{Z4}; distanciados de P₁, respectivamente de 5,15m; 10,15m, 14,77m e 24,11m. Ver fig. 2. A descarga de bombeamento foi de 6,0m³/h (constante).

Análise dos dados

Na área do teste, o aquífero aluvial comporta-se como semiconfinado drenante. Com efeito, a análise correlativa entre os perfis (do poço e piezômetros) indicou no intervalo de 4,5 a 9,0m a ocorrência de areias médias a muito grosseiras (com pouca argila) que constituem o aquífero, sotopostas a uma sequência de finos, representados por argilas arenosas com características de "aquitard" a areias argilosas.

O poço bombeado localiza-se do lado direito do riacho Nascimento e o poço observado P_{Z4} do lado esquerdo (ver fig. 2); este entretanto, reagiu de forma similar as demais unidades, durante o teste, indicando que o manancial de superfície não constitui um limite direto de recarga.

As curvas de evolução dos rebaixamentos com o tempo sugerem a ocorrência de recarga que, provavelmente, é atribuída à drenança vertical descendente através dos níveis semi-permeáveis superiores.

De acordo com o modelo do aquífero concebido, na avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos foi, inicialmente, aplicado o método de Walton (válido para aquíferos semi-confinados drenantes). Somente os dados do piezômetro P_{Z1} é que permi

tiram uma interpretação. Isto, pelo fato de que nos primeiros minutos de bombeamento não foram registrados os valores dos rebaixamentos nas demais unidades observadas.

Para efeito de comparação e visando a obtenção de um número maior de informações, considerando que, praticamente, houve estabilização do nível piezométrico durante o bombeamento, foi aplicado também o método de De Glee válido para aquíferos semi-confinados em regime estacionário.

Método de Walton

As propriedades hidráulicas de um aquífero semi-confinado com fluxo em estado transitório, podem ser avaliados a partir das seguintes equações (de Hantush e Jacob, 1955): $s = \frac{Q}{4\pi T} W(u, r/B)$ e $u = r^2 S/4Tt$, onde s = rebaixamento em um poço observado à distância r de um poço bombeado (m); Q = descarga de bombeamento (m^3/s); T = coeficiente de transmissividade (m^2/s); S = coeficiente de armazenamento; B = fator de drenagem (m); $W(u, r/B)$ = função exponencial integral tabelada para cada valor de r/B e t = tempo desde o início do bombeamento (seg).

A fig. 2 apresenta o método de Walton aplicado para os dados do poço observado Pz₁. Houve uma maior coincidência da curva de campo s versus t , com a curva padrão $r/B = 0,6$ da família de curvas padrão de Walton. Ver fig. 3. O ponto A de ajuste forneceu os seguintes valores coordenados: $W(u, r/B = 0,8; 1/u = 4,4; s = 0,5$ m e $t = 120$ seg. Substituindo convenientemente estes valores nas equações apresentadas e resolvendo, sabendo-se que $Q = 1,666 \times 10^{-3} m^3/s$, obtem-se: $T = 2,12 \times 10^{-4} m^2/s$ e $S = 8,72 \times 10^{-4}$. Como $r/B = 0,6$ e $r = 5,15$ m, então $B = \frac{r}{r/B} = 8,58$ m. O coeficiente de permeabilidade K do aquífero foi obtido pela relação $K = T/b$ ou $K = 4,20 \times 10^{-5}$ m/s, sendo b = espessura do aquífero (= 5,0 m). O coeficiente de permeabilidade do "aquítard" K' pela expressão: $K' = Tb' (r/B)^2/r^2$, onde b' é a espessura do aquítard (= 0,92 m). Aplicando, resulta: $K' = 2,6 \times 10^{-6}$ m/s.

Método de De Glee

O coeficiente de transmissividade T do aquífero é obtido pela seguinte equação: $T = \frac{Q}{4\pi s_m} K_0(r/B)$, onde: s_m = rebaixamento máximo no poço observado a distância r do poço bombeado (m); $K_0(r/B)$ = função modificada de Bessel, tabelada para cada valor de r/B . A aplicação do método de De Glee é apresentada na fig. 4. A curva rebaixamento máximo (s_m) versus distância r ao poço bombeado foi construída a partir dos dados da tabela a seguir:

Poço observado	Distância r (m)	Rebaixamento s (m)
Pz ₁	5,15	1,19
Pz ₂	10,18	0,56
Pz ₃	14,77	0,49
Pz ₄	24,11	0,17

O ponto P de ajuste no trecho de maior coincidência (entre as curvas de campo e padrão) fornece: $K_0(r/B) = 0,6; r/B = 0,4; s_m = 0,5$ m e $r = 7,0$ m. Substituindo os valores de $Q (= 1,666 \times 10^{-3} m^3/s)$; $K_0(r/B)$ e s_m na equação de De Glee e resolvendo, resulta: $T = 3,20 \times 10^{-4} m^2/s$ e $B = \frac{r}{r/B} = 17,5$ m. Sabendo que $b = 5,0$ m e $b' = 0,92$ m, obtem-se $K = T/b = 6,4 \times 10^{-5}$ m/s e $K' = Tb' (r/B)^2/r^2 = 9,6 \times 10^{-7}$ m/s.

Parâmetros hidrodinâmicos

Os dois métodos aplicados na análise dos dados do teste de aquífero evidenciaram uma forte recarga por drenança vertical durante o bombeamento. Na adoção dos parâmetros hidrodinâmicos (T, K, S e K') optou-se pelos valores obtidos pela utilização do método de De Glee. Esta escolha baseou-se no fato de que neste método utilizou-se dados de todos os poços de observação e portanto fornece valores médios representativos do conjunto. Além disso, oferece uma margem de segurança maior tendo em vista o fator de drenança mais elevado ($B = 17,5\text{m}$). Para coeficiente de armazenamento tomou-se $S = 8,72 \times 10^{-4}$.

Sintetizando, são as seguintes as características hidrodinâmicas do sistema aquífero aluvial, na fazenda Nascimento, com base no teste de aquífero realizado:

$$T = 3,20 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 6,40 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$S = 8,72 \times 10^{-4}$$

$$K' = 9,6 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

Produtividade do Poço P₁

O poço produtor P₁ é totalmente penetrante desde que cerca de 90% da espessura saturada do aquífero foi telada. A descarga máxima explotável do poço P₁ foi avaliada com o auxílio da seguinte equação de De Glee (válida para aquíferos drenantes em regime estacionário): $s_w = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{1,123 B}{r_w}$, onde: s_w = rebaixamento no poço bombeado com descarga constante Q em regime estacionário; r_w = raio do poço (m).

Sendo $s_w = 3,7\text{m}$ (rebaixamento máximo disponível); $T = 3,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$; $B = 17,5\text{m}$ e $r_w = 0,075\text{m}$; e substituindo estes valores na equação apresentada e resolvendo, resulta: $Q \approx 5\text{m}^3/\text{h}$.

As perdas de carga no poço P₁ para esta vazão podem ser consideradas desprezíveis - foram instalados 4,5m de filtros (ranhuras contínuas) com abertura de 1mm e diâmetro de 6 pol. na altura da camada aquífera de espessura total igual a 5,0m. Portanto, a descarga máxima explotável do poço P₁, em funcionamento isolado, é de 5m³/h e rebaixamento de 3,7m, nas condições de regime contínuo de bombeamento.

Modelo de exploração proposto

O número de poços que deverá compor o sistema de captação em apreço, o posicionamento relativo entre eles e as condições de exploração foram estabelecidas em função das características dimensionais e hidrodinâmicas adotadas para o aquífero aluvial, bem como da demanda prefixada em 960m³/dia. O rebaixamento em cada poço será o rebaixamento devido ao seu próprio bombeamento mais o somatório das interferências causadas pelo bombeamento dos demais.

Com o objetivo de definir as condições mais racionais de exploração do aquífero no atendimento a demanda supra, foram construídas curvas teóricas de evolução dos rebaixamentos com a distância em função da vazão para um período de longa duração, através das quais se pode prever interferências entre os poços. Essas curvas foram obtidas a partir das seguintes equações:

$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u, r/B)$ e $u = \frac{r^2 S}{4T t}$ sabendo que $T = 3,20 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$; $S = 8,72 \times 10^{-4}$; $B = 17,5\text{m}$ e $t = 3 \times 10^7 \text{ seg}$, verificou-se que a uma distância de cerca de 80m (=r) os rebaixamentos, praticamente inexistem ($s = 0$), correspondendo portanto r ao raio de ação do cone de depressão ou seja: $r = R = 80\text{m}$.

Com base na equação de De Glee que fornece o rebaixamento no próprio poço bombeado e nas equações de Hantush e Jacob, apresentadas, foram estudadas condições teóricas de exploração. Verificou-se que a forma mais racional de exploração é a adoção de um sistema composto de 10 poços com características similares ao P₁, distanciados no mínimo de 40m um do outro e em linha reta (aproximadamente paralela ao riacho Nascimento), com produção de 4m³/h cada, em funcionamento simultâneo e em regime contínuo de bombeamento. O nível dinâmico no poço P₁ nestas condições deverá atingir 3,50m.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos realizados indicaram que as coberturas aluvionares, embora constituam os reservatórios hídricos subterrâneos mais importantes do setor investigado, são de modestas potencialidades hidrogeológicas. A capacidade de produção máxima possível de ser obtida por captação vertical é de 5m³/h, reflexo da baixa permeabilidade ($K = 6,4 \times 10^{-5}$ m/s) e transmissividade ($T = 3,2 \times 10^{-4}$ m²/s). Seu valor se deve em grande parte a ausência de outro tipo de manancial com características mais favoráveis.

A análise correlativa entre os perfis das sondagens executadas com fins de reconhecimento litológico, indicou que o aquífero aluvial é heterogêneo e anisotrópico. Os percentuais de sedimentos argilosos e arenosos, em cada perfil, são entretanto equivalentes.

O aquífero na fazenda Nascimento comporta-se como semi-confinado drenante. A recarga por drenança vertical descendente, evidenciada a partir dos resultados do ensaio, propicia o desenvolvimento de um cone de depressão pouco extenso, permitindo a construção de poços a distâncias relativamente pequenas um dos outros. As fontes alimentadoras são as areias sobrepostas ao nível semi-permeável ("aquí tard") e o riacho Nascimento (perene).

BIBLIOGRAFIA

- FERRIS, J.C. et alii - Theory of aquifer tests. Washington, 1965. 174 p. (Geological Survey Water - Supply Paper, 1536 - E).
- KRUSEMAN, G.P. & DE RIDDER, N.A. - Analysis and evaluation of pumping test data. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1970 200 p.
- MELO, J.G. de - Análise de dados de teste de bombeamento e de pressão à vazão livre, em poços tubulares perfurados na Bacia do Jatobá - PE. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Recife, 1980. P. 511-530.
- WALTON, W.C. - Ground Water resource evaluation. New York, Mac Graw Hill, 1970. 664 p.
- _____ - Selected analytical methods for Well and aquifer evaluation. Illinois, 1962. 81 p. (Bul. 49).

- FIG. 1 -
VALE DO ALTO GUAJIRU E SITUAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

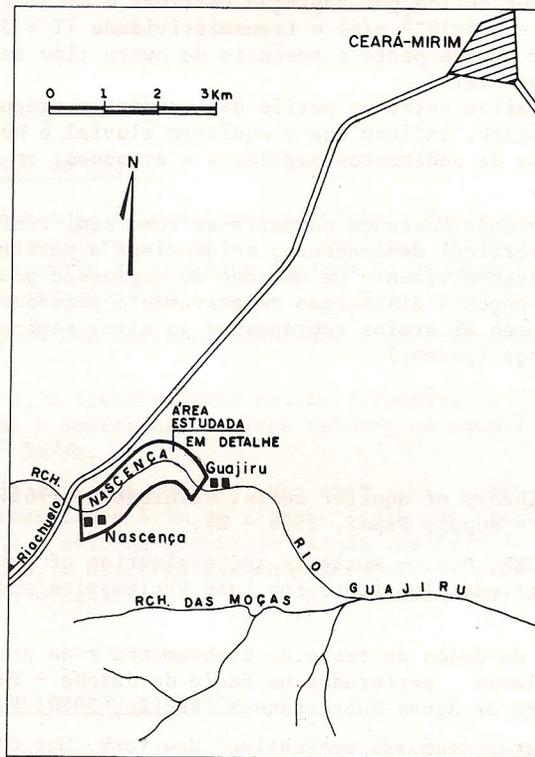
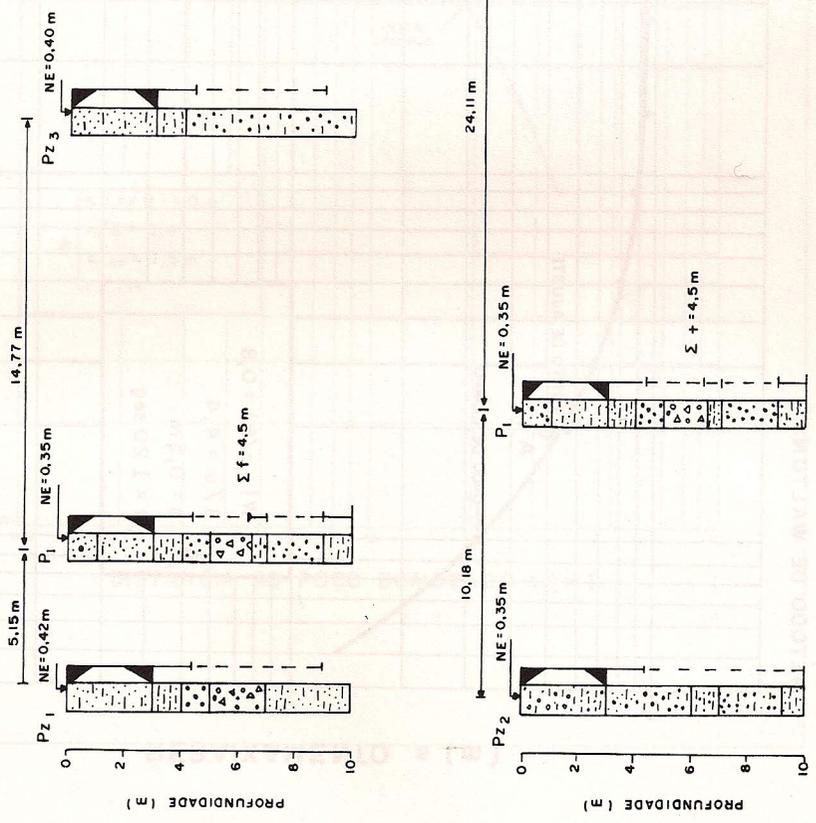
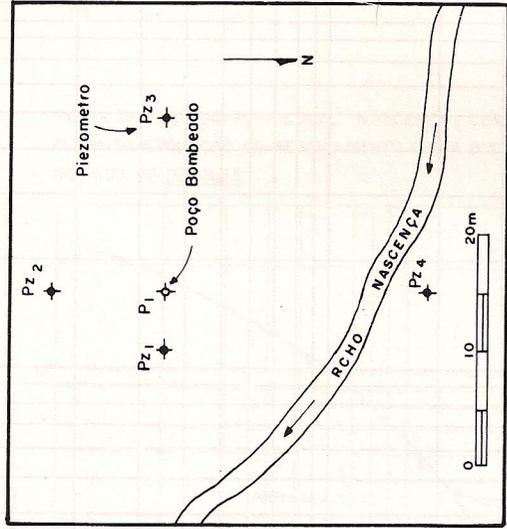
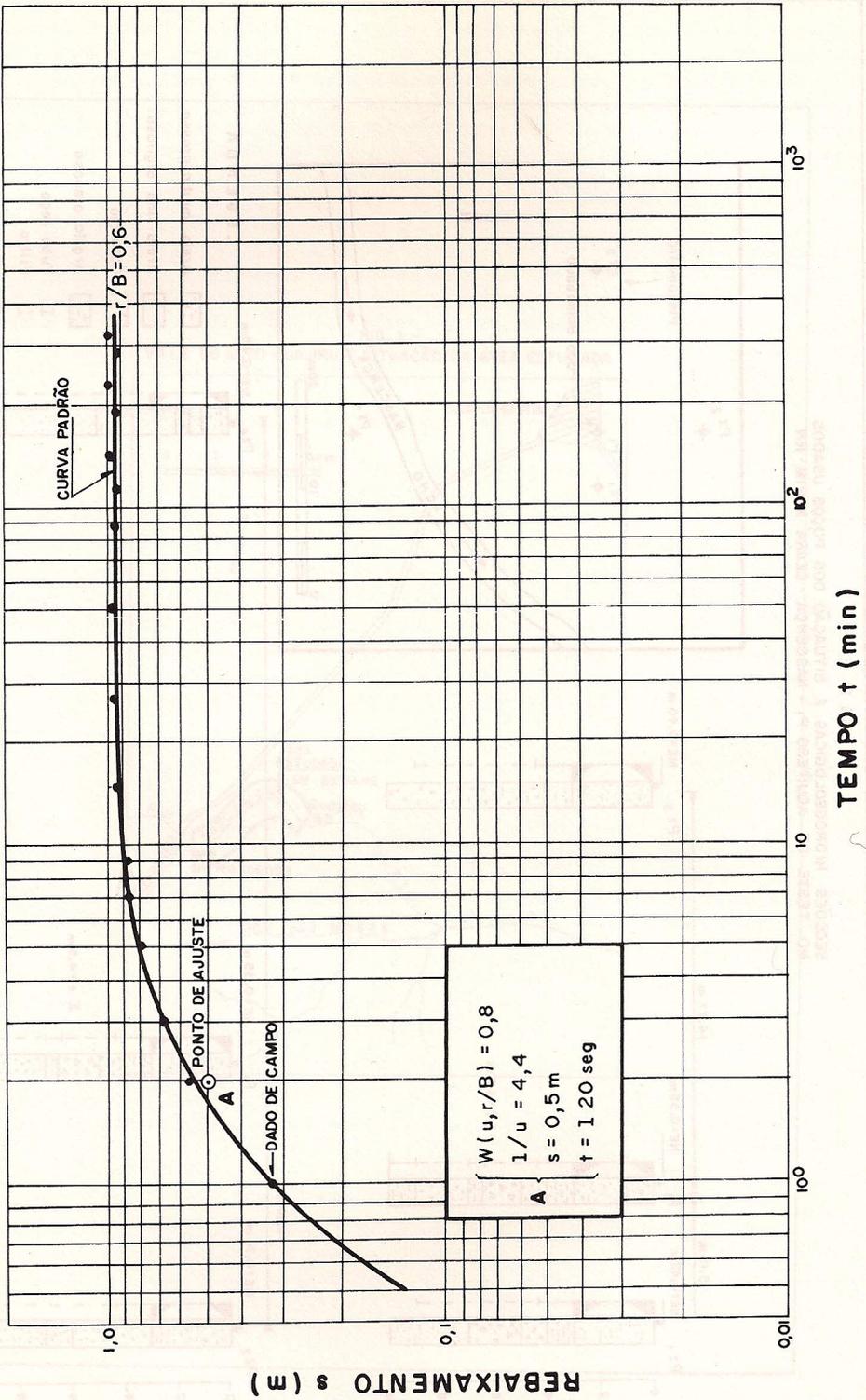


FIG. 2
 SECCÖES HIDROGEOLOGICAS E SITUACÖO DOS POÇOS USADOS
 NO TESTE DE AQUIFERO P₁ - NASCENÇA - CEARA MIRIM - RN



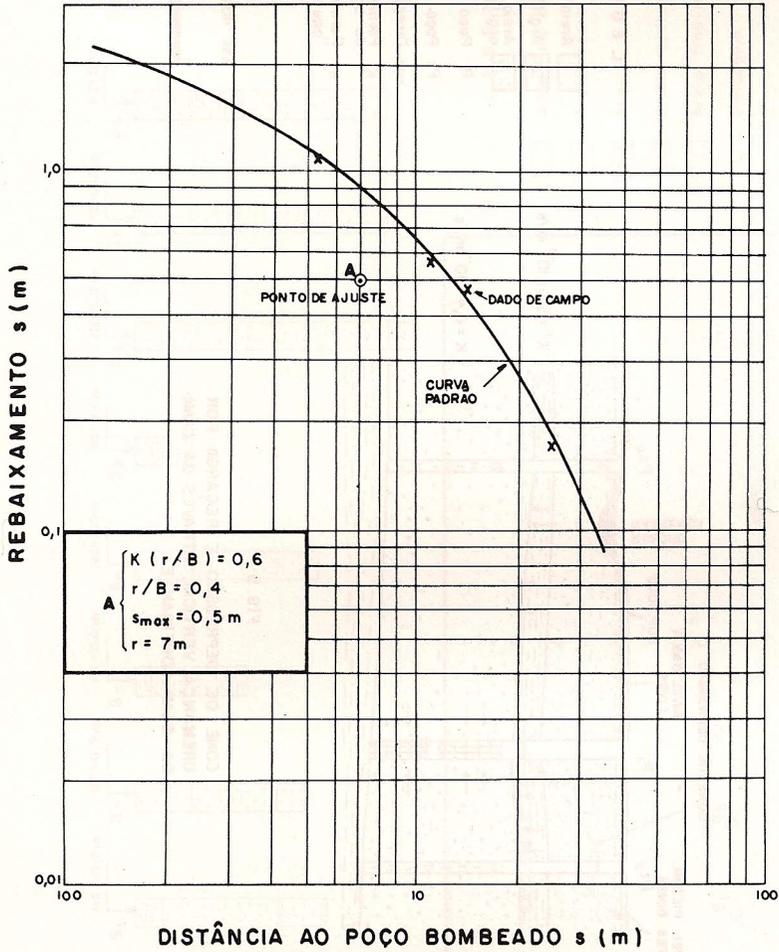
TESTE DE AQUIFERO P₁ - LOCAL: NASCENÇA, CEARÁ-MIRIM (RN)
 CURVA DE REBAIXAMENTO DO POÇO OBSERVADO Pz₁
 MÉTODO DE WALTON

Fig. 3



TESTE DE AQUIFERO P₁ - LOCAL: NASCENÇA, CEARÁ-MIRIM (RN)
 CURVA DE EVOLUÇÃO DO REBAIXAMENTO COM A DISTÂNCIA
 MÉTODO DE DE GLEE

Fig. 4



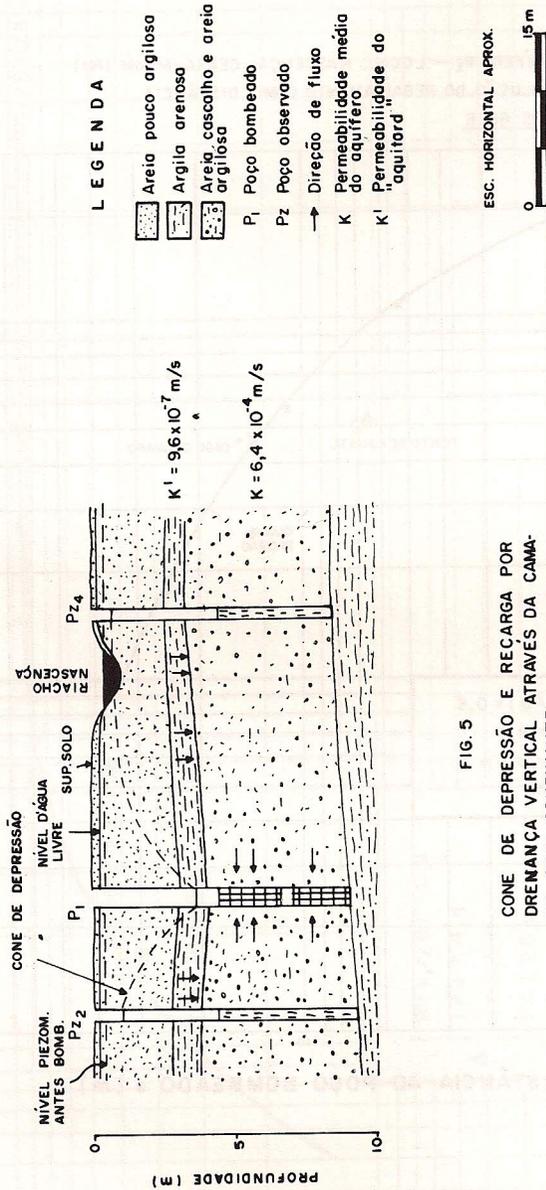
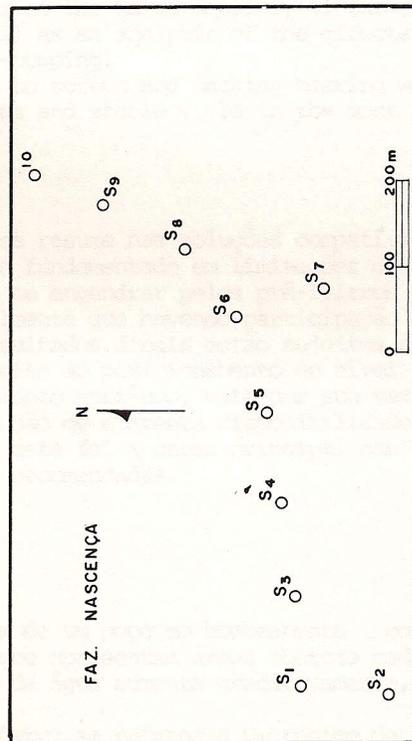
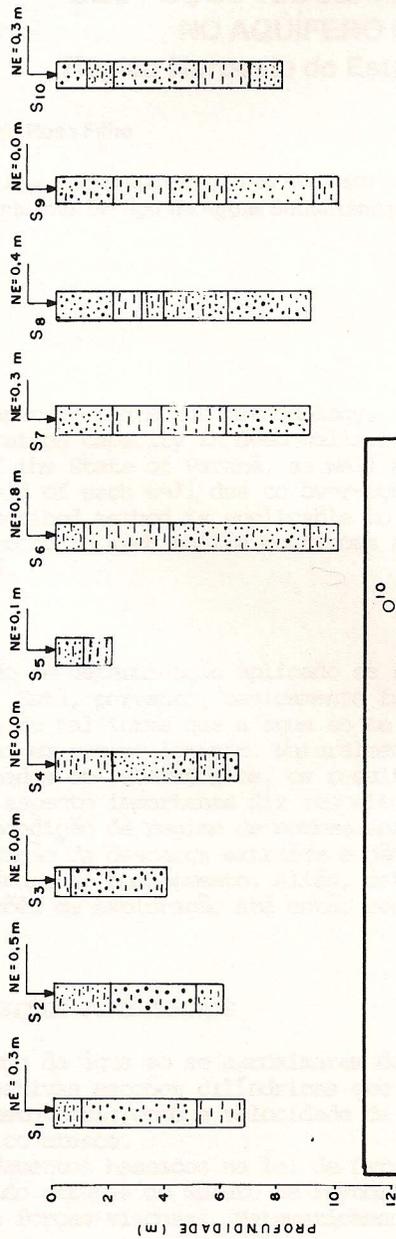


FIG. 5
 CONE DE DEPRESSÃO E RECARGA POR DRENANÇA VERTICAL ATRAVÉS DA CAMADA SEMI-CONFINANTE

FIG. 6
CORRELAÇÃO ENTRE AS SONDAGENS E SITUAÇÃO.
FAZ. NASCENÇA - CEARÁ - MIRIM - RN



LEGENDA

- Areia fina com argila
- Areia média pouco argilosa
- Argila
- Argila arenosa
- Areia fina-média
- Sondagem