PETROBRÁS MINERAÇÃO S.A.

PETROMISA

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE FAZENDINHA

MUNICÍPIO DE NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO DO AMAZONAS

RELATÓRIO FINAL

EQUIPE TÉCNICA

Hidrogeologia: Helio Paiva Macedo de França
Franklin de Morais
Josafá Ribeiro de Oliveira

Eng. de Perfuração: Luis Paulo de Godoy
Ricardo Sergio C. Mota

I - 96

CPRM — SEDOTE
ACERVO TÉCNICO
Relatório n.º 1424
N.º de Volumes: 1 V: S
Phl 009438

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO RECIFE

-1984-

APRESENTAÇÃO

O presente relatório final de projeto trata dos estudos hidrogeológicos realizados no período de julho a novembro de 1983, na área denominada Fazendinha, município de Nova Olinda do Norte, Estado do Amazonas, tendo em vista a obtenção de uma série de parametros hidraulicos dos aquíferos superiores da formação Alter do Chão, de idade Terciária, a qual recobre extensivamente em toda a região, as unidades geológicas mais antigas da bacia amazonica.

Os trabalhos de campo foram realizados especificamente na área de locação da sondagem guia de referencia 9-Fz-28-Am, executada pela Petromisa no programa de pesquisa de sais potássicos, tendo comportado dois segmentos principais.

O primeiro referente ao estudo das condições de escoamento subterraneo nos arenitos mais superficiais do pacote sedimentar, e que ocorrem aproximadamente no intervalo de 12-21 metros de profundidade, envolvendo a determinação da direção e sentido do fluxo, bem como a avaliação da velocidade horizontal e da porosidade efetiva desses arenitos.

A segunda parte diz respeito a determinação dos parametros hidrodinamicos (permeabilidades, transmissividades, etc), das três principais unidades aquíferas identificadas até a profundidade de 120 metros-limite estabelecido para as investigações-mediante a execução de testes de aquífero controlados e de longa duração.

No documento em tela, são apresentados e analisados os dados hidrogeológicos obtidos na execução desses trabalhos, os quais deverão servir de subsídio para a elaboração do projeto de construção de um "shaft" profundo, destinado a lavra da jazida de sais potássicos existentes na região.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações gerais 1

1.2 - Objetivos e métodos de trabalho..... 5

2 - PERFIL LITOLÓGICO OBSERVADO. IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES AQUÍFERAS 8

3 - ESTUDO DAS CONDIÇÕES DO ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO NO NÍVEL AQUÍFERO SUPERFICIAL 12

3.1 - Locação e características construtivas dos piezometros rasos (X, Y) 12

3.2 - Nivelamento topográfico e correlação dos perfis litológicos. Espessura do nível aquífero superficial 15

3.3 - Medições periódicas de nível d'água 17

3.4 - Superfícies piezométricas. Determinação da direção e sentido do fluxo subterrâneo 20

3.5 - Estimativas da permeabilidade e da velocidade horizontal no nível aquífero superficial 27

3.6 - Estudos especiais com traçador radioativo 30

3.6.1 - Determinação do fluxo em poços 32

3.6.1.1 - Tipos de fluxos 32

3.6.1.2 - Procedimento experimental 33

3.6.2 - Direção e sentido do fluxo 37

3.6.2.1 - Procedimento experimental 38

3.6.3 - Ensaios para determinação da porosidade eficaz 39
3.6.3.1 - Fundamento teórico 39
3.6.3.2 - Procedimento experimental 40
3.6.4 - Resultados obtidos 41
3.6.4.1 - Velocidade horizontal do fluxo subterrâneo 41
3.6.4.2 - Direção e sentido do escoamento 43
3.6.4.3 - Determinações de porosidade eficaz 43
3.6.4.4 - Determinação da velocidade real no aquífero 44
4 - DETERMINAÇÃO DOS PARAMETROS HIDRODINÂMICOS DAS UNIDADES AQUÍFERAS 47
4.1 - Características construtivas dos piezometros 52
4.2 - Características construtivas do poço de bombeamento 62
4.3 - Teste de bombeamento da unidade aquífera superior 66
4.3.1 - Condições de realização do ensaio 66
4.3.2 - Avaliação dos parametros hidráulicos 69
4.4 - Teste de bombeamento da unidade aquífera intermediária 75
4.4.1 - Condições de realização do ensaio 76
4.4.2 - Determinação dos parametros hidráulicos 78

4.5 - Teste de bombeamento da unidade aquífera inferior 88
4.5.1 - Determinação dos parametros hidráulicos 90
5 - TEMPERATURA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 97
6 - CONCLUSÕES 105

LISTA DE FIGURAS NO TEXTO

Fig. 2.1 - Perfil litológico básico 9

Fig. 3.1 - Localização dos piezometros rasos (X,Y)..... 13

Fig. 3.2 - Correlação litológica - Piezometros (X,Y) 16

Fig. 3.3 - Gráfico de variação dos níveis estáticos nos piezometros (X,Y) 18

Fig. 3.4 - Medições de nível d'água e de pressão atmosférica nos piezometros Y.3 e Y.4 19

Fig. 3.5 - Superfície piezométrica em 01.08.1983 Arenitos do intervalo: 12-21m 23

Fig. 3.6 - Superfície piezométrica em 26.09.1983 Arenitos do intervalo: 12-21m 25

Fig. 3.7 - Superfície piezométrica em 10.11.1983 Arenitos do intervalo: 12-21m 26

Fig. 3.8 - Volume teórico em um piezometro 34

Fig. 3.9 - Perfil do detetor Geiger-Muller colimado 38

Fig. 3.10 - Curva de variação de radioatividade em um detetor colimado para determinação da direção e sentido do fluxo 38

Fig. 3.11 - Esquema de determinação da porosidade eficaz 39

Fig. 4.1 - Esquema de locação do poço de bombeamento e dos piezometros profundos - A, B,C 49

Fig. 4.2 - Curva granulométrica do pré-filtro utilizado no poço e piezometros 51

Fig. 4.3 - Perfil técnico construtivo - Piezometro A.1 53

Fig. 4.4 - Perfil técnico construtivo - Piezometro A.2 55
Fig. 4.5 - Perfil técnico construtivo - Piezometro B.1 57
Fig. 4.6 - Perfil técnico construtivo - Piezometro B.2 58
Fig. 4.7 - Perfil técnico construtivo - Piezometro C.1 60
Fig. 4.8 - Perfil técnico construtivo - Piezometro C.2 61
Fig. 4.9 - Perfil técnico construtivo - Poço de bombeamento 63
Fig. 4.10 - Esquema de execução do teste de bombeamento - Unidade aquífera superior 70
Fig. 4.11 - Gráfico de variação dos níveis estáticos nos piezometros B.1, B.2. C.1 e C.2 74
Fig. 4.12 - Esquema de execução do teste de bombeamento - Unidade aquífera intermediária 79
Fig. 4.13 - Gráfico de variação dos níveis estáticos nos piezometros A.1, A.2, C.1 e C.2 87
Fig. 4.14 - Esquema de execução do teste de bombeamento - Unidade aquífera inferior 91
Fig. 4.15 - Gráfico de variação dos níveis estáticos nos piezometros A.1, A.2, B.1 e B.2 96
Fig. 5.1 - Perfis de temperatura nos piezometros A.1 e A.2 - Unidade aquífera superior 99
Fig. 5.2 - Perfis de temperatura nos piezometros B.1 e B.2 - Unidade aquífera intermediária 100

Fig. 5.3 - Perfis de temperatura nos piezometros
C.1 e C.2 - Unidade aquífera inferior..... 101
Fig. 5.4 - Perfis de temperatura nos piezometros
X - Nível aquífero superficial: 12-21m 103
Fig. 5.5 - Perfis de temperatura nos piezometros
Y - Nível aquífero superficial: 12-21m 104

ANEXOS

ANEXO I - ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Fig. I.1 - Piezometro Y.1 - Intervalos:13-14m; 14-17m

Fig. I.2 - Piezometro Y.2 - Intervalos:17-18m; 19-20m

Fig. I.3 - Piezometro Y.3 - Intervalos:14-15m; 15-17m

Fig. I.4 - Piezometro Y.3 - Intervalo: 17-18m

Fig. I.5 - Piezometro Y.4 - Intervalo: 20-21m

Fig. I.6 - Piezometro X.2 - Intervalo: 14-15m

Fig. I.7 - Piezometro X.3 - Intervalo: 16-18m

Fig. I.8 - Piezometro X.4 - Intervalos:15-16m; 16-17m

Fig. I.9 - Poço de bombeamento - Intervalos: 32-34m, 34-36m

Fig.I.10 - Piezometro C.2 - Intervalo: 80-82m

Fig.I.11 - Piezometro C.2 - Intervalo: 88-90m

Fig.I.12 - Piezometro C.2 - Intervalos:96-98m; 104-106m

ANEXO II - GRÁFICOS DOS ESTUDOS ESPECIAIS COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Fig.II.1 a Fig.II.8 - Ensaios de diluição com traçador radioativo, para determinação de velocidades horizontais de fluxo

Fig.II.1 - Piezometro X.1

Fig.II.2 - Piezometro X.2

Fig.II.3 - Piezometro X.3
Fig.II.4 - Piezometro X.4
Fig.II.5 - Piezometro Y.1
Fig.II.6 - Piezometro Y.2
Fig.II.7 - Piezometro Y.3
Fig.II.8 - Piezometro Y.4
Fig.II.9 - Gráficos de direção e sentido do fluxo
Fig.II.10- Medida de porosidade.Piezometro A.1 e poço de bombeamento (1ª etapa).
Fig.II.11- Medida de porosidade.Piezometro X.2 e X.2a
Fig.II.12- Medida de porosidade.Piezometro Y.1 e Y.1a
Fig.II.13- Gráficos para determinação da velocidade real

ANEXO III - TABELAS E GRÁFICOS DO ENSAIO DE BOMBEAMENTO NA UNIDADE AQUÍFERA SUPERIOR

Tabela III.1 - Dados de rebaixamento - Poço bombeado
Fig.III.1a - Gráfico de rebaixamento - Poço bombeado
Tabela III.2a- Dados de recuperação (rebaixamento residual) - Poço de bombeamento
Fig.III.2a - Gráfico de rebaixamento residual - Poço bombeado
Tabela III.3 - Dados de rebaixamento - Piezometro A.1
Fig.III.3a - Gráfico de rebaixamento - Piezometro A.1

Tabela III.4 - Dados de recuperação (rebaixa - mento residual) Piezometro A.1

Fig.III.4a - Gráfico de rebaixamento resi - dual - Piezometro A.1

Tabela III.5 - Dados de rebaixamento - Piezo- metro A.2

Fig.III.5a - Gráfico de rebaixamento - Pie- zometro A.2

Tabela III.6 - Dados de recuperação (rebaixa - mento residual) Piezometro A.2

Fig.III.6a - Gráfico de rebiaxamento resi- dual - Piezometro A.2

ANEXO IV - TABELAS E GRÁFICOS DO ENSAIO DE BOMBEA- MENTO NA UNIDADE AQUÍFERA INTERMEDIÁRIA

Tabela IV.1 - Dados de rebaixamento - Poço bombeado

Fig.VI.1a - Gráfico de rebaixamento - Poço bombeado

Tabela IV.2 - Dados de recuperação (rebaixa - mento residual) - Poço de bom- beamento

Fig.IV.2a - Gráfico de rebaixamento residu- al - Poço de bombeamento

Tabela IV.3 - Dados de rebaixamento - Piezome- tro B.1

Fig.IV.3a - Gráfico de rebaixamento - Piezo- metro B.1

Tabela IV.4 - Dados de recuperação (rebaixa - mento residual) Piezometro B.1

Fig.IV.4a - Gráfico de rebaixamento residu- al - Piezometro B.1

Tabela IV.5 - Dados de rebaixamento - Piezometro B.2

Fig.IV.5a - Gráfico de rebaixamento - Piezometro B.2

Tabela IV.6 - Dados de recuperação (rebaixamento residual) Piezometro B.2

Fig.IV.6a - Gráfico de rebaixamento residual - Piezometro B.2

ANEXO V - TABELAS E GRÁFICOS DO ENSAIO DE BOMBEAMENTO NA UNIDADE AQUÍFERA INFERIOR

Tabela V.1 - Dados de rebaixamento - Poço bombeado

Fig.V.1a - Gráfico de rebaixamento - Poço bombeado

Tabela V.2 - Dados de recuperação (rebaixamento residual) - Poço bombeado

Fig. V.2a - Gráfico de rebaixamento residual - Poço bombeado

Tabela V.3 - Dados de rebaixamento - Piezometro C.1

Fig. V.3a - Gráfico de rebaixamento - Piezometro C.1

Tabela V.4 - Dados de recuperação (rebaixamento residual) -Piezometro C.1

Fig. V.4a - Gráfico de rebaixamento residual) - Piezometro C.1

Tabela. V.5 - Dados de rebaixamento - Piezometro C.2

Fig. V.5a - Gráfico de rebaixamento - Piezometro C.2

Tabela V.6 - Dados de recuperação (rebaixamento residual) -Piezometro C.2

Fig. V.6a - Gráfico de rebaixamento residual - Piezometro C.2

ANEXO VI - CERTIFICADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS

VI.1 - Unidade aquífera superior

VI.2 - Unidade aquífera intermediária

VI.3 - Unidade aquífera inferior

ANEXO VII - PERFILAGENS ELÉTRICAS

VII.1 - Poço de bombeamento - 1ª etapa
Perfis: gama-caliper-densidade

VII.2 - Poço de bombeamento - 2ª etapa
Perfis: gama-caliper

VII.3 - Poço de bombeamento - 3ª etapa
Perfis: gama-caliper

VII.4 - Piezometro A.1
Perfis: gama-caliper

VII.5 - Piezometro A.2
Perfis: gama-caliper

VII.6 - Piezometro B.1
Perfis: gama-caliper

VII.7 - Piezometro B.2
Perfis: gama-caliper

VII.8 - Piezometro C.1
Perfis: gama-caliper

VII.9 - Piezometro C.2
Perfis: gama-densidade-caliper

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações gerais

A Petromisa vem desenvolvendo um amplo programa de pesquisa de sais potássicos na bacia amazonica, já tendo executado uma série de sondagens estratigráficas para delimitação dos corpos mineralizados de silvinita.

Na área de Fazendinha, local de execução da sondagem 9-Fz-28-Am, os resultados evidenciaram a ocorrencia de uma importante e promissora jazida, pretendendo a empresa construir um "shaft" profundo, da ordem de 1100 metros de profundidade, destinado a sua lavra. Entretanto, para execução da obra faz-se necessário o conhecimento prévio de determinados parametros hidrodinâmicos reguladores das condições de ocorrência da água subterrânea nas diversas unidades geológicas a serem atravessadas.

A partir dos 100 metros tais elementos deverão ser obtidos mediante os testes convencionais de formação utilizados na pesquisa petrolífera. Para profundidades menores, no entanto, o equipamento normalmente utilizado não permite essas determinações, tendo-se optado pela realização do estudo hidrogeológico em pauta, como forma de se obter os coeficientes hidraulicos dos níveis aquíferos mais superiores do pacote sedimentar.

Em outubro de 1982 a Petromisa solicitou à CPRM, a elaboração de um plano de trabalho onde fossem estabelecidos os procedimentos metodológicos e as especificações para a execução dos poços e piezometros necessários à realização da pesquisa, tendo em vista o equacionamento do problema hidrogeológico de construção do "shaft", a cargo de consultores franceses (MDPA-Mines de Potasse d'Alsace), contratados para essa tarefa.

Inicialmente os técnicos franceses enviaram à Petromi-

sa via telex (nº 1563 e 1659 de 15 e 29.09.83), algumas recomendações para a realização dos estudos, supondo naquelas ocasiões que as camadas aquíferas a serem testadas, tinham toda a chance de se comunicarem verticalmente, constituindo em termos práticos um sistema único cujas variações nos parametros (permeabilidades, transmissividades), poderiam ser avaliadas mediante etapas sucessivas de teste, a cada 25 metros, na medida em que o poço de bombeamento fosse aprofundado. Não havia portanto sido levantada a hipótese de ocorrencia de níveis aquíferos destintos e hidraulicamente diferenciados, o que implicaria na necessidade do estudo isolado de cada um deles.

As sujestões formuladas consistiram na execução de um poço único de bombeamento a ser sucessivamente aprofundado na medida em que fossem realizados testes de aquífero a intervalos de 25 metros, além de oito piezometros com profundidades variaveis de 40 a 80 metros, que deveriam ser locados em pares cruzados de um lado e do outro do poço, a distancias variando de 10 a 100 metros, paralelamente e perpendicularmente ao eixo presumido do escoamento subterraneo.

Tratava-se portanto de um esquema de investigação dirigido especificamente para o estudo das condições hidrodinamicas de um aquífero livre, homogeneo e isotropico, com amplas possibilidades de comunicação vertical e de transferencia de água entre as camadas do pacote sedimentar.

Em reunião realizada na sede da Petromisa no Rio de Janeiro, em outubro de 1982, foi entretanto fornecido à CPRM o provável perfil litológico dos 100 metros iniciais da formação Alter do Chão, com base nos dados de sondagens estratigráficas realizadas em regiões próximas da área do projeto.

Esse perfil, contrariamente ao que imaginavam os técnicos franceses, indicava a ocorrencia de uma sequência repetiti

va de camadas arenosas e argilosas de espessuras variáveis, evidenciando a ocorrência de um sistema aquífero heterogeneo, de acentuada anisotropia vertical, caracterizado por vários níveis aquíferos presumivelmente individualizados em termos piezométricos e hidraulicos, em função da existência de camadas impermeáveis intercaladas, atigindo espessuras de até 20 metros.

Os dados fornecidos indicavam a ocorrência de quatro níveis aquíferos principais nos intervalos de 0-16m, 30-41m, 50-69m e 89-100m, separados por horizontes argilosos impermeáveis. Foi então elaborado um plano de trabalho preliminar, onde se previa o estudo isolado de cada nível aquífero através da execução de quatro poços de bombeamento com profundidades crescentes e compatíveis com o intervalo a ser testado, cada qual dispondo de dois piezometros de menor diametro, porém de características construtivas similares.

O programa foi submetido a apreciação dos consultores franceses, tendo sido acolhido nas suas diretrizes básicas, conforme correspondencia datada de 18.01.83 ref. 2507/DEIA recebida pela Petromisa. No referido documento foi entretanto recomendado - visando redução de custos - a execução de um único poço de bombeamento a ser executado por etapas, para permitir testes sucessivos dos intervalos aquíferos, bem como a realização de uma pesquisa específica nos arenitos superficiais do intervalo 0-16m, para determinação da direção, sentido e velocidade do escoamento subterrâneo, de especial interesse no caso de utilização do método de congelamento nas operações de construção do "shaft".

Em nova reunião realizada em 18.02.83 na Petromisa-Rio de Janeiro, para discussão final de detalhes da ordem técnica e economica do projeto, foi apresentado a CPRM o perfil litológico considerado definitivo da área de estudos, obtido da sondagem guia 9-Fz-28-Am, o qual evidenciava a ocorrência, ao invés de

quatro, de apenas três níveis aquíferos principais situados nos intervalos: 17-41m, 55-77,5m e 85-108m, separados por camadas impermeáveis. Indicava também a presença de uma delgada camada arenosa sub-superficial no intervalo 4-6 metros de profundidade.

De posse dessas informações a CPRM elaborou o plano de trabalho definitivo objeto do aditivo nº 01 ao contrato 006/82 firmado com a Petromisa. Na parte relativa ao estudo do escoamento superficial, foi proposta a execução de uma bateria de 28 furos de pequeno diametro, com profundidades da ordem de 6 metros e espaçamento de 30-40m, a serem realizados a trado manual, visando o delineamento piezométrico e a determinação da direção e sentido do fluxo subterrâneo na camada aquífera existente entre 4-6 metros de profundidade. No caso, o número relativamente grande de piezometros com reduzido afastamento entre eles, resultou da hipotese de ocorrência de gradientes hidráulicos pronunciados, devido a provável influencia da topografia.

Para a determinação da velocidade de escoamento, atendendo sugestão dos técnicos franceses, foi prevista a execução de poços de grande diametro, com profundidades da ordem de seis metros atingindo a base do nível aquífero, nos quais deveriam ser injetadas soluções concentradas de traçador químico (ClNa), para determinação do tempo de transito até piezometros a serem construidos próximos do ponto de injeção.

Em viagem de reconhecimento a área efetuada no período de 02 a 05.06.83, foi realizada sondagem experimental a trado que atingiu a profundidade de 11 metros, não se constatando a presença do nível arenoso sub-superficial (intervalo 4-6metros), e sim a existencia de um pacote continuo de argilas plásticas e maciças, levemente síltico-arenosas na parte basal. Esses dados tornaram inviável e sem sentido prático a realização dos estudos do escoamento superficial, conforme inicialmente preconizado,por

tratar-se de materiais praticamente impermeáveis com velocidade de circulação quase nula ou extremamente reduzida, impossibili - tando sua medição através das curvas de chegada do traçador (Cl Na) nos piezometros de observação.

Em reunião realizada em Manaus, no dia 08.06.83 com técnicos da Petromisa-Rio de Janeiro, foi feita uma exposição sobre o assunto, tendo sido sugerido pela CPRM, que o estudo do fluxo subterraneo fosse realizado nos primeiros arenitos saturados que efetivamente ocorrem no intervalo 12-21 metros de profundidade. Nesse caso, tratando-se de um sistema aquífero aparentemente confinado pelo relativamente espesso pacote argiloso superficial, admitia-se a ocorrência de uma superfície piezométrica bastante regular, não influenciada pelas variações topográficas e com gradientes hidráulicos fracos. O espaçamento entre os piezometros teria que ser bem maior para tornar mensuravel o declinio piezométrico, e menor o número de furos devido uma esperada maior regularidade da superfície piezométrica. Nesse sentido, a modificação na programação, proposta e aceita, consistiu na execução de 8 piezometros com profundidades em torno de 22-25m e afastamento de 250m, a serem locados ao longo de dois eixos (X, Y) perpendiculares entre si, com interseção na sondagem guia 9-Fz-28-Am.

Quanto a determinação da velocidade de escoamento foi proposta a utilização de técnicas radioisotópicas nos piezometros a serem construidos, utilizando-se o método de marcação da coluna d'água, medindo-se ao longo do tempo a redução da concentração pela passagem do fluxo subterrâneo.

1.2 - Objetivos e métodos de trabalho

Com relação a análise das condições de escoamento nos

arenitos aquíferos mais superficiais, foram adotados os seguintes procedimentos básicos:

. Perfuração de oito piezometros rasos com profundidade média de 22 metros, com execução de perfil gama para delimitação precisa do horizonte aquífero.
. Nivelamento topográfico para determinação das cotas dos piezometros.
. Medições sistemáticas e periódicas das profundidades dos níveis d'água nos piezometros, determinando-se eventuais modificações ao longo do tempo.
. Elaboração de mapas piezométricos para determinação da direção e sentido do fluxo, em diferentes épocas.
. Determinação da velocidade horizontal do fluxo subterraneo, pelo método do poço único, utilizando-se traçador radioativo (iodo-131).
. Determinação da direção do escoamento com traçador radioativo e sonda direcional.
. Estimativas de porosidade efetiva dos arenitos aquíferos, com traçadores radioativos e químicos (ClNa), utilizando-se piezometros auxiliares especialmente construidos para essa finalidade.
. Estimativas de permeabilidade dos arenitos a partir de análises granulométricas.
. Execução de perfis de temperatura da água subterranea.

Na etapa de avaliação dos parametros hidrodinamicos(coeficientes de permeabilidade, transmissividade e armazenamento), dos três principais intervalos aquíferos, os procedimentos adotados foram os seguintes:

. Perfuração de um poço de bombeamento executado em 3 etapas sucessivas, realizando-se no final de cada

uma delas o teste de aquífero correspondente ao intervalo captado, sendo o(s) horizonte(s) anteriormente testado(s), isolado(s) por cimentação.

. Execução de seis piezometros de profundidades variaveis:

- Piezometros A.1 e A.2, de 45 metros correspondentes a unidade aquífera superior.
- Piezometros B.1 e B.2, de 77 metros, correspondentes a unidade aquífera intermediária.
- Piezometros C.1 e C.2, de 120 metros, correspondentes a unidade aquífera inferior.

. Realização de testes de bombeamento em cada intervalo aquífero, com medidas de rebaixamento e recuperação no poço bombeado e nos piezometros correspondentes.

. Interpretação das curvas experimentais e determinação dos parametros hidrodinamicos.

. Realização de perfis de temperatura nos piezometros para determinação das variações de temperatura da água nos intervalos aquíferos.

. Análise química da água coletada durante o bombeamento.

2 - PERFIL LITOLÓGICO OBSERVADO. IDENTIFICAÇÂO DAS UNIDADES AQUÍFERAS

Na primeira fase dos trabalhos de campo, procurou-se estabelecer de forma concreta e definitiva o perfil litológico da sequência, visando a individualização dos intervalos aquíferos a serem estudados, para fins de definição das profundidades reais dos piezometros e do poço de bombeamento, nas suas diversas etapas. Teve também por objetivo a definição dos esquemas finais de completação dessas unidades de pesquisa, no que se refere aos intervalos de colocação dos filtros , intervalos de encascalhamento e de cimentações de isolamento. Para tanto, conforme previa o plano de trabalho, foram inicialmente executados os piezometros C.1 e C.2 de 120 metros, utilizando-se na composição do perfil litológico, os dados da testemunhagem contínua efetuada no piezometro C.1, a perfilagem gama desse piezometro, além da amostragem de calha do piezometro C.2, especialmente nos intervalos não recuperados.

A fig. 2.1 mostra o perfil básico considerado, indicando-se os intervalos e percentuais de recuperação, com descrição dos tipos litológicos obtidos nos barriletes, completando-se as demais seções com a descrição da amostragem de calha.

O perfil inicia-se com argilas avermelhadas plásticas e maciças com intercalações de argilas esbranquiçadas com tons avermelhados até aproximadamente 12m de profundidade, sendo a parte basal desse pacote progressivamente siltico-arenoso, conforme denota a redução de intensidade na perfilagem gama. No intervalo 12-21m ocorrem arenitos heterogeneos, muito pouco consolidados, de granulação média e grosseira, às vezes conglomeráticos, pouco argilosos. Segue-se até os 32m, um pacote de argilas avermelhadas plásticas, síltica, bastante impermeáveis, apare-

PERFIL LITOLÓGICO BÁSICO

PROFUNDIDADE : 120 m.

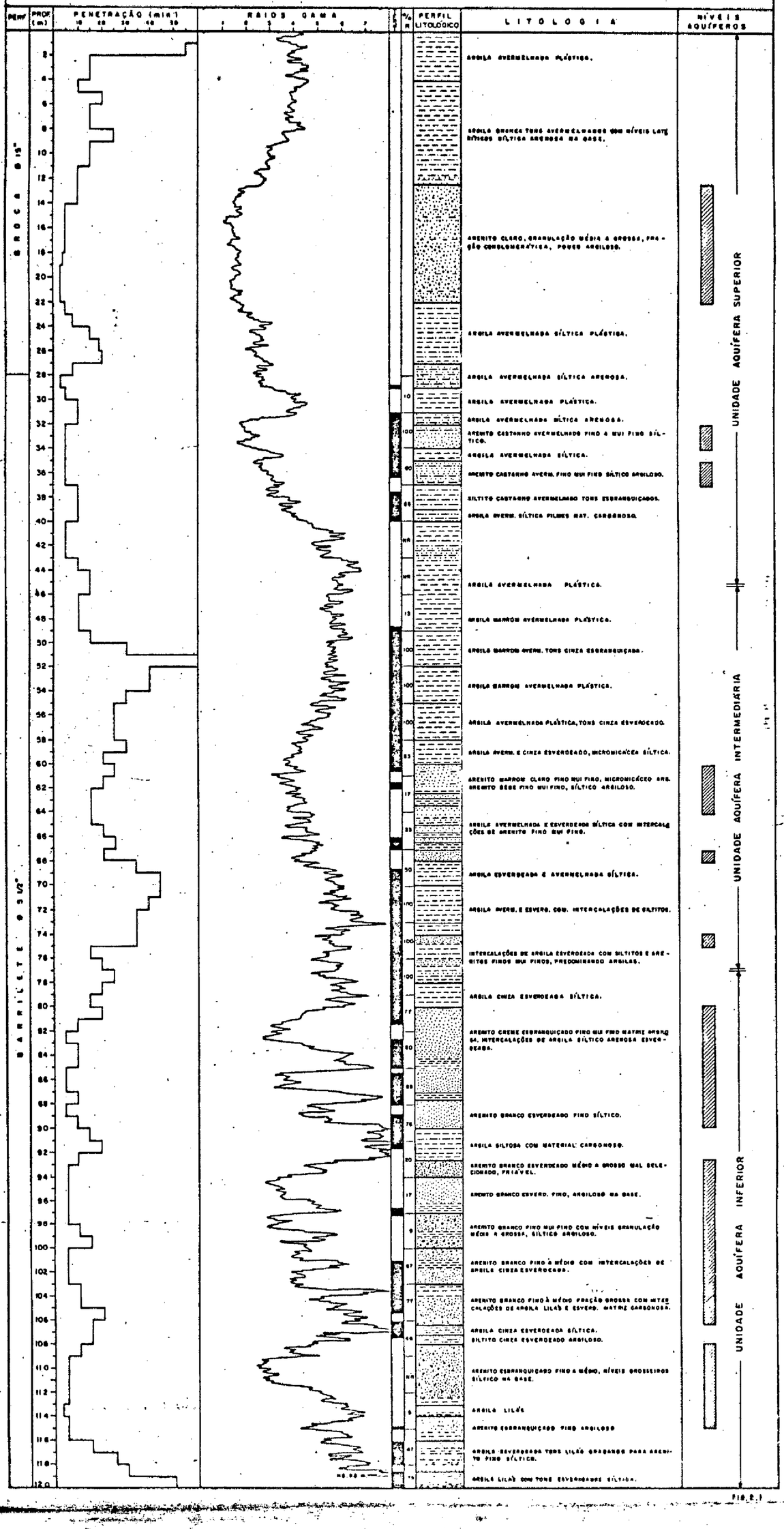


FIG. 2.1

cendo contudo entre 32-36m novas intercalações de arenitos finos e sílticos, de reduzida importancia hidrogeológica. A partir dos 36 até 60m de profundidade, voltam a aparecer de forma contínua argilas avermelhadas plásticas e maciças, às vezes sílticas e com tonalidades esverdeadas, constituindo um pacote essencialmente impermeável e confinante. Entre 60 e 77 metros de profundidade observa-se a ocorrencia de uma seção predominantemente argilosa (argilas avermelhadas e esverdeadas), porém com sucessivas intercalações de delgadas camadas de arenitos finos a muito finos de coloração marrom claro e beje, síltico-argilosos. Na parte basal da sequencia, entre 77 e 120 metros, verifica-se a presença dominante de arenitos de coloração clara, de granulação fina a média, às vezes grosseira, na forma de sucessivas camadas de espessuras variáveis, intercaladas com níveis argilosos de menores espessuras, onde predominam as tonalidades esverdeada e lilás.

De acordo com a litologia acima descrita de forma sumária, foi possível subdividir o pacote em 3 seções principais, visando a análise hidrodinamica isolada dos níveis aquíferos nelas presentes, e a definição das características construtivas das demais unidades de pesquisa previstas na programação.

. 1ª Seção: de 0 a 45 metros de profundidade

Corresponde a unidade aquífera superior formada por dois níveis aquíferos. O primeiro, doravante denominado nível aquífero superficial, compreende os arenitos inconsolidados existentes no intervalo 12-21 metros, recobertos e semi-confinados pela camada argilo-arenosa do intervalo 0-12m. O segundo, de importância secundária, está representado pela delgada intercalação de arenitos muito finos, argilosos, que aparecem no intervalo 32-36m, em condições de confi-

namento pelas argilas existentes entre 21-32m.

2ª Seção: de 45 a 77 metros de profundidade

Corresponde a unidade aquífera intermediária, caracterizada por níveis repetitivos de arenitos muito finos e siltosos, de reduzidas espessuras, intercalados numa sequência predominantemente argilosa, aparecendo as principais representações arenosas nos intervalos 60-64, 67-68 e 74-75 metros de profundidade. Esses delgados horizontes, de restrita capacidade de produção de água, apresentam-se confinados pelas camadas argilosas sucessivamente intercaladas na seção, como também pelo contínuo pacote argiloso sobrejacente, isolando-os dos níveis aquíferos do intervalo superior.

3ª Seção: de 77 a 120 metros de profundidade

Corresponde a unidade aquífera inferior, constituida predominantemente por camadas repetitivas de arenitos finos a médios, com intercalações menos espessas de argilas e siltitos avermelhados e esverdeados. Os principais subníveis aquíferos ocorrem nos intervalos de 80-89m, 92-106m e 108-115 metros, constituindo um sistema estratificado e confinado pelo pacote sobrejacente, que se caracteriza por uma permeabilidade vertical extremamente reduzida, devido a predominancia de níveis argilosos impermeáveis.

3 - ESTUDO DAS CONDIÇÕES DO ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO NO NÍVEL AQUÍFERO SUPERFICIAL

Os estudos apresentados a seguir, foram efetuados nos arenitos aquíferos mais superficiais da sequência sedimentar e que ocorrem em média, no intervalo de 12 a 21 metros de profundidade. Para o alcance dos objetivos estabelecidos no item 1.2 precedente, foram inicialmente construídos 8 piezometros, considerados principais, visando a análise do comportamento piezométrico do sistema e a determinação da velocidade horizontal e direção de fluxo. Posteriormente mais dois piezometros auxiliares foram constituidos, destinados especificamente aos estudos de porosidade efetiva e de velocidade real do escoamento.

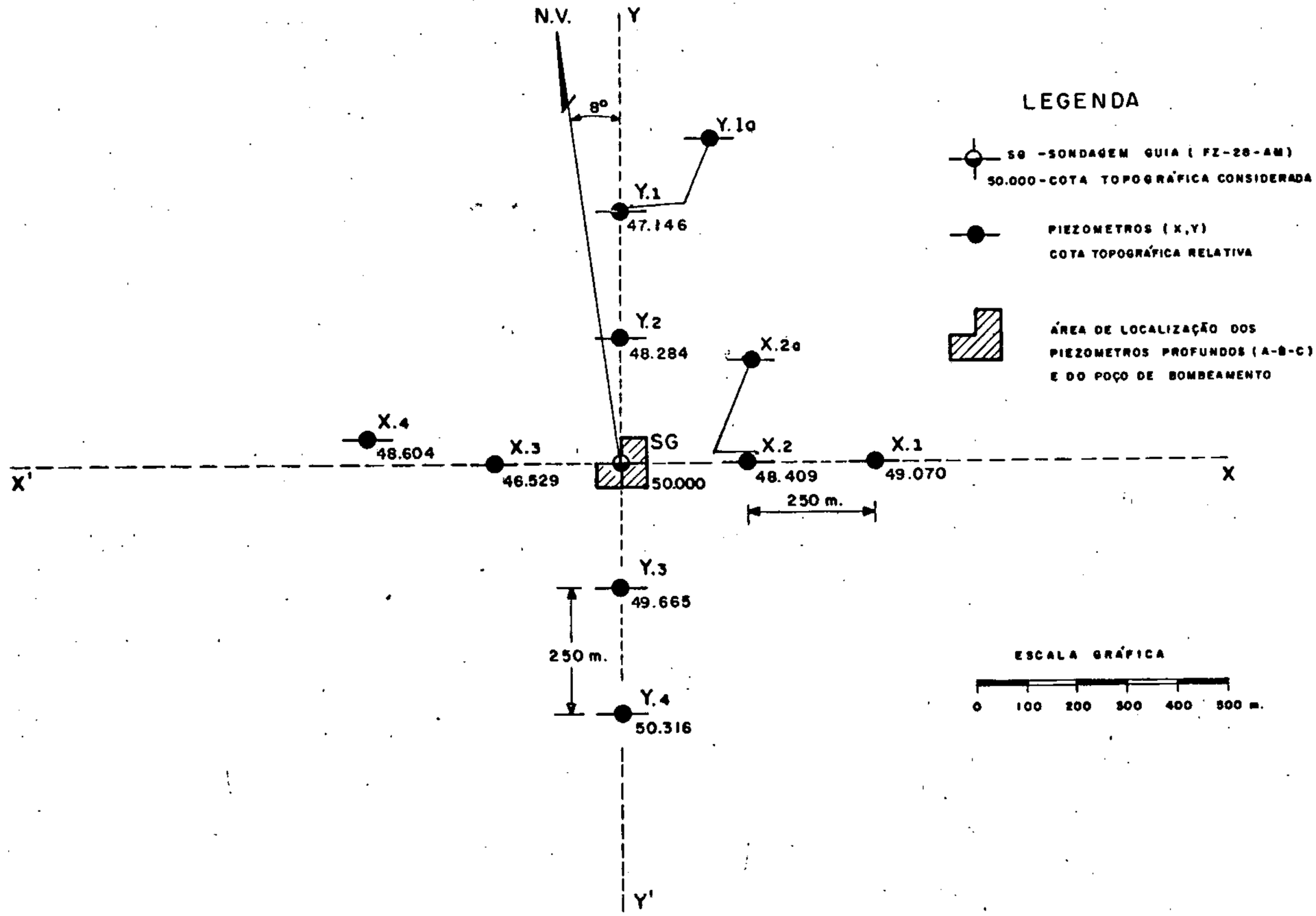
3.1 - Locação e características construtivas dos piezometros rasos (X, Y)

Os piezometros foram locados ao longo de dois eixos (X-X' e Y-Y'), perpendiculares entre si e centrados na sondagem guia 9-Fz-28-Am, recebendo as referências X.1, X.2, X.3 e X.4 aqueles localizados no eixo dos X e Y.1, Y.2, Y.3 e Y.4, aqueles construidos no eixo dos Y. (fig. 3.1).

O espaçamento estabelecido foi de 250 metros, com exceção apenas para o Y.4, devido presença de área alagada que impossibilitou sua localização na posição prevista. O eixo dos X faz ângulo de 8° com norte verdadeiro e de 20° com o norte magnético.

Os dois piezometros auxiliares, de referência X.2a e Y.1a, foram locados na direção do escoamento subterrâneo conforme definido no ítem 3.4 deste relatório, estando respectivamente a 1,20m e 1,00m de distancia dos piezometros X.2 e Y.1.

FIG. 3.1 LOCALIZAÇÃO DOS PIEZOMETROS RASOS (X,Y)



No quadro 1 são apresentadas as profundidades dos piezometros, as quais variaram em função da espessura do nível aquífero e da maior ou menor penetração nas argilas presentes na base.

QUADRO 1

PIEZ.	X.1	X.2	X.3	X.4	Y.1	Y.2	Y.3	Y.4
PROF.(m)	22,12	22,38	21,95	24,14	21,84	22,30	22,25	26,00

Conforme os perfis técnicos construtivos da figura 3.2, esses piezometros apresentam em termos médios, as seguintes características construtivas:

Profundidade média: 22,8m

Perfuração Ø 6 3/4": 0 - 22,8m

Revestimento PVC Ø 4": + 0,05 - 14,0m

Filtro Ø 4", abertura 0,25mm: 14,0 - 20,3m

Revestimento PVC Ø 4": 20,3 - 22,8m

Foram executadas cimentações de superfície, visando evitar desmoronamentos e caídas de materiais no espaço anular, o qual foi mantido livre, sem colocação de pré-filtro.

Após concluídas as perfurações, executadas pelo método rotativo com sonda CF-15, os piezometros foram submetidos a bombeamento com compressor de ar, visando a remoção dos resíduos de lama, e o estabelecimento de uma conexão hidráulica satisfatória com o nível aquífero.

Os piezometros auxiliares X.2a e Y.1a ambos com profundidade de 19 metros, foram também construídos no diâmetro de 6 3/4", porém revestidos com tubos de PVC Ø 2", ranhurados no intervalo correspondente ao nível aquífero estudado. Nesses piezometros, ao contrário dos demais, foi efetuado o encascalhamento

do espaço anular, no intervalo de 9-19m.

3.2 - Nivelamento topográfico e correlação dos perfis litológicos. Espessura do nível-aquífero superficial.

Concluída a fase de perfuração e desenvolvimento dos piezometros rasos, foi executado o nivelamento topográfico com teodolito WILD modelo T.1, tendo como ponto de partida a base de cimento da sondagem guia 9-Fz-28-Am, de coordenadas UTM (X = 9.584.500m; Y = 283.500m), para a qual foi atribuída uma cota arbitrária de 50,00 metros.

No quadro 2 são apresentadas as cotas obtidas

QUADRO 2

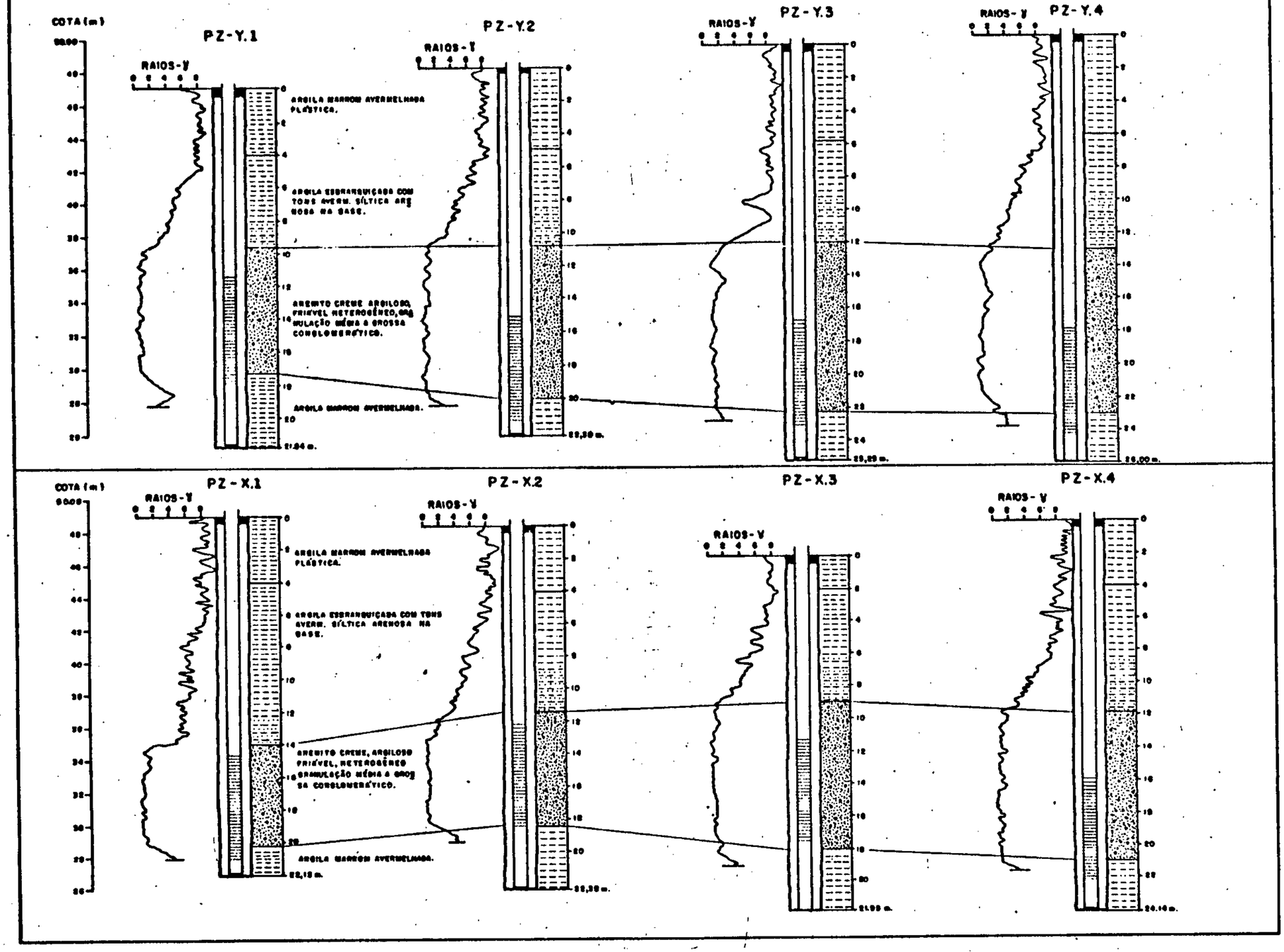
PIEZ.	X.1	X.2	X.3	X.4	Y.1	Y.2	Y.3	Y.4
COTA(m)	49,070	48,409	46,529	48,604	47,146	48,284	46,665	50,316

Na figura 3.2 são correlacionados os perfis litológicos obtidos a partir da descrição das amostras de calha, bem como as perfilagens gama executadas em todos os piezometros, visando delimitar com maior precisão os intervalos de ocorrência do nível aquífero. Observa-se nos perfis gama as faixas de redução de intensidade, que demarcam de forma nítida o posicionamento do nível arenoso aquífero, em relação às camadas argilosas existentes no topo e na base.

Na região dos piezometros Y.1, Y.2, X.1 e X.2, as espessuras são menores, em torno dos 8 metros, enquanto que na área de influência dos piezometros Y.3, Y.4, X.3 e X.4, são um pouco maiores atingindo em média os 10 metros.

No quadro 3 são apresentadas as espessuras do nível

FIG. 3.2 CORRELAÇÃO LITOLÓGICA - PIEZOMETROS RASOS (X, Y)



aquífero determinadas pelas perfilagens gama, podendo-se considerar um valor médio de 9 metros para todo o pacote.

QUADRO 3

PIEZ.	X.1	X.2	X.3	X.4	Y.1	Y.2	Y.3	Y.4
ESPESSURA(m)	6	7	9	9	7,6	10,7	10,2	10

3.3 - Medições periódicas de nível d'água

No período de 15/07 a 20/11/83 foram efetuadas medições sistemáticas da profundidade dos níveis d'água nos piezometros (X,Y), tendo em vista o delineamento piezométrico do sistema aquífero em diferentes épocas e consequentemente a determinação da direção e sentido do escoamento subterrâneo. Nos quadros 4 e 5 são apresentadas as profundidades dos níveis estáticos medidas no período, bem como as cotas piezométricas, resultantes do nivelamento topográfico dos piezometros. Na figura 3.3 são apresentados os gráficos de variação dos níveis estáticos, observando-se que as oscilações ocorridas são praticamente concordantes em todos os piezometros. A similitude nas reações de elevação ou declínio dos níveis estáticos, comprovam a eficiente conexão dos piezometros com o aquífero permitindo retratar com segurança o comportamento piezométrico do sistema.

As variações de nível não são decorrentes dos efeitos de variação de pressão atmosférica, conforme evidenciado no gráfico da figura 3.4, onde as medições sistemáticas de pressão atmosférica e de níveis d'água, nos piezometros Y.3 e Y.4 no período de 26/09 a 03/10/83, demonstram a inexistencia de uma correlação capaz de explicar as oscilações observadas. Apezar da exis-

FIG.3.3 VARIAÇÃO DOS NÍVEIS ESTÁTICOS

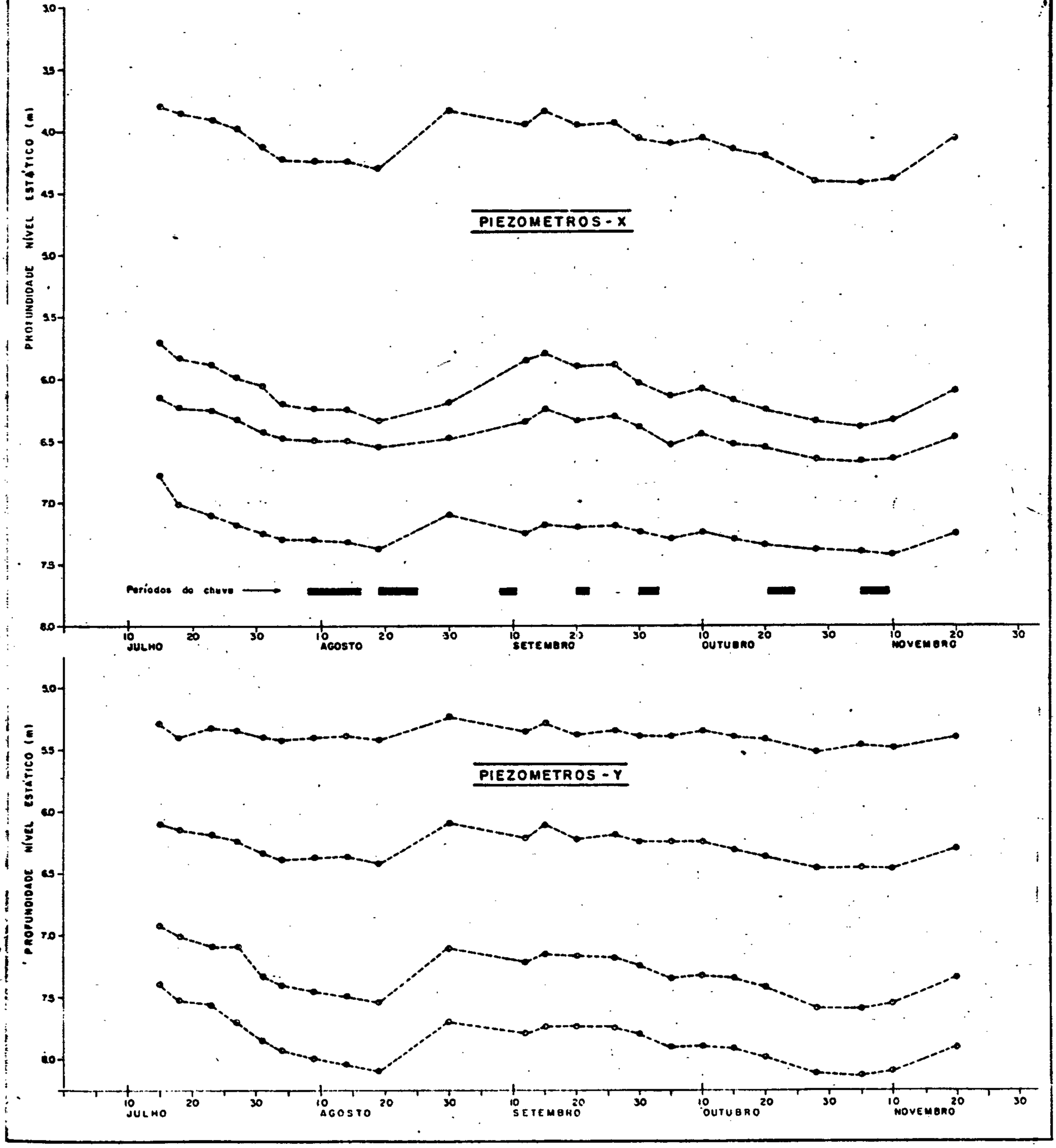
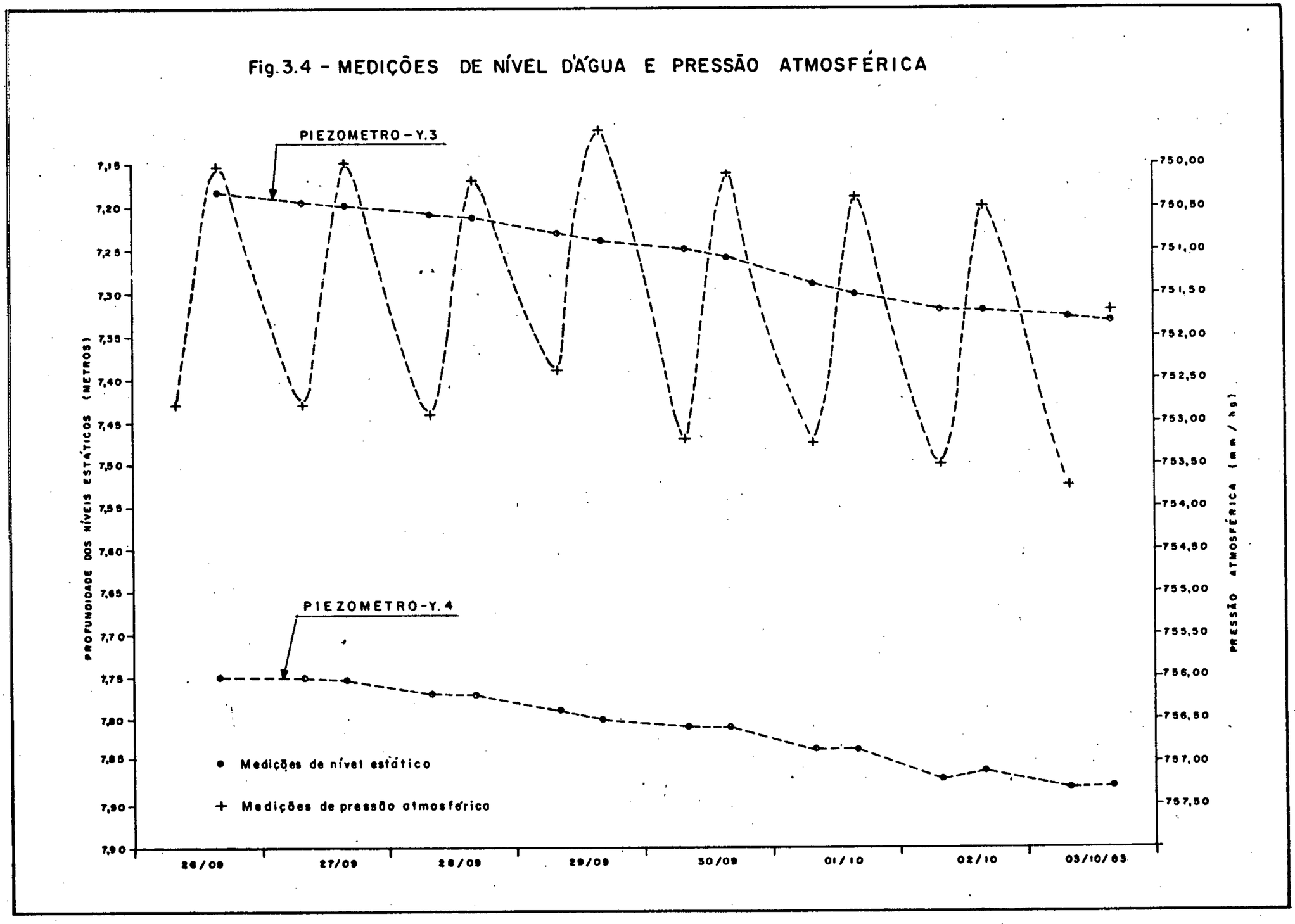


Fig. 3.4 - MEDIÇÕES DE NÍVEL D'ÁGUA E PRESSÃO ATMOSFÉRICA



tência de uma camada argilosa superficial, praticamente impermeável, que aparentemente isola e confina o nível aquífero, as variações verificadas na superfície piezométrica, são decorrentes de infiltrações efetivas a partir da pluviometria, através de canais e fissuras formados pelas raízes profundas das árvores de grande porte da floresta tropical. Este fato mostra-se evidenciado pela constatação, conforme indicado na figura 3.3, da elevação generalizada da superfície piezométrica após a ocorrência de períodos chuvosos na área.

As oscilições da superfície piezométrica, podem ser divididas em quatro fazes principais: a primeira, de 15/07 a 19/08/83 com declínio generalizado dos níveis da ordem de -0,50m em média; a segunda fase de 10/08/ a 26/09/83, com elevação geral de + 0,30m; a terceira de 26/09 a 05/11/83 com novo rebaixamento dos níveis atingindo um valor médio de - 0,34m; e finalmente a última fase entre 05/11 e 20/11/83, onde se observa mais uma vez, a recuperação dos níveis piezométricos, com variação da ordem de + 0,22 metros.

3.4 - Superfícies piezométricas. Determinação da direção e sentido do fluxo subterrâneo.

Para a determinação da direção e sentido do escoamento subterrâneo, foram utilizadas as cotas dos níveis estáticos constantes dos quadros 4 e 5, tendo sido elaborados mapas piezométricos em três épocas distintas, correspondentes a fases de declínio e de elevação da superfície. As figuras 3.5, 3.6 e 3.7 mostram o comportamento piezométrico do aquífero, respectivamente em 01/08, 26/09 e 10/11/83.

O mapa piezométrico do início de agosto (fig.3.5), que corresponde a uma época de declínio dos níveis d'água, mostra

QUADRO 4 - PROFUNDIDADES E COTAS DOS NÍVEIS ESTÁTICOS NOS PIEZOMETROS X

DATA	X.1		X.2		X.3		X.4	
	PROF. (m)	COTA (m)	PROF. (m)	COTA (m)	PROF. (m)	COTA (m)	PROF. (m)	COTA (m)
18.07	6,780	42,290	6,160	42,249	3,790	42,739	5,700	42,804
18.07	6,870	42,200	6,230	42,179	3,860	42,669	5,830	42,774
23.07	7,080	41,990	6,250	42,159	3,914	42,615	5,880	42,724
27.07	7,168	41,902	6,320	42,089	3,974	42,555	5,985	42,619
01.08	7,245	41,825	6,432	41,977	4,134	42,395	6,117	42,487
04.08	7,298	41,772	6,481	41,928	4.222	42,307	6.209	42.395
09.08	7,300	41,770	6,490	41.919	4,240	42,289	6;230	42.374
14.08	7,320	41,750	6,510	41,899	4,240	42,289	6,240	42,364
19.08	7,370	41,700	6,550	41,859	4,300	42,229	6,330	42,274
30.08	7,100	41,370	6,230	42,179	3,830	42,699	5.940	42,664
12.09	7,262	41,808	6,350	42,059	3,940	42,589	5,865	42,739
15.09	7,118	41,952	6,240	42,169	3,850	42,679	5,790	42.814
20.09	7,216	41,854	6,336	42,071	3,950	42,579	5,895	42,709
26.09	7,190	41,880	6,315	42,094	3,930	42,599	5,885	42,729
30.09	7,245	41,825	6,385	42,024	4,065	42,464	6.032	42,572
05.10	7,300	41,770	6,530	41,879	4,110	42,419	6,145	42,459
10.10	7,240	41,830	6,450	41,959	4,050	42,479	6,080	42,524
15.10	7,300	41,770	6,530	41,874	4,140	42,289	6,175	42,429
20.10	7,340	41,730	6,570	41,849	4,200	42,329	6,250	42,354
28.10	7,388	41,682	6,660	41,749	4,410	42,119	6,350	42,254
05.11	7.410	41,660	6,670	41,739	4,420	42,109	6,380	42,224
10.11	7,430	41,640	6,650	41,759	4,380	42,149	6,340	42,264
20.11	7,266	41,804	6,474	41,935	4,069	42,460	6,093	42,511

QUADRO 5 - PROFUNDIDADES E COTAS DOS NÍVEIS ESTÁTICOS NOS PIEZOMETROS Y

DATA	Y.1		Y.2		Y.3		Y.4	
	PROF. (m)	COTA (m)	PROF. (m)	COTA (m)	PROF. (m)	COTA (m)	PROF. (m)	COTA (m)
15.07	5,28	41,866	8,10	42,184	6,92	42,745	7,40	42,816
18.07	5,39	41,756	6,15	42,134	7,01	42,655	7,52	42,696
23.07	5,320	41,826	6,180	42,104	7,096	42,569	7,56	42,656
27.07	5,350	41,796	6,240	42,044	7,188	42,477	7,695	42,621
01.08	5,400	41,746	6,330	41,954	7,335	42,330	7,836	42,480
04.08	5,424	41,722	6,384	41,900	7,414	42,251	7,934	42,382
09.08	5,410	41,736	6,370	41,914	7,450	42,215	7,990	42,226
14.08	5,390	41,756	6,370	41,914	7,490	42,175	8,040	42,176
19.08	5,420	41,726	6,420	41,844	7,540	42,125	8,100	42,116
30.08	5,240	41,906	6,090	42,194	7,100	42,565	7,690	42,626
12.09	5,365	41,781	6,225	42,059	7,226	42,439	7,790	42,526
15.09	5,297	41,849	6,115	42,184	7,156	42,509	7,740	42,563
20.09	5,382	41,764	6,228	42,056	7,176	42,489	7,730	42,586
26.09	5,340	41,806	6,190	42,094	7,183	42,482	7,550	42,566
30.09	5,390	41,756	6,252	42,032	7,252	42,413	7,810	42,506
05.10	5,400	41,746	6,250	42,034	7,365	42,300	7,910	42,406
10.10	5,365	41,781	6,260	42,024	7,330	42,335	7,895	42,421
15.10	5,410	41,736	6,320	41,964	7,360	42,305	7,920	42,396
20.10	5,422	41,724	6,370	41,914	7,430	42,235	7,980	42,336
28.10	5,520	41,626	6,470	41,814	7,595	42,070	8,120	42,196
05.11	5,470	41,676	6,470	41,814	7,595	42,070	8,150	42,166
10.11	5,493	41,653	6,470	41,814	7,560	42,105	8,100	42,216
20.11	5,405	41,741	6,302	41,982	7,333	42,332	7,884	42,432

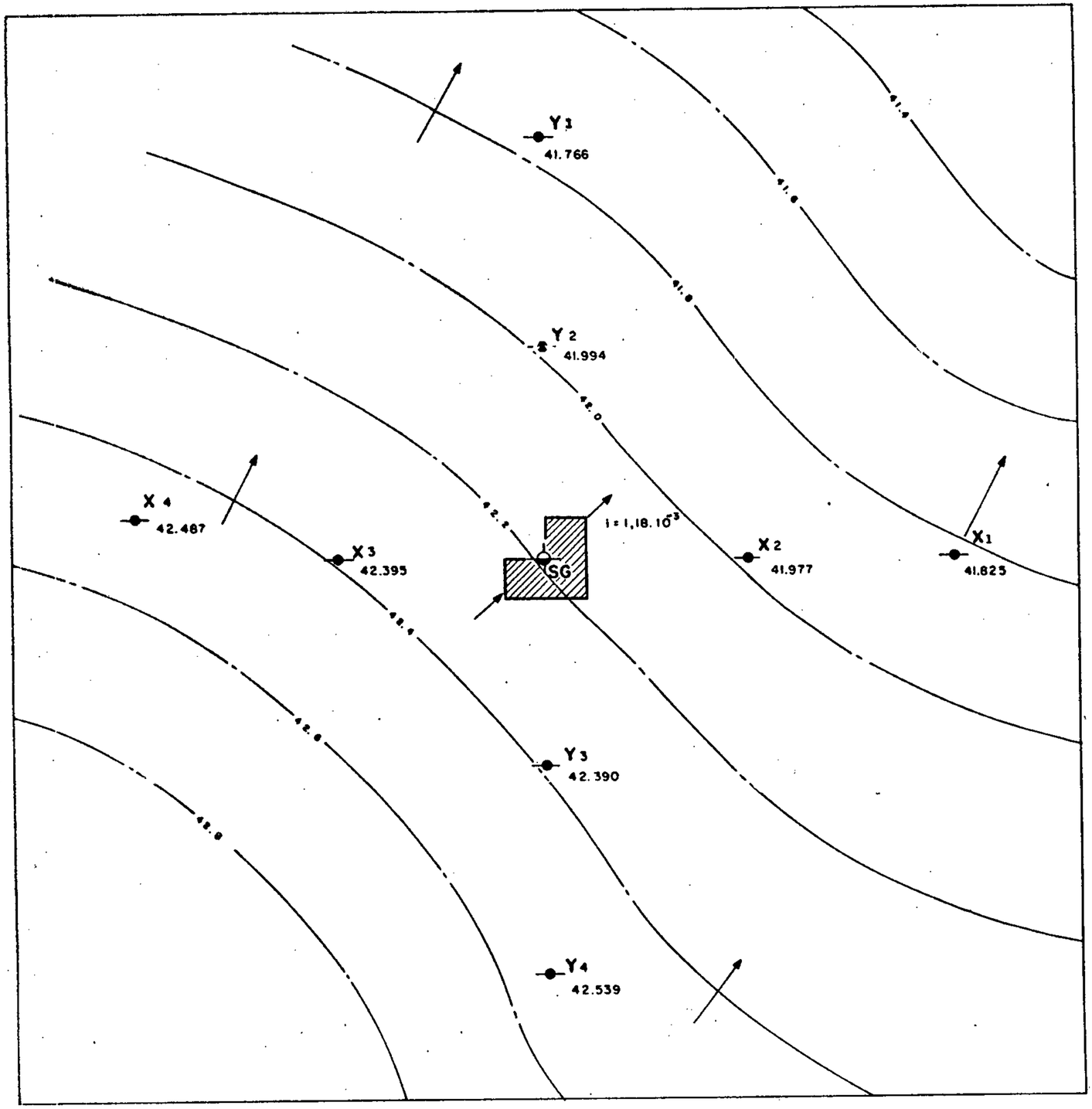


FIG. 3.5 SUPERFÍCIE PIEZOMÉTRICA AQUÍFERO ALTER DO CHÃO

ARENITOS DO INTERVALO: 12-21 m.

DATA: 01-08-1983

N.V.

LEGENDA

SG — Sondagem guia (FZ-28-AM)

Piezometros X, Y, indicando-se a cota do nível estático.

42.0 — Curva piezométrica em 01-08-1983

Sentido e direção do fluxo subterrâneo.

Área de locolização dos Piezometros (A-B-C) e do poço de bombeamento.

i = Gradiente hidráulico na área dos piezometros (A-B-C) e do poço de bombeamento.
$i = 1{,}18.10^{-3} = 1{,}18\ m/Km.$

ESCALA GRÁFICA

0 50 100 150 200 250 m.

uma superfície cilindrica bastante regular, com gradientes hidráulicos muito uniformes, indicando o escoamento geral das águas subterrâneas para nordeste. As curvas apresentam uma sinuosidade fraca e de grande amplitude, determinando pequenas variações na direção do escoamento, especialmente nas extremidades NW e SE da zona mapeada. Na área de construção do "shaft" que corresponde ao centro do mapa e que reflete as condições piezométricas médias do sistema, o gradiente hidráulico determinado foi de 1,18m/Km, com eixo de escoamento de direção N 53°E e sentido SW-NE.

A figura 3.6, mostra o comportamento piezométrico no mês de setembro, correspondendo a uma época de ascenção generalizada dos níveis d'água em consequência das infiltrações resultantes da intensa pluviometria ocorrida no período. A conformação das curvas piezométricas mantêm-se entretanto, praticamente inalterada, indicando uma direção geral do escoamento subterrâneo para NE. Observa-se contudo que os gradientes hidráulicos são mais pronunciados, tendo-se determinado um valor de 1,29m/Km na área central de construção do "shaft", com eixo de escoamento na direção N 58° E e sentido SW-NE.

No mapa da figura 3.7, o delineamento piezométrico reflete as condições observadas no mês de novembro (10/11/83) correspondendo a uma nova fase de declínio geral dos níveis d'água após cessadas as chuvas caídas na região. As curvas piezométricas apresentam um espaçamento muito regular, bastante similar às observadas no mês de agosto (fig.3.5), porém com uma maior tendencia do escoamento na área central, para leste, e com gradientes hidráulicos ainda mais fracos, tendo sido determinado na área do "shaft" um valor de 1m/Km com direção N 60°E.

Levando em conta as três situações observadas, pode-se considerar, em termos médios, que o comportamento piezométrico

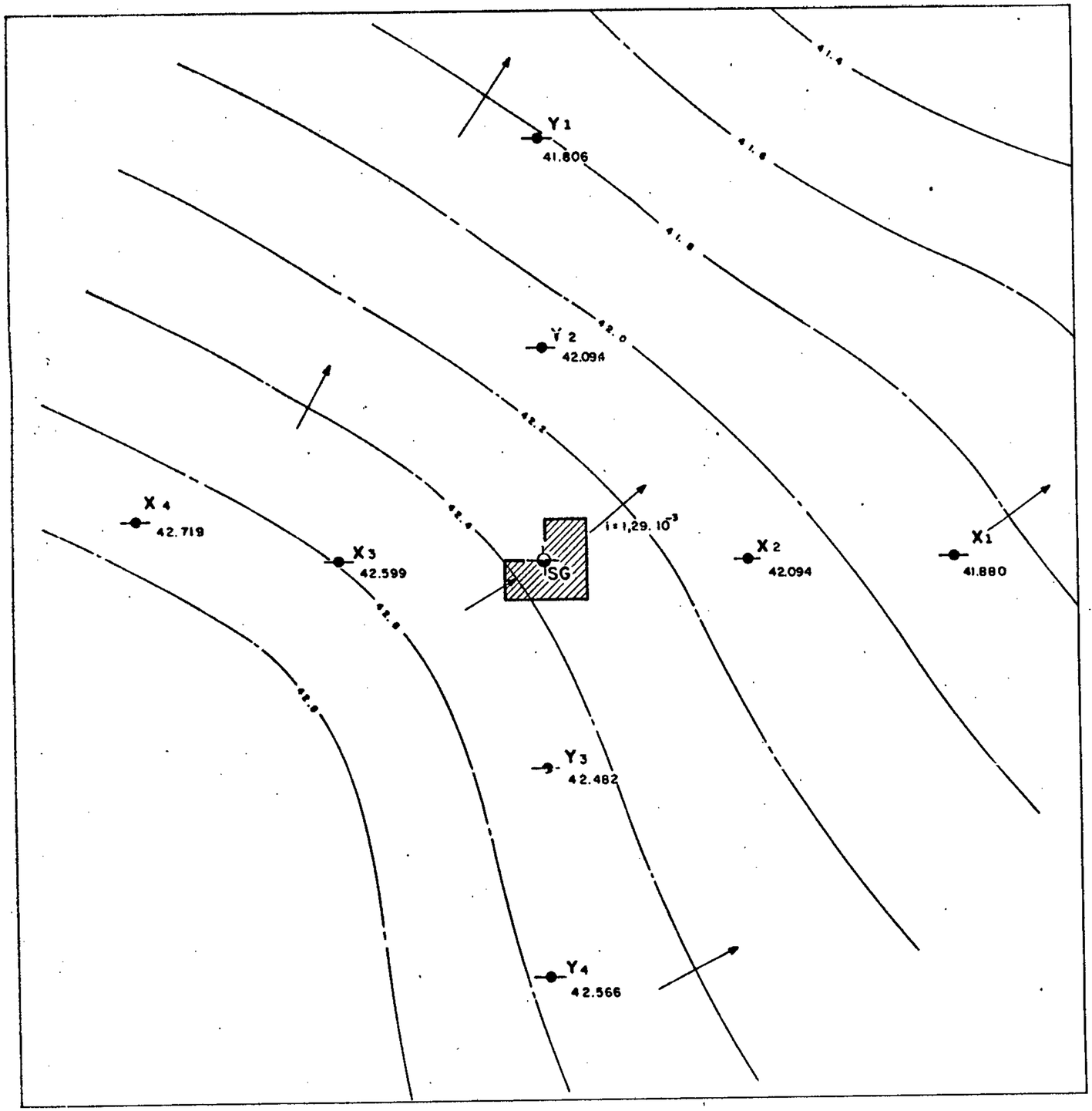


FIG. 3.6 SUPERFÍCIE PIEZOMÉTRICA AQUÍFERO ALTER DO CHÃO

ARENITOS DO INTERVALO: 12-21 m.

DATA : 26-09-1983

N.V.

LEGENDA

SG — Sondagem guia (FZ-28-AM)

Piezometros X, Y, indicando-se a cota do nível estático.

41.8 — Curva piezométrica em 26-09-1983

Sentido e direção do fluxo subterrâneo.

Área de locolização dos piezometros (A-B-C) e do poço de bombeamento.

i = Gradiente hidráulico na área dos piezometros (A-B-C) e do poço de bombeamento.
$i = 1{,}29.10^{-3} = 1{,}29\ m/Km.$

ESCALA GRÁFICA

0 50 100 150 200 250 m.

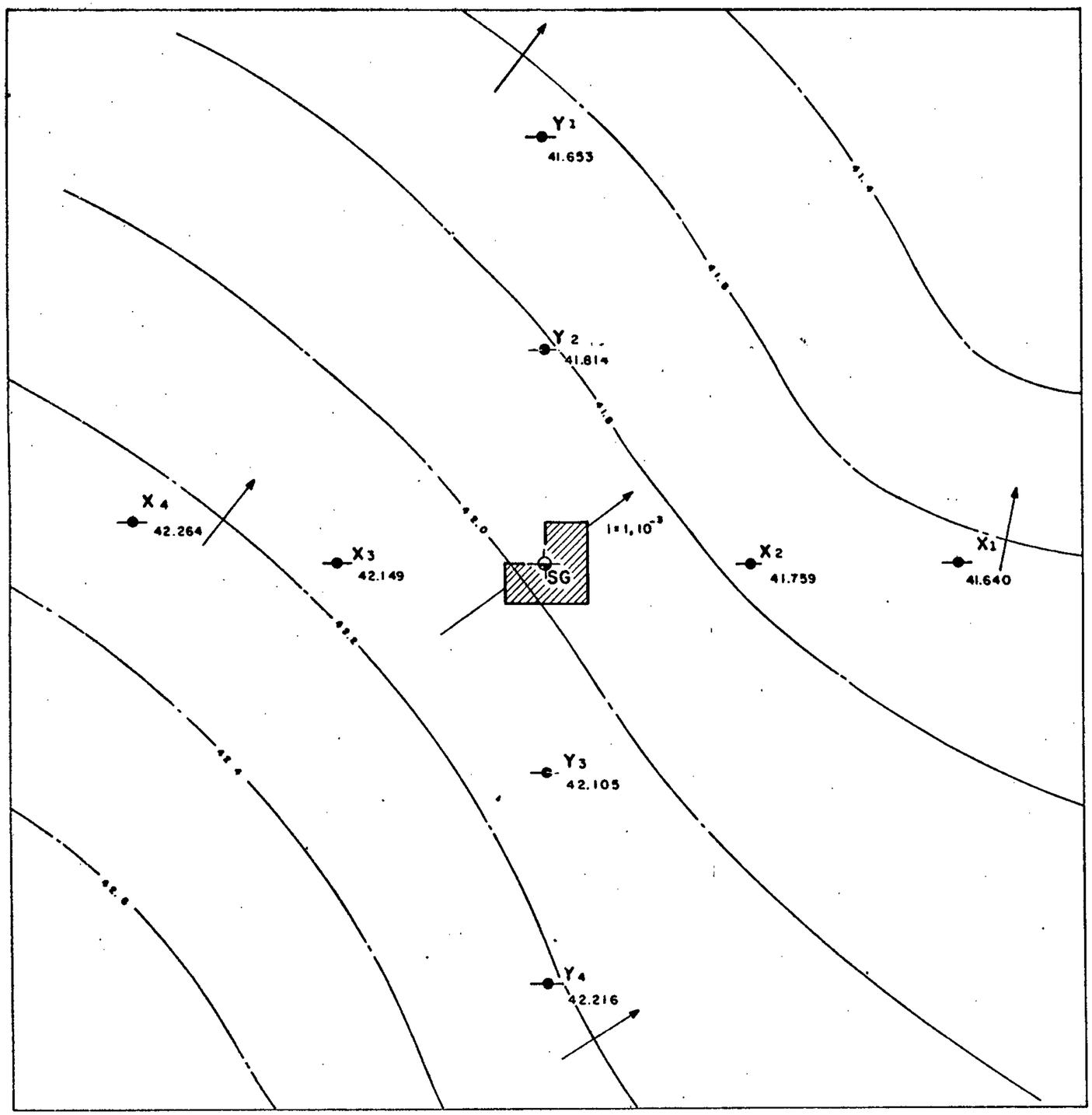


FIG. 3.7 SUPERFÍCIE PIEZOMÉTRICA
AQUÍFERO ALTER DO CHÃO

ARENITOS DO INTERVALO: 12-21 m.

DATA: 10-11-1983

N.V.

LEGENDA

SG — Sondagem guia (FZ-28-AM)

Piezometros X, Y, indicando-se a cota do nível estático.

42.0 — Curva piezométrica em 10-11-1983

Sentido e direção do fluxo subterrâneo.

Área de localização dos piezometros (A-B-C), e do poço de bombeamento.

I = Gradiente hidráulico na área dos piezometros (A-B-C) e do poço de bombeamento.
$I = 1.10^{-3} = 1\ m/Km.$

ESCALA GRÁFICA

0 . 50 100 150 200 250 m.

do aquífero estudado, se caracteriza por escoamento subterrâneo bastante uniforme, dirigido em geral para nordeste com variações nas regiões noroeste e sudeste da área mapeada, apresentando na zona central um gradiente hidráulico médio de 1,15m/Km e uma direção do eixo de escoamento N 57°E, parametros estes considerados representativos das condições de fluxo do sistema no período de observação.

3.5 - Estimativas da permeabilidade e da velocidade horizontal no nível aquífero superficial

As amostras de calha dos arenitos aquíferos do intervalo 12-21m, coletadas durante a perfuração dos piezometros (X,Y), foram utilizadas para avaliações de permeabilidade, a partir de análises granulométricas.

No anexo I, são apresentadas as curvas granulométricas tendo-se utilizado as fórmulas propostas por Kozeny e Terzaghi*, para cálculo da permeabilidade utilizando-se o diametro de partícula d_{90} em centimetros, correspondente a retenção de 90% da amostra e a porosidade total (m), estimada para os arenitos. As fórmulas utilizadas são as seguintes:

$$\text{. Kozeny: } K\ (m/s) = 5 \cdot \frac{m^3}{(1-m)^2} \cdot d_{90}^2$$

$$\text{. Terzaghi: } K\ (m/s) = 6 \cdot \left(\frac{m - 0,13}{\sqrt[3]{1-m}}\right)^2 \cdot d_{90}^2$$

---

* Custódio, E. e Llamas, M.R.: Hidrologia Subterrânea, Edicio - nes Omega S.A., Barcelona, 1976, página 477.

Levando em conta os valores de porosidade eficaz determinados nos estudos com traçador radioativo (ítem 3.6.4.3) e as determinações efetuadas no ensaio de bombeamento da unidade aquífera superior (ítem 4.3.2), admitiu-se uma porosidade total de 30% para os arenitos do nível aquífero superficial.

No quadro 6 são apresentados os valores de permeabilidade (K) determinados, bem como as transmissividades correspondentes (T = K.b), obtidas a partir das pergilagens gama.

Considerando conjuntamente todas as determinações efetuadas, obtem-se os seguintes valores médios representativos do aquífero:

$$K_m = 1,82.10^{-4} m/s$$

$$T_m = 1,62.10^{-3} m^2/s$$

Para um gradiente hidráulico $i = 1,15.10^{-3}$ determinado no ítem 3.4, a velocidade horizontal média do escoamento subterrâneo será:

$$V_F = K.i$$

$$V_F = 1,82.10^{-4} \times 1,15.10^{-3}$$

$$V_F = 2,09.10^{-7} m/s$$

$$V_F = 1,81 cm/dia$$

Valor este equivalente e da mesma ordem de grandeza dos valores de velocidade horizontal determinados com traçador radioativo, no ítem 3.6.4.1 do presente relatório.

QUADRO 6 - VALORES DE PERMEABILIDADE E TRANSMISSIVIDADE DOS ARENITOS DO INTERVALO 12-21m.

PIEZ.	PROF. (m)	d_{90} (m)	KOZENY K(m/s)	TERZAGHI K(m/s)	K MÉDIO (m/s)	ESPESSURA b (m)	T MÉDIO (m2/s)
Y.1	13-14	0,026	$1,86.10^{-4}$	$1,48.10^{-4}$	$1,67.10^{-4}$	7,60	$1,27.10^{-3}$
Y.1	14-17	0,023	$1,45.10^{-4}$	$1,16.10^{-4}$	$1,30.10^{-4}$	7,60	$9,88.10^{-4}$
Y.2	17-18	0,028	$2,16.10^{-4}$	$1,72.10^{-4}$	$1,94.10^{-4}$	10,70	$2,07.10^{-3}$
Y.2	19-20	0,024	$1,58.10^{-4}$	$1,26.10^{-4}$	$1,42.10^{-4}$	10,70	$1,51.10^{-3}$
Y.3	14-15	0,027	$2,00.10^{-4}$	$1,60.10^{-4}$	$1,80.10^{-4}$	10,20	$1,83.10^{-3}$
Y.3	15-17	0,023	$1,45.10^{-4}$	$1,16.10^{-4}$	$1,30.10^{-4}$	10,20	$1,33.10^{-3}$
Y.3	17-18	0,0225	$1,39.10^{-4}$	$1,11.10^{-4}$	$1,25.10^{-4}$	10,20	$1,27.10^{-3}$
Y.4	20-21	0,026	$1,86.10^{-4}$	$1,48.10^{-4}$	$1,67.10^{-4}$	10,00	$1,67.10^{-3}$
X.2	14-15	0,047	$6,08.10^{-4}$	$4,80.10^{-4}$	$5,44.10^{-4}$	7,00	$3,80.10^{-3}$
X.3	16-18	0,024	$1,58.10^{-4}$	$1,26.10^{-4}$	$1,42.10^{-4}$	9,00	$1,27.10^{-3}$
X.4	15-16	0,024	$1,58.10^{-4}$	$1,26.10^{-4}$	$1,42.10^{-4}$	9,00	$1,28.10^{-3}$
X.4	16-17	0,0225	$1,39.10^{-4}$	$1,11.10^{-4}$	$1,25.10^{-4}$	9,00	$1,12.10^{-3}$

3.6 - Estudos específicos com traçadores radioativos

A utilização dos traçadores radioativos na determinação de parâmetros em hidrologia subterrânea se constitui hoje em ferramenta importante, devido ao caráter particular que reveste tais medidas. A independência de tais ensaios, em relação aos testes hidrogeológicos convencionais, permite uma comparação bastante útil com os resultados obtidos por aqueles métodos. Em alguns casos tais ensaios se constitui no único meio de obter determinada informação.

Embora os resultados obtidos por estas técnicas tenham caráter local, são suceptíveis de serem extrapoladas desde que se disponha de ampla informação acerca da homogeneidade do sistema em estudo.

Determinações de fluxo em poços, determinações de direção e sentido de fluxo e porosidade em aquíferos, são medidas que independem dos resultados obtidos pelos métodos convencionais. Estes parâmetros, embora não tenham a importância primeira no estudo de um sistema, permitem determinar indiretamente outros parâmetros tais como: permeabilidades, transmissibilidades, etc. se gradientes hidráulicos, espessuras do aquífero e outros elementos são conhecidos com uma boa precisão.

O presente capítulo contém os resultados obtidos no estudo do nível aquífero superficial (12-21m) através de diversas técnicas utilizando traçadores radioativos, que são descritas a seguir.

Técnicas utilizadas

As seguintes técnicas foram utilizadas:

a) técnica para o estudo do fluxo no aquífero, baseada

no emprego de traçadores radioativos artificiais injetados nos poços, incluindo:

- localização e medida de fluxos horizontais
- localização de fluxos verticais ao longo de coluna piezométrica
- determinação da direção e sentido do fluxo no interior do poço

b) ensaios com traçadores radioativos e traçadores químicos para medida de porosidade eficaz.

c) ensaios com traçadores radioativos e químicos para determinação da velocidade real do fluxo.

Traçadores Utilizados

Quando se escolhe um traçador radioativo para a realização de um determinado ensaio, vários fatores podem orientar esta escolha. No nosso caso, considerando o período de uma ou duas semanas de duração para a realização do trabalho e a distância da área estudada ao centro fornecedor do material radioativo, optou-se pelo Iodo 131 tendo em vista sua meia vida compatível com o tempo de realização do trabalho.

O Iodo 131 foi fornecido sobre forma de NaI em 2 porções de 50mCi cada, obtidas a partir da irradiação num reator nuclear. Cada porção de 50mCi foi diluida em 400ml de água colocados em uma garrafa plástica e esta por sua vez colocada em um caixão cheio de areia que servia de blindagem para a solução radioativa. As frações do radioisótopo que eram utilizadas em cada ensaio, foram extraídas da garrafa plástica mediante deslocamento com ar comprimido, assegurando desse modo total segurança ao operador.

Para as medidas de porosidade e velocidade real nos

aquíferos foi usado também NaCl como traçador.

Para a medida da atividade no interior dos poços foi utilizado uma sonda hermèticamente fechada até 300m de profundidade, com detector Geiger-Muller. Para as medidas de porosidade, utilizou-se um detector de cintilação com cristal de NaI(tl).

3.6.1 - Determinação de fluxos em poços

O estudo dos fluxos existentes no interior dos poços, permite obter informações sobre a velocidade da água no aquífero não perturbado e o seu comportamento dentro deste. Devido ao fato de se tratar de poços revestidos e com filtros localizados em camadas aquíferas bem determinadas, as informações obtidas no estudo em questão se restringem, em cada caso, àquelas camadas.

Por este motivo, o maior número possível de ensaios foi realizado, de modo a se obter o comportamento médio do sistema.

3.6.1.1 - Tipos de fluxos

No interior dos poços, podem existir fluxos horizontais e verticais, podendo estes últimos serem ascendentes ou descendentes.

Quando um poço atravessa um aquífero livre, os fluxos existentes são geralmente horizontais, mesmo que existam camadas com diferentes permeabilidades.

Na ausência de fluxos verticais, os ensaios com traçadores proporcionam um perfil da velocidade do fluxo horizontal . Na presença de fluxos verticais se este é suficientemente pequeno, pode-se obter, também, informações sobre a velocidade do fluxo horizontal.

3.6.1.2 - Procedimento Experimental

Para a medida de fluxos horizontais utiliza-se o método de marcação de toda a coluna piezométrica com a solução radioativa e em seguida observa-se a variação da concentração do traçador no interior do poço em intervalos de tempo sucessivos. Esse método é conhecido como o método da diluição pontual.

Para a marcação de toda a coluna d'água, um tubo plástico de seção conhecida é introduzido até o fundo do poço, sendo então, preenchido com a solução radioativa até o nível estático. Quando o tubo plástico é retirado lentamente do piezometro, esta solução fica distribuida uniformemente ao longo de toda coluna.

Após realizada a marcação da coluna d'água, perfís verticais de concentração são obtidos por meio de um detector Geiger-Muller que se desloca através da coluna em intervalos regulares de tempo.

Para o cálculo da velocidade, utiliza-se o modelo matemático que passaremos a descrever.

Considere-se um volume (Vo), no interior do piezometro (fig.3.8), onde V_s é a velocidade que atravessa a secção S e h e d são a altura da coluna marcada e o diâmetro, respectivamente.

Considere-se ainda que:

a) o fluxo de água que circula no piezometro é estacionário.

b) no volume considerado, $V_o = \frac{\pi d^2 h}{4}$ da coluna d'água, a distribuição do traçador se conserva homogênea, ou seja, a concentração do traçador em todos os pontos é a mesma.

c) a saída do traçador do volume V_o só tem lugar com consequência do fluxo horizontal de velocidade V_s.

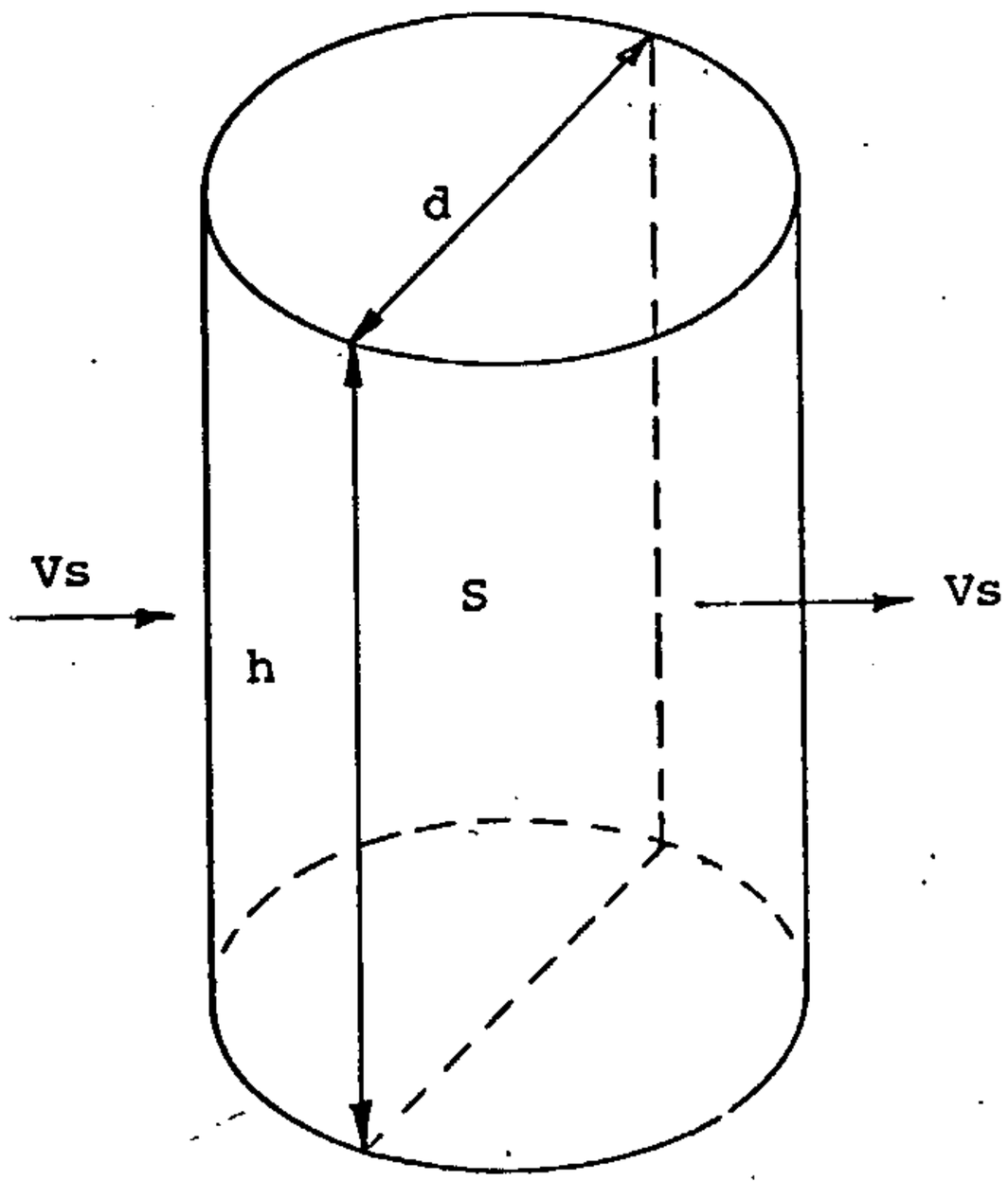


Figura 3.8

Em tais condições, a concentração do traçador em V_o varia em função do tempo segundo a equação diferencial.

$$\frac{dc}{dt} = - \frac{c}{V_o} \cdot \frac{dv}{dt} \qquad (1)$$

onde $\frac{dv}{dt} = Q$, representa a vazão que circula através da secção S, ou seja

$$\frac{dv}{dt} = Q = V_s \, h \, d \qquad (2)$$

sendo V_s a velocidade da água medida no interior do poço.

De (1) e (2) têm-se que:

$$- \frac{dc}{c} = \left(\frac{1}{V_o}\right) V_s \, h \, d \, dt \qquad (3)$$

resolvendo (3) obtém-se:

$$\frac{C_t}{C_o} = e - \frac{V_s\ h\ d}{V_o}\ t \qquad (4)$$

onde,

Co - Concentração inicial

Ct - Concentração no instante t.

A velocidade V_s se relaciona com a velocidade V_F do aquífero pela fórmula:

$$V_s = \alpha . V_F \qquad (5)$$

onde α é o coeficiente de pertubação hidrodinâmica, causada pelo poço.

Substituindo-se os valores de V_s e V_o na equação (4) otbém-se

$$\frac{Ct}{Co} = e - \frac{4 \cdot \alpha\ V_F}{\pi\ d} \qquad (6)$$

Uma fórmula prática para o cálculo de V_F se obtém de (6) considerando uma variação da concentração de 1:10, que corresponde a um tempo $t\ \frac{1}{10}$ ou seja:

$$\frac{Ct}{Co} = \frac{1}{10} = e - \frac{4\ \alpha\ V_F}{\pi\ d} \cdot t\ \frac{1}{10} \qquad (7)$$

ou finalmente:

$$V_F = \frac{1{,}81\ d}{\alpha\ t\ \frac{1}{10}} \qquad (8)$$

O valor de $t\ \frac{1}{10}$ se obtém a partir dos dados do ensaio plotados em papel semilogarítmico e o valor de α, no caso mais geral, poço revestido com filtro e pré-filtro, através da

seguinte expressão:

$$\alpha = \frac{8}{(1 + \frac{K_3}{K_2})\left[1 + \frac{r_1^2}{r_2^2} + \frac{K_2}{K_1}(1 - \frac{r_1^2}{r_2^2})\right] + (1 - \frac{K_3}{K_2})\left[\frac{r_1^2}{r_3^2} + \frac{r_2^2}{r_3^2} - \frac{K_2}{K_1}(\frac{r_1^2}{r_3^2} - \frac{r_2^2}{r_3^2})\right]} \qquad (9)$$

onde,

r_1 = raio interno do filtro

r_2 = raio externo

r_3 = raio do pré-filtro

k_1 = permeabilidade do filtro

k_2 = permeabilidade do pré-filtro

k_3 = permeabilidade do aquífero

Na ausência do pré-filtro tem-se $r_2 = r_3$, $k_2 = k_3$ e a relação (9) torna-se:

$$\alpha = \frac{4}{1 + \frac{r_1^2}{r_2^2} + \frac{K_3}{K_1}(1 - \frac{r_1^2}{r_2^2})} \qquad (10)$$

O valor de k_1 pode ser determinado com uma boa aproximação em ensaios do laboratório, alguns autores, no entanto, calculam k_1, utilizando a seguinte fórmula:

$$K_1 = f \frac{\rho g r^2 H}{S T n} \qquad (11)$$

onde,

f = Percentual da área ranhurada do filtro

ρ = Densidade da água

g = Aceleração da gravidade

r_H = Raio Hidráulico do filtro

T = Coeficiente de resistência do filtro

S = Coeficiente de resistência do tubo

n = Viscosidade da água

3.6.2 - Direçaõ e sentido do fluxo

A direção e o sentido da corponente horizontal do fluxo das águas subterrâneas se obtém, normalmente, através dos mapas piezométricos, conforme apresentado no ítem 3.4, precedente. A elaboração desses mapas exige que se disponha de um número razoável de piezometros de observação, de tal modo que se possa estabelecer com exatidão o comportamento piezométrico.

Quando não se dispõe de suficiente número de piezometros, ou quando não se pode determinar o gradiente hidráulico com precisão podem ser de utilidade as técnicas baseadas no emprego de traçadores radioativos que descreveremos. Em alguns casos essa técnica é utilizada apenas para confrontar resultados, como é o nosso caso.

Várias técnicas experimentais são utilizadas na determinação da direção e sentido de fluxo. De um modo geral, todas elas se baseiam no mesmo princípio. Em um piezometro se realiza uma injeção de material radioativo de maneira muito lenta de modo a não perturbar o sistema.

Se a saída do material, no interior do poço, se dá quase que gota a gota o traçador é arrastado na direção correspondente ao fluxo natural. Terminada a injeção, a maior parte do traçador terá saído do piezometro e se encontrará em uma zona muito próxima às paredes do mesmo, orientado segundo o sentido do fluxo. Esta orientação se determina posteriormente utilizando um detector adequado.

3.6.2.1 - Procedimento Experimental

A injeção do traçador radioativo, ^{131}INa, é efetuada por meio de uma mangueira plástica introduzida no piezometro até um ponto previamente escolhido. Simultaneamente faz-se uma injeção de NO_3Ag pelo mesmo processo descrito anteriormente. O objetivo dessa injeção combinada é formar um precipitado do ^{131}I Ag e assim facilitar a sua impregnação nas paredes do piezometro.

As medidas para determinar a distribuição do traçador ao redor do piezometro são feitas utilizando-se um detector Geiger-Muller colimado tal como se mostra na figura 3.9. O sistema detector-colimador é introduzido no piezometro até o ponto onde é feita a injeção do traçador acoplado a um tubo rígido.

A sonda de medida é orientada girando-se o tubo rígido desde a superfície. A variação da resposta do detector em função da orientação da janela do colimador proporciona uma curva do tipo mostrado na figura 3.10. A posição do máximo desta curva indica o sentido do fluxo.

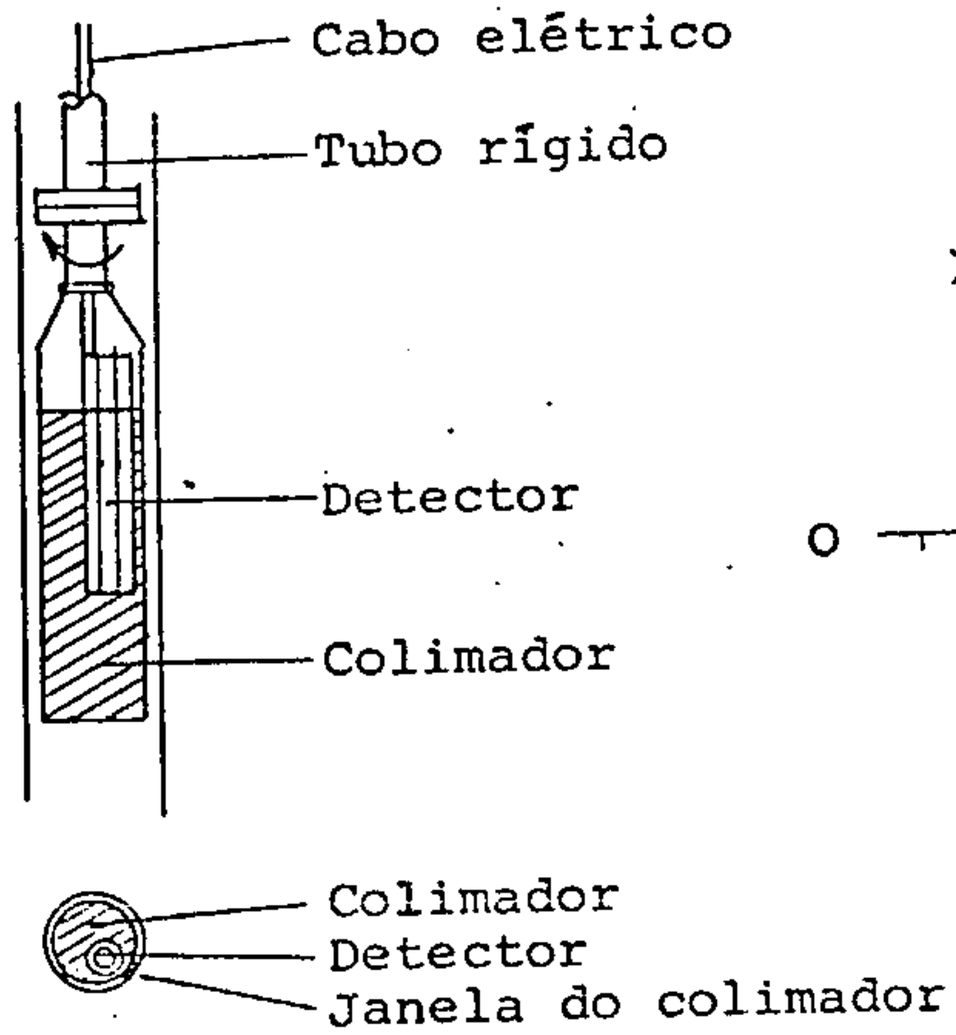


Figura 3.9

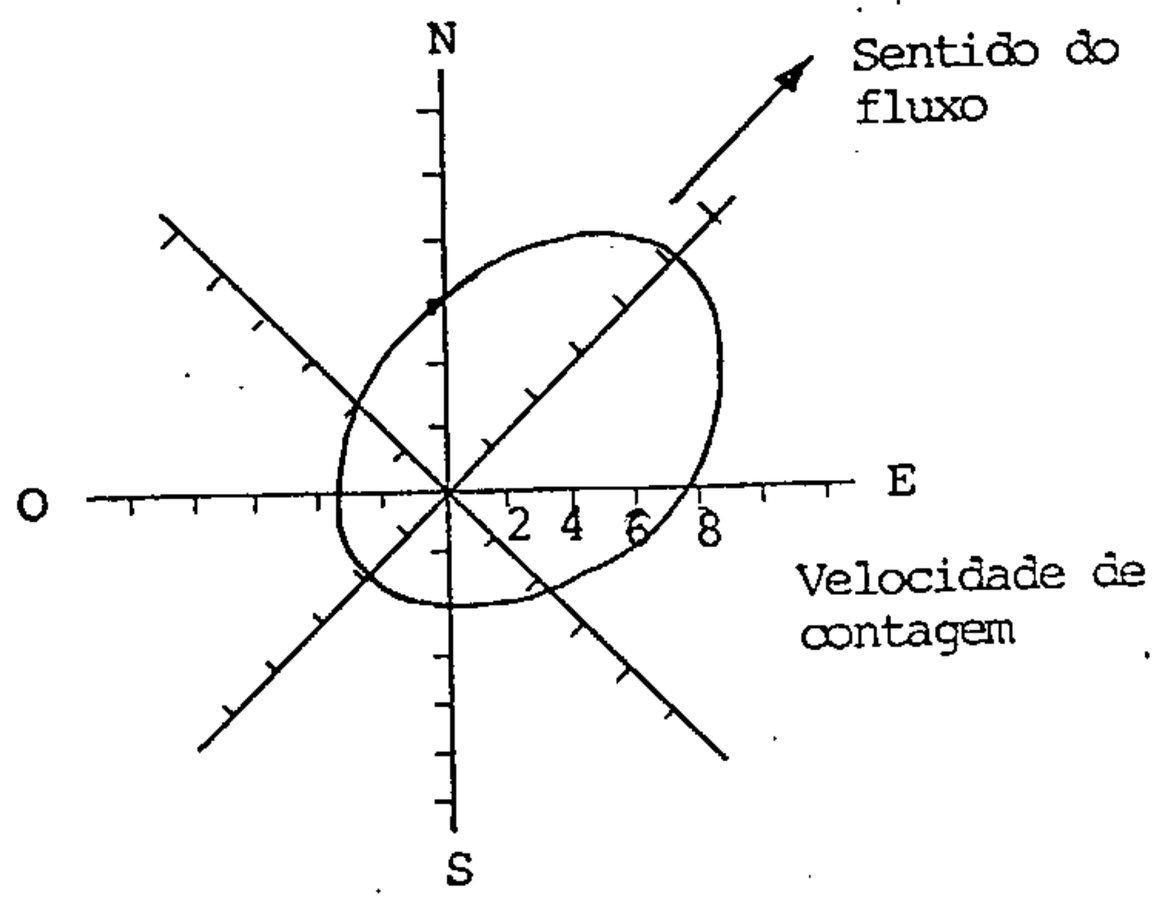


Figura 3.10

3.6.3 - Ensaios para determinação da porosidade eficaz

3.6.3.1 - Fundamento teórico

A medida de porosidade eficaz, utilizando a técnica dos traçadores, se baseia na determinação do tempo que o traçador leva para se deslocar de um piezometro, onde é injetado o traçador, para um segundo poço próximo do primeiro, onde é feito o bombeamento. O esquema para a realização desta medida é ilustrado na figura 3.11.

Se r é a distancia entre os piezometros, b a espessura do aquífero, μ a porosidade e t o tempo que o traçador gasta para se deslocar de um piezometro para o outro, pode-se dizer que neste tempo é bombeado um volume de água calculada pela seguinte expressão:

$$V_b = \pi . r^2 . b . \mu \qquad (12)$$

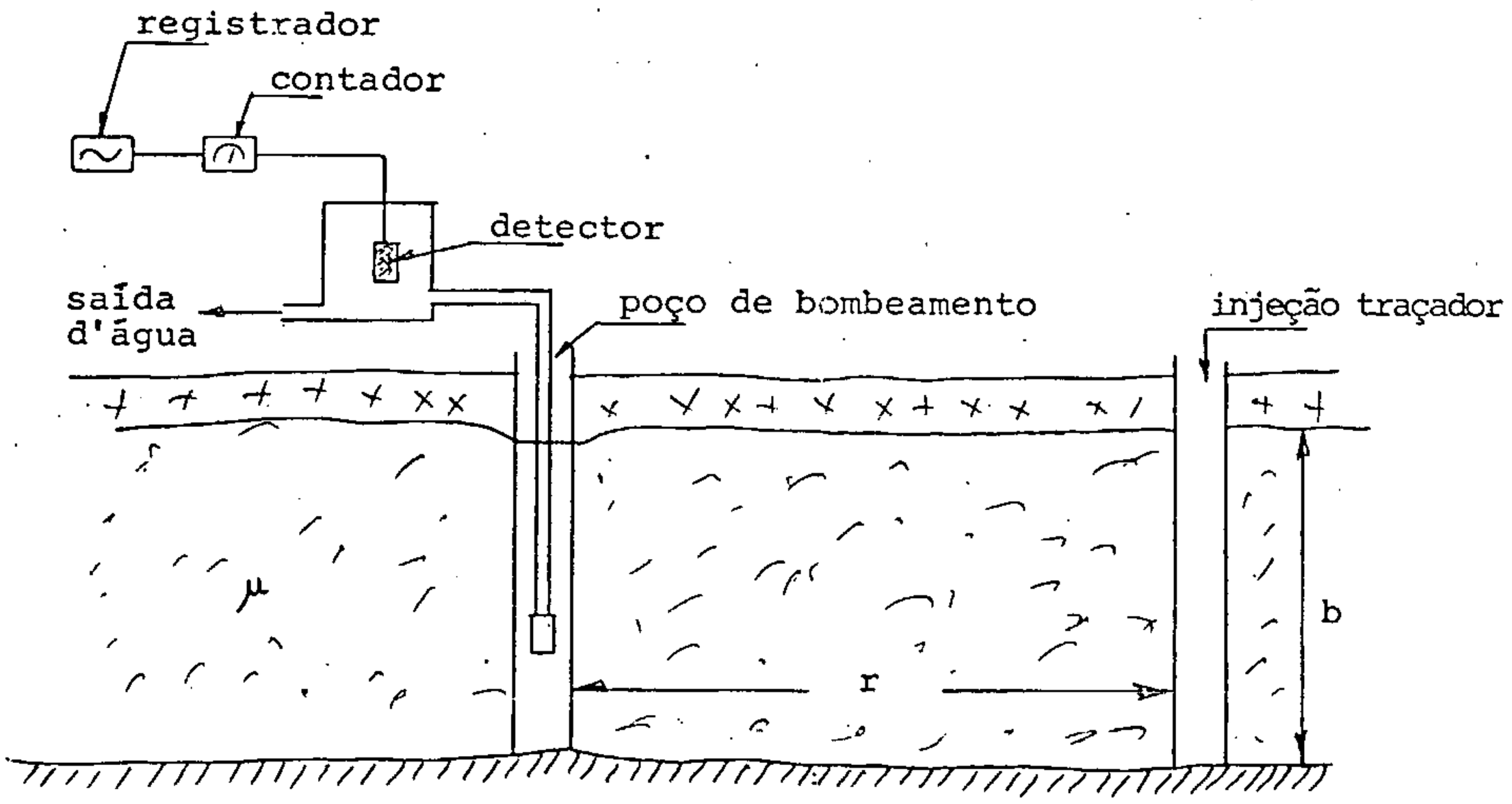


Figura 3.11

Por outro lado, se o bombeamento é feito a vazão constante Q, o volume d'água bombeada nesse mesmo tempo é:

$$V_b = Q \times t \qquad (13)$$

igualando as expressões (12) e (13) tem-se:

$$\mu = \left(\frac{Q}{\pi r^2 b}\right) . \ t$$

onde os valores entre parênteses são conhecidos e t é determinado experimentalmente.

Para a realização dessa medida as seguintes condições são necessárias:

a) a vazão do bombeamento seja constante e suficientemente grande de modo que a velocidade induzida pelo bombeamento seja maior que a velocidade natural do fluxo.

b) o meio seja radialmente isotrópico, isto é, os apor tes parciais de água devem ser iguais em todas as direções.

c) a distância entre os piezometros deve ser da ordem de grandeza da espessura do aquífero afim de evitar que o cone de rebaixamento provocado pelo bombeamento interfira no resultado final.

d) o poço de bombeamento deve penetrar a totalidade do aquífero.

3.6.3.2 - Procedimento experimental

Uma injeção instantânea do traçador é efetuada por meio de uma mangueira plástica podendo ser pontual ou em um trecho da coluna d'água. Esta injeção se realiza algum tempo depois de iniciado o bombeamento afim de se obter um regime de escoamento aproximadamente permanente. A observação da passagem do traçador no poço bombeado se faz por meio de um detetor de cintilação

com cristal de INa (Tl).

3.6.4 - Resultados obtidos

Utilizando-se os métodos e técnicas experimentais descritos nos subitens anteriores, foram estudados os piezometros (X,Y), para determinações de velocidades de fluxo. Todos eles apresentaram fluxo horizontal, com exceção dos piezometros X.4 e Y.4, provavelmente em decorrencia do desmoronamento das argilas pouco permeáveis existentes no intervalo 0-12m, caídas no espaço anular entre o filtro e a parede dos arenitos aquíferos.

Os piezometros Y.1 e Y.3 foram utilizados nos ensaios para determinação da direção e sentido do fluxo, enquanto que os piezometros Y.1 e X.2 juntamente com os piezometros auxiliares Y.1a e X.2a serviram para as avaliações de porosidade eficaz e velocidade real do escoamento. Durante o teste de bombeamento para determinação dos parametros hidráulicos da unidade aquífera superior (item 4.3) foi ainda utilizado o piezometro A.1 na determinação da porosidade efetiva, medindo-se a concentração de chegada do traçador no poço de bombeamento.

3.6.4.1 - Velocidade horizontal do fluxo subterrâneo

Os resultados correspondentes aos ensaios para determinação do fluxo, são apresentados no anexo II, figuras II.1 a II.8. Essas curvas representam os perfis de concentração do traçador ao longo da coluna d'água e estão expressas em taxas de contagens fornecidas pelo detetor. Na coluna OBSERVAÇÃO, são indicadas as velocidades determinadas através da equação (8), utilizando-se um valor $\alpha = 1,6$. O valor de α foi estipulado levando-se em conta o percentual de 10 a 15%, considerado para a área

aberta dos filtros.

Em alguns poços, os perfis de concentração aumentam com o tempo, indicando um fluxo vertical. Esses perfis, no entanto, não permitem determinar valores de velocidades verticais, podendo-se porém, observar que se trata de fluxos ascendentes.

O quadro 7, resume os valores de velocidade do escoamento determinados nos piezometros.

QUADRO 7

PIEZ.	$T\frac{1}{10}$(h)	V_F(cm/dia)	VELOCIDADE MÉDIA (cm/dia)
X.1	150	1,84	
X.2	146	1,89	
X.3	380	0,73	
X.4	-	-	2,04
Y.1	100	2,76	
Y.2	210	1,31	
Y.3	74	3,72	
Y.4	-	-	

Os resultados indicam que a velocidade horizontal do fluxo subterrâneo de um modo geral é baixa, variando de 0,73 a 3,72cm/dia, com um valor médio de 2,04cm/dia, equivalente a da mesma ordem de grandeza da velocidade de 1,81cm/dia determinada no ítem 3.5 precedente, a partir da permeabilidade obtida das análises granulométricas e do gradiente hidráulico médio, resultante dos mapas piezométricos.

3.6.4.2 - Direção e sentido do escoamento

No anexo II, a figura II.9 mostra os resultados correspondentes aos ensaios para determinação da direção e sentido do escoamento subterrâneo, efetuados nos piezometros Y.1 e Y.3. Estas curvas representam as variações de concentração do traçador fornecidas por um detetor colimado em um giro de 360° sentido horário, no interior de um poço. O valor máximo nas curvas indicam a direção e sentido do fluxo. Os resultados obtidos apesar de apresentarem restrições quanto a amplitude das intensidades medidas, indicam uma direção geral do escoamento para nordeste (Y.1 = N 44°E), (Y.3 = N34°E). Tratando-se de medições pontuais, que refletem portanto condições locais, esses resultados concor em linhas gerais com o comportamento do aquífero, definido no ítem 3.4, a partir dos mapas piezométricos.

3.6.4.3 - Determinações de porosidade eficaz

Os resultados obtidos experimentalmente nas avaliações de porosidade efetiva são mostrados no anexo II, figuras II.10, II.11 e II.12 e correspondem respectivamente aos seguintes con - juntos formados pelos pontos de injeção e de observação do traçador:

Injeção	Observação
- Piezometro A.1	- Poço de bombeamento - (1ª etapa do poço correspondente a unidade aquífera superior)
- Piezometro X.2a	- Piezometro X.2
- Piezometro Y.1a	- Piezometro Y.1

Estas curvas representam a recuperação do traçador no ponto de observação (poço ou piezometro em bombeamento), sendo portanto as concentrações do traçador ou taxas de contagem, medidas com o uso do detetor, em função do tempo. Os seus máximos representam os tempos de transito (t*), para cada ensaio.

O quadro 8 resume os valores encontrados para as porosidades .

Utilizando-se traçador químico (NaCl), foi também realizado um ensaio para medida de porosidade no conjunto X.2a-X.2, sendo que a figura representativa desse teste não está apresentada neste relatório, por ter sido igual, ponto a ponto, aquela obtida com o traçador radioativo (fig. II.11), anexo II.

QUADRO 8

Conj.	r(m)	b(m)	Q(m^3/h)	t*(h)	μ %
A.1-P.B.	8,93	9,40	20.00	17,30	14,7
X.2a-X.2	1,20	7,00	11,60	0,76	27,8
Y.1a-Y.1	1,00	7,60	14,11	0,51	30,1

r = distância

b = espessura

Q = Vazão de bombeamento

t*= tempo de chegada do traçador

μ = porosidade efetiva

Os resultados obtidos nos piezometros X.2 e Y.1 parecem excessivamente altos, sendo provavelmente consequencia das reduzidas distâncias dos pontos de injeção aos respectivos pontos de observação, não tendo portanto sido cumprida rigorosamente uma das condições de validade do ensaio, ou seja, uma distância entre os pontos, da mesma ordem de grandeza da espessura do

aquífero. Tal fato decorreu da necessidade de se dispor de dis - tancias relativamente pequenas, para tornar viável a realização dos testes de determinação da velocidade real, objeto do ítem 3.6.4.4, seguinte.

O valor de 14,7% para a porosidade obtido no ensaio com o piezometro A.1 e poço de bombeamento (1ª etapa), deve ser considerado o mais correto pois a distância de 8,93m entre os pontos de injeção e medição, é equivalente a espessura do aquífero (9,40m).

No ensaio de bombeamento realizado na unidade aquífera superior (ítem 4.3.2) interpretado pelo método de Boulton- Prickett para aquíferos semi-livres, foi obtido um valor médio de 20,9% para a porosidade eficaz, nos gráficos rebaixamento versus tempo dos piezometros A.1 e A.2. Considerando que as porosidades de 14,7% e 20,9% foram obtida por métodos absolutamente distintos, pode-se admitir um valor médio de 18% como representativo da porosidade eficaz dos arenitos, do nível aquífero superficial.

3.6.4.4 - Determinação da velocidade real no aquífero

A velocidade real de escoamento (V_r), pode ser mensurada através da injeção de um traçador em um ponto, e a observação do tempo de chegada em outro ponto situado a uma distância (r), como resultado do transporte pelo fluxo natural do aquífero. Foram realizadas injeções de traçador químico (NaCl), nos piezometros Y.1 e Y.2, e realizadas medições de condutividade, com condutivimetro Hidrocean modelo CDM-4, respectivamente nos piezometros auxiliares Y.1a e X.2a, situados a 1,00m e 1,20m de distância. As curvas de chegada são apresentadas na figura II.13, anexo II, tendo-se determinado para ambos os ensaios tempos de transito (t*) de 10,5 e 11 dias. A velocidade real é dada por

$V_R = \frac{r}{t^*}$. O quadro 9 resume os resultados obtidos:

QUADRO 9

Conj.	r(m)	t*(dia)	V_R(cm/dia)	V_F(cm/dia)
X.2-X.2a	1,20	10,5	11,4	2,05
Y.1-Y.1a	1,00	11,0	9,0	1,63

Os valores de velocidade horizontal obtidos da equação $V_F = V_R \cdot \mu$, sendo μ a porosidade média de 18% considerada representativa do aquífero, são coerentes e da mesma ordem de grandeza dos valores apresentados no ítem 3.6.4.1 (velocidade horizontal média de 2,04cm/seg), e que foram determinados pelo método de diluição em poço único.

4 - CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS DAS UNIDADES AQUÍFERAS

Nesta etapa procurou-se determinar os coeficientes de permeabilidade, transmissividade e armazenamento ou restituição (porosidade eficaz), mediante a realização de testes de bombeamento nas unidades aquíferas identificadas na sequência sedimentar, conforme estabelecido no capítulo 2 precedente. Na verdade, o pacote no seu conjunto constitue um sistema estratificado e heterogêneo de acentuada anisotropia vertical, caracterizado pela presença de níveis aquíferos repetitivos, isolados uns dos outros por camadas argilosas de espessuras variáveis e de permeabilidade vertical praticamente nula. Tendo por objetivo a avaliação dos parametros hidráulicos em intervalos sucessivos, os níveis aquíferos mais próximos foram agrupados em unidades individualizadas em termos piezométricos e hidrodinâmicos, subdividindo-se todo o pacote em 3 seções principais, levando-se em conta as espessuras das camadas argilosos confinantes desses diversos níveis produtores.

A primeira seção de 0-45 metros engloba a unidade aquífera superior composta de dois níveis, o mais superficial entre 12-21 metros e outro menos importante entre 32-36m de profundidade. A segunda seção envolve a unidade aquífera intermediária, constituída por delgados níveis arenosos intercalados entre 60-77 metros de profundidade numa sequência predominantemente argilosa. Finalmente a 3ª seção de 80 a 120m comporta a unidade aquífera inferior, formada predominantemente por camadas arenosas relativamente espessas, separadas por horizontes argilosos de espessuras menores.

O esquema adotado para obtenção dos coeficientes hidrodinâmicos, consistiu na construção em 3 etapas sucessivas, de um poço de bombeamento único projetado no que se refere aos diame-

tros de perfuração, revestimentos e filtros, de modo a possibilitar, na medida em que fosse aprofundado, a realização dos testes em cada unidade, separadamente, mediante cimentação e isolamento das demais.

Em cada unidade aquífera foram também construídos dois piezometros para observação dos níveis d'água durante os ensaios, projetados de forma a refletir as mesmas condições piezométricas existentes no respectivo intervalo captado pelo poço de bombeamento.

A fig. 4.1 mostra o esquema de locação do poço de bombeamento e dos piezometros, com relação a posição da sondagem guia 9-Fz-28-Am e a área de construção do "shaft".

Na unidade aquífera superior foram construídos os piezometros A.1 e A.2 com 45 metros de profundidade, distanciados respectivamente de 8,93m e 29,61m do poço de bombeamento.

Os piezometros B.1 e B.2 ambos com 77 metros, correspondem a unidade aquífera intermediária, estando posicionados a 10,04 e 29,92m do poço.

Na unidade inferior foram executados os piezometros C.1 e C.2, localizados a respectivamente 10,19 e 28,72m do poço, tendo ambos alcançado a profundidade de 120m.

Os piezometros A.1, A.2, C.1 e C.2 foram locados na direção SW-NE, ao longo do eixo do escoamento subterrâneo definido no capítulo 3 para os arenitos do nível aquíferos superficial, e os piezometros B.1 e B.2, perpendicularmente a esse eixo.

Foi executado o nivelamento topográfico do poço de bombeamento e dos piezometros, partindo-se de uma cota arbitraria de 50m estabelecida para a sondagem guia 9-Fz-28-Am. Foram determinadas as seguintes cotas:

. Poço de bombeamento - 49,650m

. Piezometro A.1 - 49,491m

ESQUEMA DE LOCAÇÃO DOS POÇOS DE BOMBEAMENTO E DOS PIEZOMETROS PROFUNDOS - A, B, C.

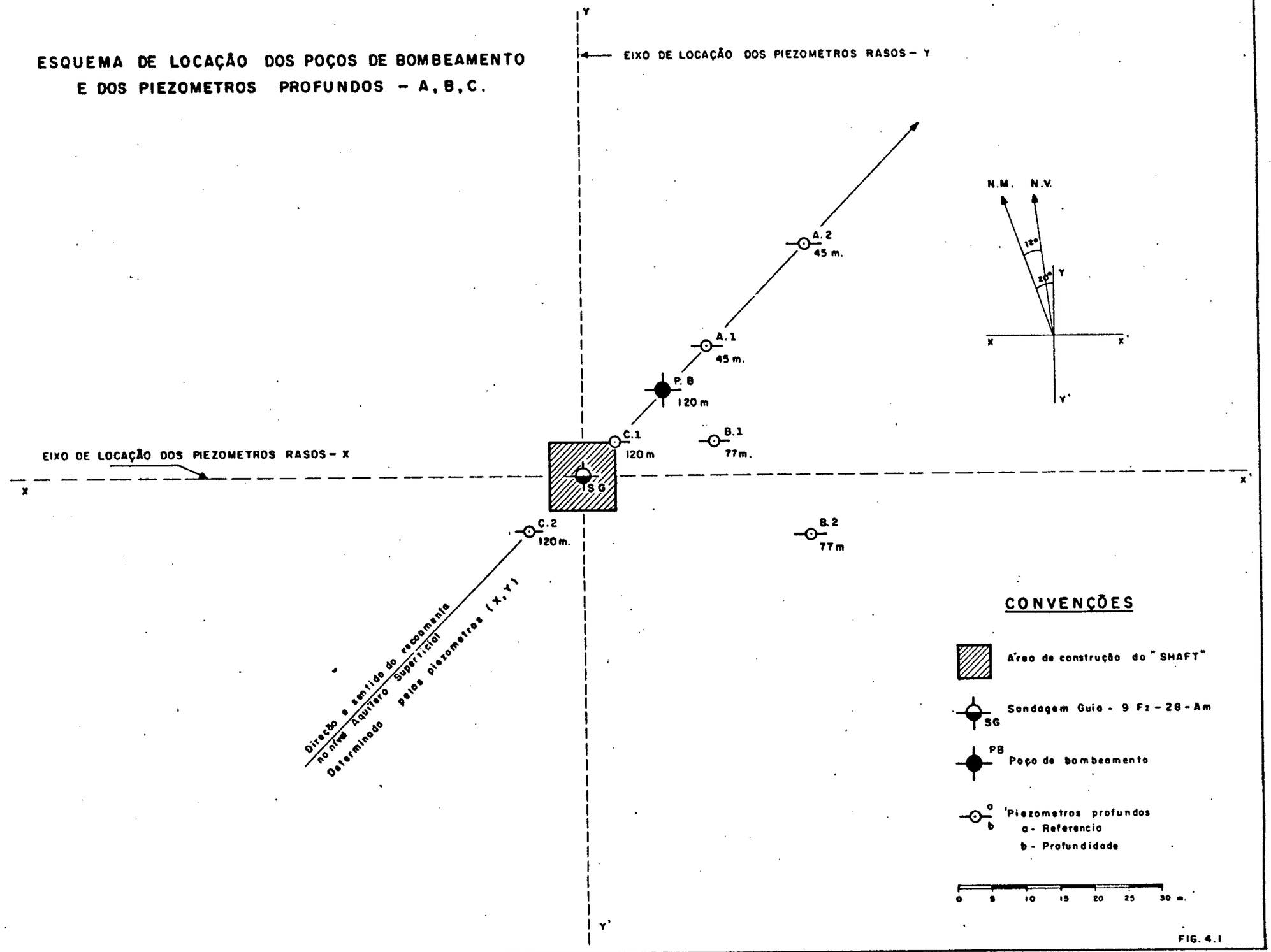


FIG. 4.1

. Piezometro A.2 - 47,637m

. Piezometro B.1 - 49,600m

. Piezometro B.2 - 49,137m

. Piezometro C.1 - 49,694m

. Piezometro C.2 - 49,775m

Inicialmente foram executaãos os piezometros C.1 e C.2 de maior profundidade, para obtenção dos dados litológicos através de testemunhagem continua do piezometro C.1, da perfilagem gama e de análises granulométricas das amostras de calha, permitindo a identificação dos diversos horizontes aquíferos de interesse na área do "shaft". Numa segunda etapa foram construidos os demais piezometros, controlando-se a litologia mediante amostragem de calha e perfilagem gama, e pela correlação com o perfil litológico básico (fig. 2.1), estabelecido a partir das informações coletadas nos piezometros mais profundos.

Numa terceira fase foi construído o poço de bombeamento, com 120m de profundidade, em 3 sub-etapas sucessivas, intercaladas pelos ensaios de bombeamento das unidades aquíferas atravessadas, efetuando-se também o controle litológico por amostragem de calha e perfilagem gama.

Tanto no poço de bombeamento como nos piezometros, ao ser atingida a profundidade final, foram corridos perfis caliper para controle dos volumes do cascalho a ser utilizado como prefiltro. O fluido de perfuração teve por base polimeros organicos, visando se obter a melhor conexão hidráulica possivel do poço e piezometros com o aquífero. As operações de encascalhamento foram realizadas pelo método de circulação reversa, tendo-se utilizado cascalho selecionado entre 0,5-2,0mm,conforme a curva granulométrica apresentada na fig. 4.2. As cimentações de isolamento, foram efetuadas mediante o uso de tubos condutores de pequeno diametro, bombeando-se a pasta para o espaço anular, dire-

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

PRÉ-FILTRO

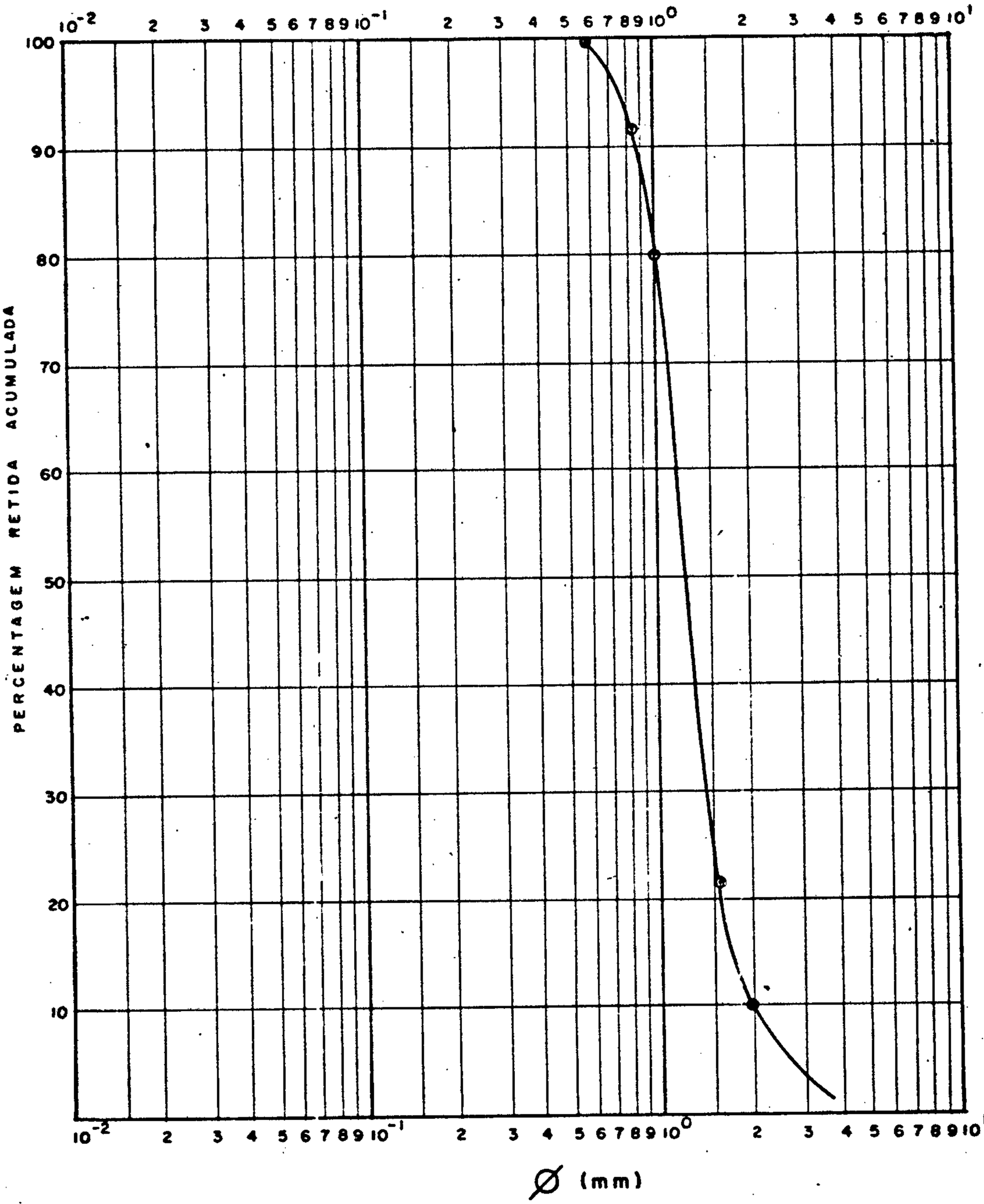
POÇO:

PROFUNDIDADE:

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLÍNDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	10,02			
12	1,68	22,13			
18	1,00	80,20			
20	0,84	91,70			
30	0,59	99,95			
60	0,21				
270	0,074				
PROFUNDIDADE (m)					

Fig. 4.2

tamente acima do topo do pré-filtro.

4.1 - Características construtivas dos piezometros

As figuras 4.3 a 4.8 mostram os perfis técnicos construtivos dos piezometros, contendo todas as informações necessárias a caracterização dessas unidades de pesquisa. Apresentam o gráfico de tempo de penetração, a perfilagem gama, o perfil percentual dos tipos litológicos obtidos na amostragem de calha, além do perfil litológico resultante da composição das diferentes informações coletadas, acompanhado de sua respectiva descrição. Mostram ainda o perfil técnico construtivo propriamente dito, no que se refere a profundidades, diametros de perfuração, revestimentos e filtros, intervalos de encalhamento e cimentação, além das características dos filtros e da granulometria do pré-filtro. Observa-se que a colocação dos filtros foi efetuada ao longo dos principais níveis aquíferos que compõem a unidade correspondente a cada tipo de piezometro, fornecendo o potencial hidráulico médio no intervalo. Nos piezometros mais profundos B.1, B.2, C.1 e C.2, as cimentações foram realizadas a partir dos topos dos pré-filtros (posicionados poucos metros acima do 1º filtro), até a superfície do terreno, isolando dessa forma as unidades aquíferas superiores, de forma a caracterizar as condições piezométricas do respectivo intervalo de teste.

A seguir são apresentados os detalhes de ordem construtiva dessas unidades de pesquisa:

a) <u>Piezometro A.1</u>

. Profundidade: 45m

. Perfuração: ø 15": 0-8m

ø 9 7/8: 8-45m

. Perfilagens: gama - caliper

PIEZÔMETRO - A.1

PERFIL DE SONDAGEM

MÉTODO : ROTAÇÃO (SONDA CF-15)
PROF. FINAL : 45m
CONCLUSÃO : 30-08-83

PROJETO : FAZENDINHA
MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DONORTE
ESTADO : AMAZONAS

COORD. X : 9.594.487,50
COORD. Y : 283.518,50
COTA RELATIVA : 49,491m

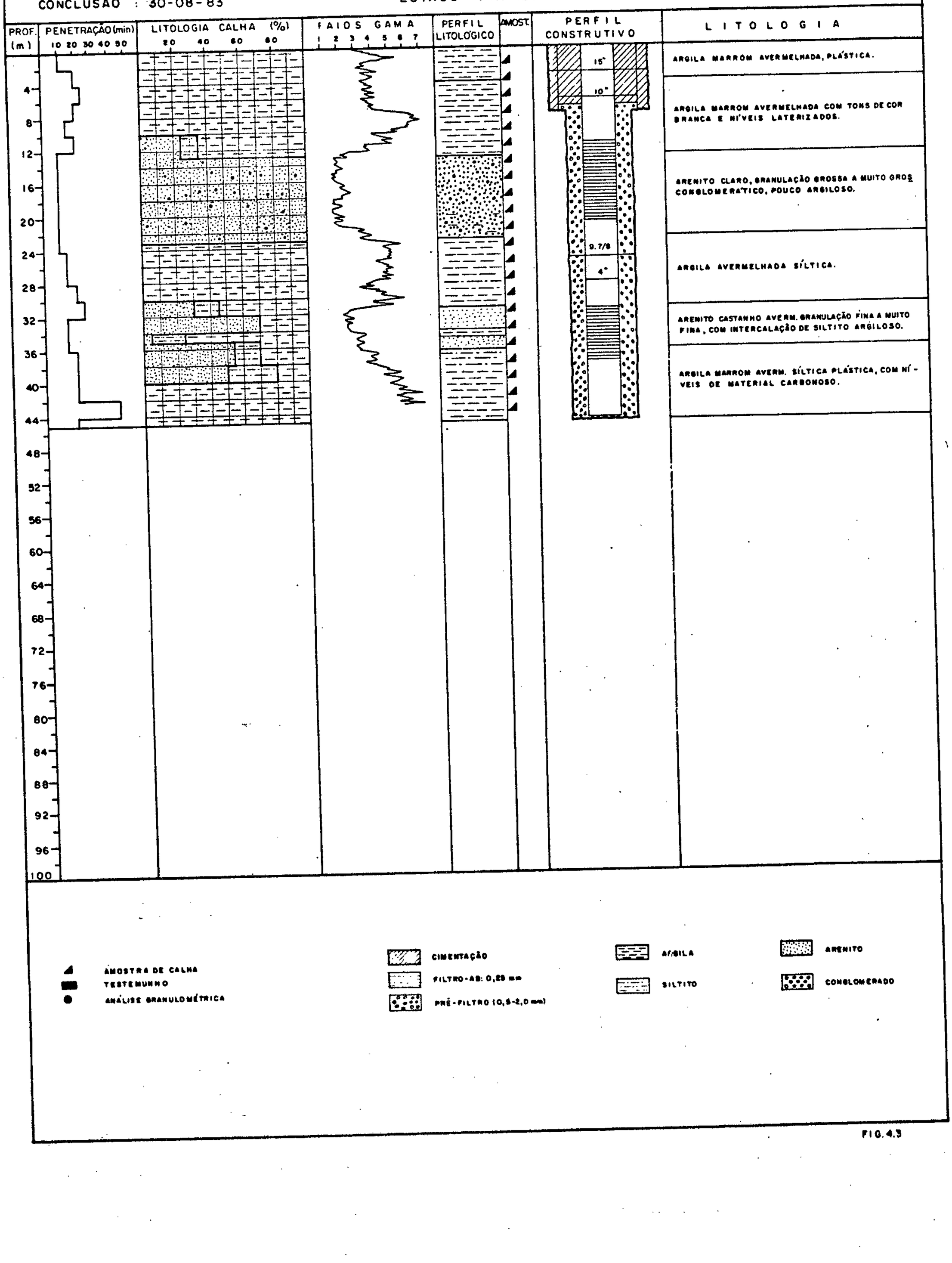


FIG. 4.3

. Revestimentos e Filtros:

- Tubo condutor Ø 10": 0-8,00m
- Tubo galv. Ø 4": + 0,45 - 5,50m
- Tubo PVC Ø 4": 5,5 - 11,52
- Filtro Ø 4": 11,52 - 20,94m
- Tubo PVC Ø 4": 20,94 - 31,57m
- Filtro Ø 4": 31,57 - 37,85m
- Tubo PVC Ø 4": 37,85 - 44,87m

. Cimentações:

- Tubo condutor Ø 10": 0 - 8m
- Coluna de revestimento: 0 - 7m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 7 - 45m

b) Piezometro A.2

. Profundidade: 45m

. Perfuração Ø 15": 0 - 8,8m

Ø 9 7/8": 8,8 - 45m

. Perfilagens: gama-caliper

. Revestimentos e Filtros:

- Tubo condutor Ø 12": 0 - 8,8m
- Tubo galv. Ø 4": + 0,52 - 5,50m
- Tubo PVC Ø 4": 5,5 - 11,00m
- Filtros Ø 4": 11,00 - 20,42m
- Tubos PVC Ø 4": 20,42 - 30,98m
- Filtros Ø 4": 30,98 - 37,26m
- Tubos PVC Ø 4": 37,26 - 44,48m

. Cimentações:

- Tubo condutor Ø 12": 0 - 8,8m
- Coluna de revestimento: 0 - 6m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 6 - 45m

PIEZÔMETRO - A.2

PERFIL DE SONDAGEM

MÉTODO : ROTAÇÃO (SONDA CF-15)

PROF. FINAL : 45m

CONCLUSÃO : 04-09-83

PROJETO : FAZENDINHA

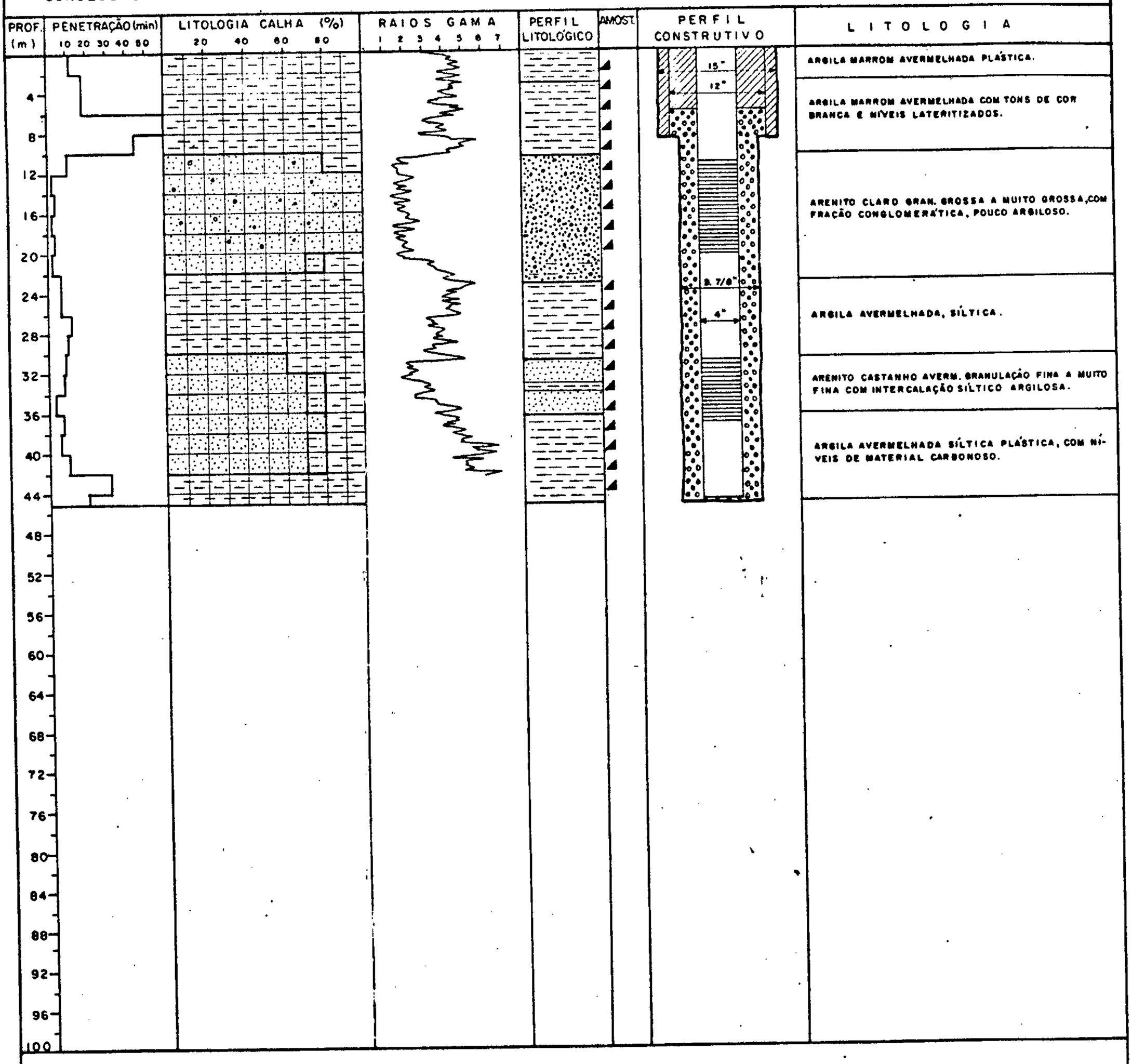
MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DONORTE

ESTADO : AMAZONAS

COORD. X : 9.594.466,50

COORD. Y : 283.533

COTA RELATIVA : 47,637m



LITOLOGIA

ARGILA MARROM AVERMELHADA PLÁSTICA.

ARGILA MARROM AVERMELHADA COM TONS DE COR BRANCA E NÍVEIS LATERITIZADOS.

ARENITO CLARO GRAN. GROSSA A MUITO GROSSA, COM FRAÇÃO CONGLOMERÁTICA, POUCO ARGILOSO.

ARGILA AVERMELHADA, SÍLTICA.

ARENITO CASTANHO AVERM. GRANULAÇÃO FINA A MUITO FINA COM INTERCALAÇÃO SÍLTICO ARGILOSA.

ARGILA AVERMELHADA SÍLTICA PLÁSTICA, COM NÍVEIS DE MATERIAL CARBONOSO.

- AMOSTRA DE CALHA
- TESTEMUNHO
- ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

- CIMENTAÇÃO
- FILTRO-AB: 0,25 mm
- PRÉ-FILTRO (0,5-2,0mm)

- ARGILA
- SILTITO

- ARENITO
- CONGLOMERADO

FIG. 4.4

c) <u>Piezometro B.1</u>

. Profundidade: 77m

. Perfuração Ø 15": 0 - 5,8m

Ø 9 7/8": 5,8 - 77m

. Pergilagens: gama-caliper

. Revestimentos e filtros:

- Tubo condutor Ø 12": 0 - 5,80m
- Tubo galv. Ø 4": + 0,45 - 5,65m
- Tubos PVC Ø 4": 5,65 - 61,00m
- Filtro Ø 4": 61,00 - 64,13m
- Tubo PVC Ø 4": 64,13 - 67,13m
- Filtro Ø 4": 67,13 - 70,26m
- Tubo PVC Ø 4": 70,26 - 73,26m
- Filtro Ø 4: 73,26 - 76,39m

. Cimentações:

- Tubo condutor: Ø 12": 0 - 5,80m
- Coluna de revestimento: 0 - 48m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 48 - 77m

d) <u>Piezometro B.2</u>

. Profundidade: 77m

. Perfuração: Ø 15": 0 - 8m

Ø 9 7/8": 8 - 77m

. Perfilagens: gama-caliper

. Revestimentos e Filtros:

- Tubo condutor Ø 12": 0 - 8m
- Tubo galv. Ø 4" + 0,53 - 5,49m
- Tubos PVC Ø 4": 5,49 - 61,00m
- Filtro Ø 4": 61,00 - 64,13m
- Tubo PVC Ø 4": 64,13 - 66,13m
- Filtro Ø 4": 66,13 - 69,26m

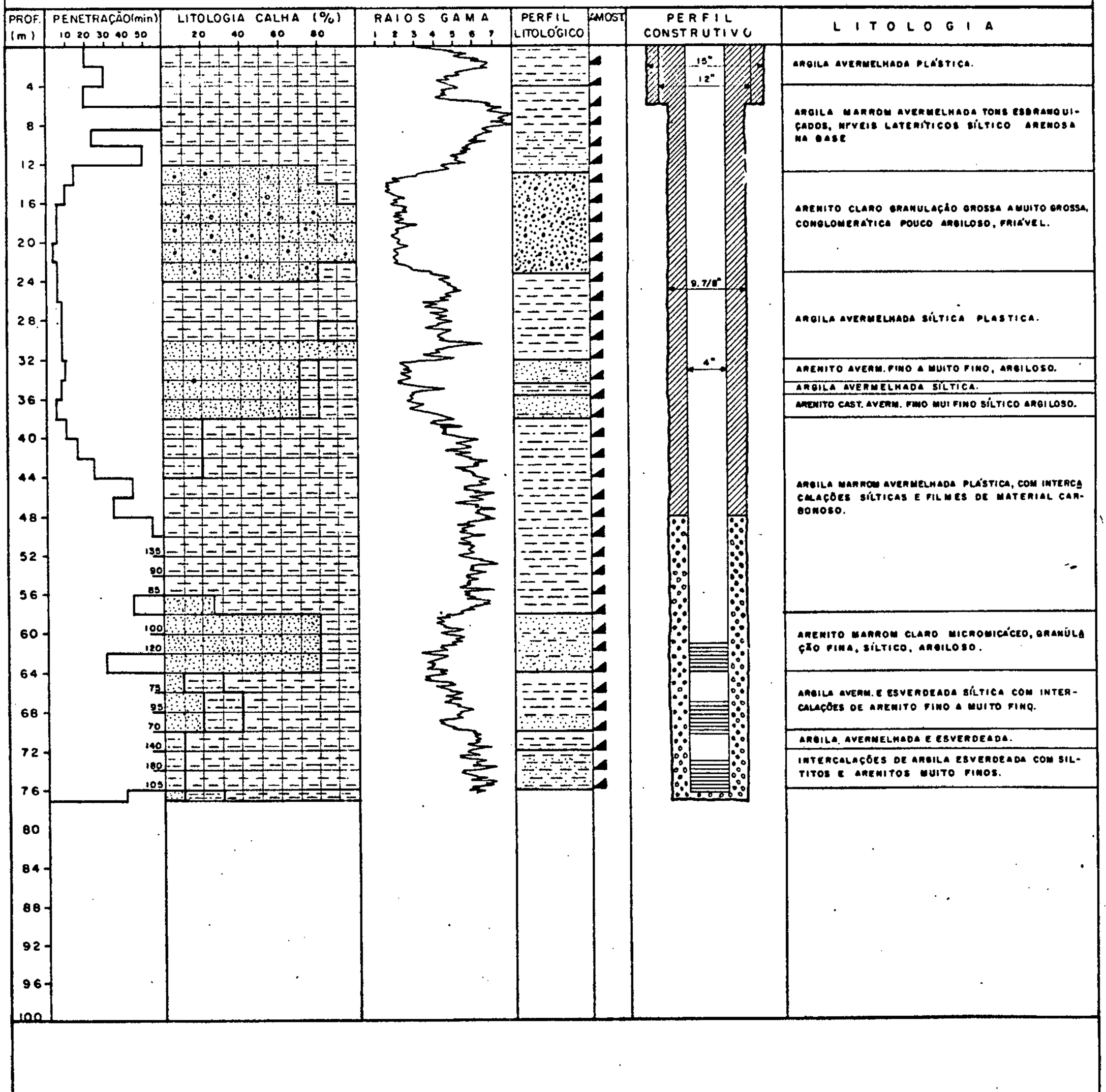
PIEZÔMETRO - B.1

PERFIL DE SONDAGEM

MÉTODO: ROTAÇÃO (SONDA CF-15) | PROJETO : FAZENDINHA | COORD. X : 9.594.480

PROF. FINAL : 77 m | MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DO NORTE | COORD. Y : 283.510

CONCLUSÃO : 11-09-83 | ESTADO : AMAZONAS | COTA RELATIVA : 49,600m



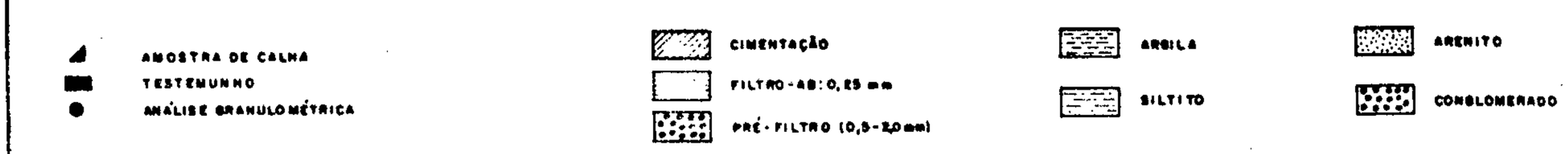


FIG. 4.5

PIEZÔMETRO - B.2

PERFIL DE SONDAGEM

MÉTODO : ROTAÇÃO (SONDA CF-15)

PROF. FINAL : 77 m

CONCLUSÃO : 24-09-83

PROJETO : FAZENDINHA

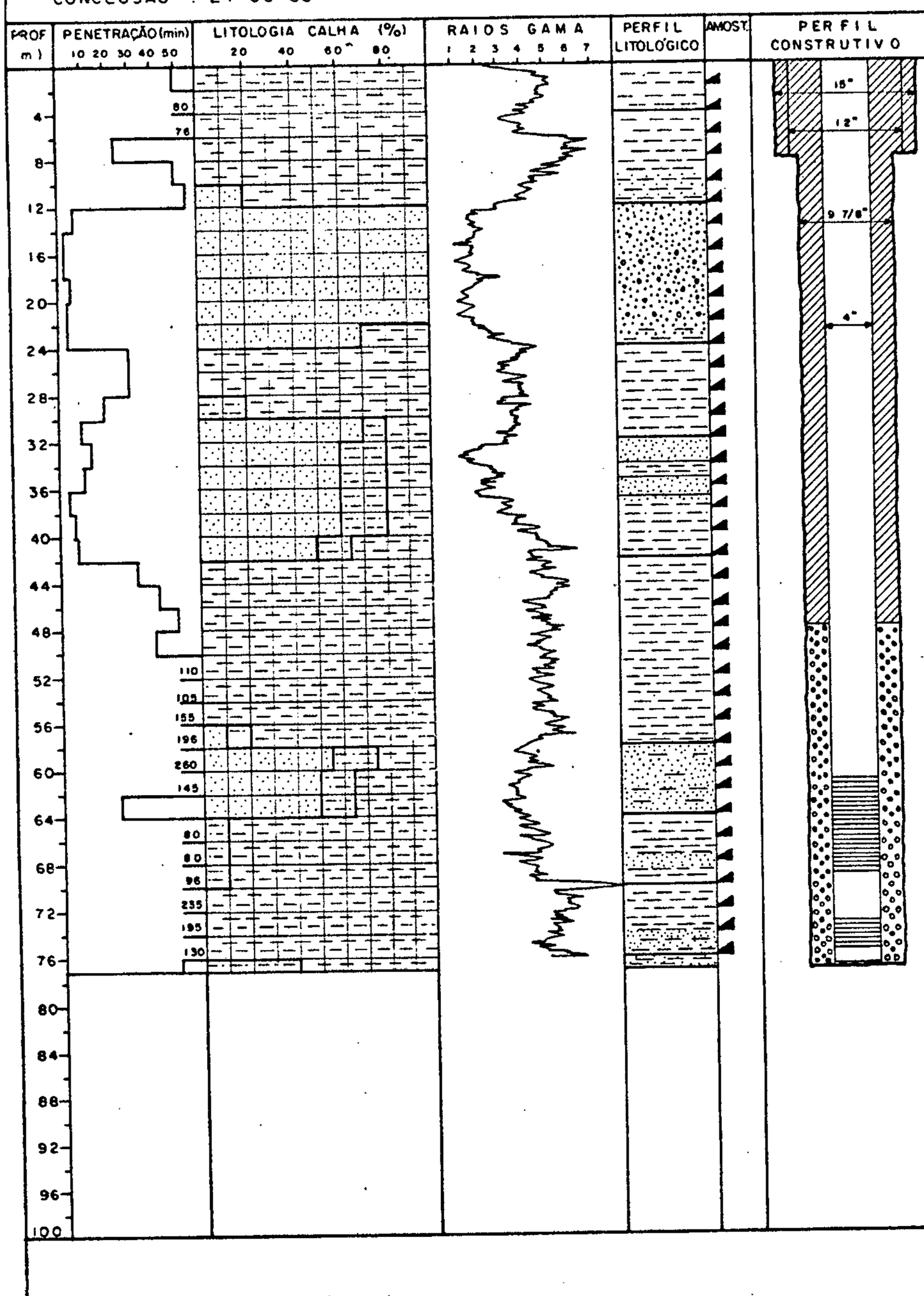
MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS

COORD. X : 9.594.466,50

COORD. Y : 283.491

COTA RELATIVA : 49,137 m



L I T O L O G I A

ARGILA AVERMELHADA PLÁSTICA.

ARGILA MARROM AVERMELHADA COM TONS ESBRANQUIÇADOS E NÍVEIS LATERÍTICOS, ARENOSA NA BASE.

ARENITO CLARO GRAN GROSSA A MUITO GROSSA, CONGLOMERÁTICO, POUCO ARGILOSO E FRIÁVEL.

ARGILA AVERMELHADA SÍLTICA, PLÁSTICA.

ARENITO AVERMELHADO, GRANULAÇÃO FINA A MUITO FINA COM NÍVEIS POUCO CALCÍFEROS E INTERCALAÇÕES ARGILO-SÍLTICAS.

ARGILA MARROM AVERMELHADA, PLÁSTICA COM INTERCALAÇÕES SÍLTICAS E FILMES DE MATERIAL CARBONOSO.

ARENITO MARROM CLARO A AVERMELHADO GRAN. FINA, ARGILO SILTOSO, APRESENTA ALGUNS TONS. ESVERDEADOS.

ARGILA AVERM. E ESVERDEADA, SÍLTICA E SILTITO ROSEO COM NÍVEIS COM PEQUENA FRAÇÃO ARENOSA DE GRAN. FINA.

ARGILA AVERMELHADA E ESVERDEADA COM NÍVEIS MATERIAL CARBONOSO E INTERC. DE SILTITOS E ARENITOS FINOS.

ARGILA SÍLTICA - ARENOSA, AVERMELHADA.

AMOSTRA DE CALHA

TESTEMUNHO

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CIMENTAÇÃO

FILTRO - AB: 0,25 mm

PRÉ - FILTRO (0,5 - 2,0 mm)

ARGILA

SILTITO

ARENITO

CONGLOMERADO

FIG. 4.6

- Tubo PVC Ø 4": 69,26 - 73,26
- Filtro Ø 4": 73,26 - 75,26m
- Tubo PVC Ø 4": 75,26 - 76,81m

. Cimentações:

- Tubo condutor Ø 12": 0 - 8m
- Coluna de revestimento: 0 - 48m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 48 - 77

e) <u>Piezometro C.1</u>

. Profundidade: 120m

. Perfuração Ø 15": 0 - 28m

. Testemunhagem continua Ø 5 1/2": 28 - 120m

. Alargamento Ø 9 7/8": 28 - 120m

. Perfilagens: gama-caliper

. Revestimento e Filtros:

- Tubo condutor Ø 10": 0 - 28m
- Tubo galv. Ø 4": + 0,63 - 5,48m
- Tubos PVC Ø 4": 5,48 - 79,72m
- Filtro Ø 4": 79,72 - 89,14m
- Tubo PVC Ø 4": 89,14 - 95,16m
- Filtros Ø 4": 95,16 - 104,58m
- Tubo PVC Ø 4": 104,58 - 106,58m
- Filtro Ø 4": 106,58 - 116,00m
- Tubo PVC Ø 4": 116,00 - 120,00m

. Cimentações:

- Tubo condutor Ø 10": 0 - 28m
- Coluna de revestimento: 0 - 78m

. Pré-filtros (0,5 - 2mm): 78 - 120m

f) <u>Piezometro C.2</u>

. Profundidade: 120m

. Perfuração Ø 17 1/2": 0 - 6m

Ø 12 1/4": 6 - 29,40m

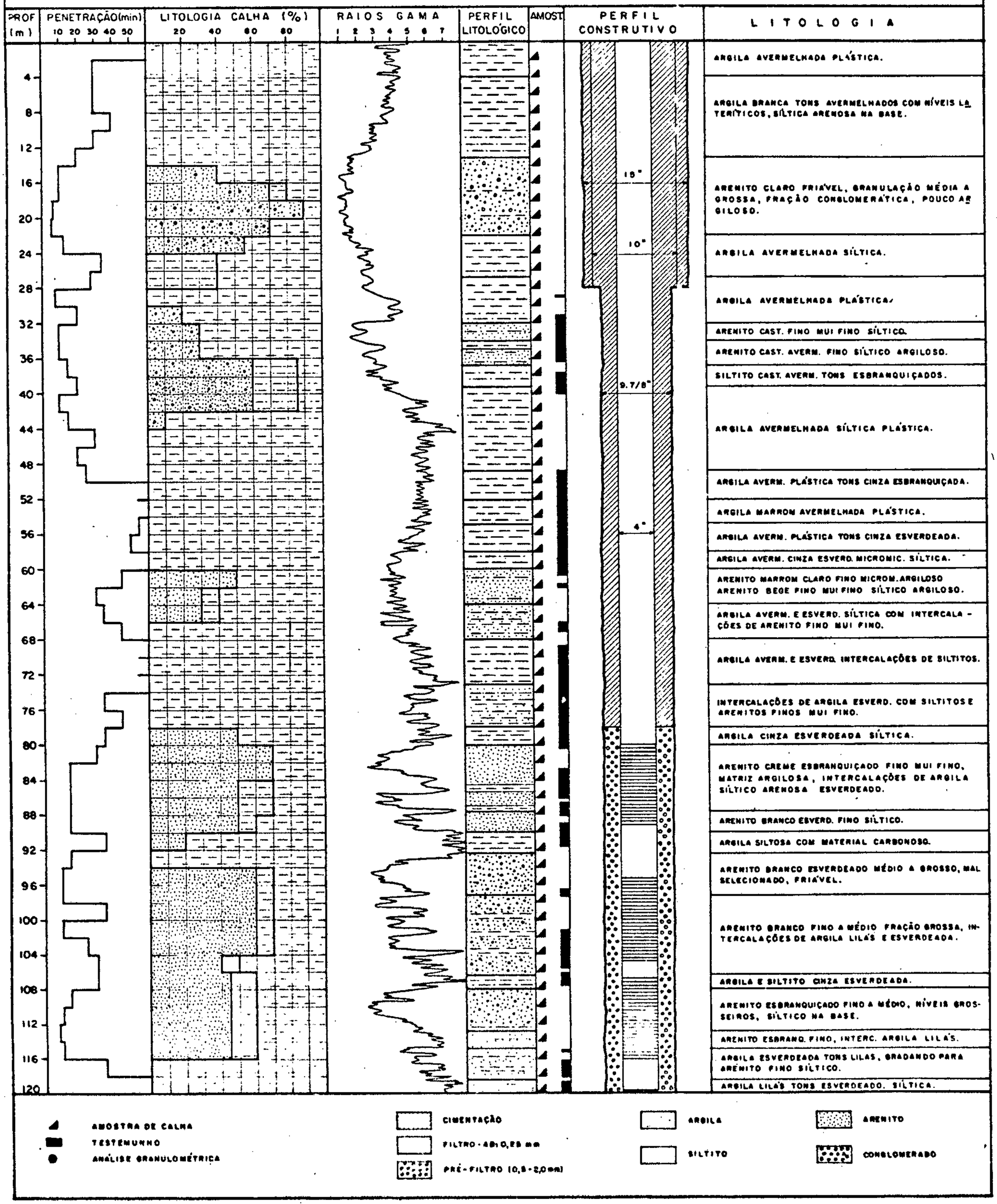
PIEZÔMETRO - C.1

PERFIL DE SONDAGEM

MÉTODO : Rotação
PROF. FINAL : 120 m
CONCLUSÃO : 19-08-83

PROJETO : FAZENDINHA
MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DO NORTE
ESTADO : AMAZONAS

COORD. X : 9.594.495
COORD. Y : 283.505
COTA RELATIVA : 49,694m



LITOLOGIA

- ARGILA AVERMELHADA PLÁSTICA.
- ARGILA BRANCA TONS AVERMELHADOS COM NÍVEIS LATERÍTICOS, SÍLTICA ARENOSA NA BASE.
- ARENITO CLARO FRIÁVEL, GRANULAÇÃO MÉDIA A GROSSA, FRAÇÃO CONGLOMERÁTICA, POUCO ARGILOSO.
- ARGILA AVERMELHADA SÍLTICA.
- ARGILA AVERMELHADA PLÁSTICA.
- ARENITO CAST. FINO MUI FINO SÍLTICO.
- ARENITO CAST. AVERM. FINO SÍLTICO ARGILOSO.
- SILTITO CAST. AVERM. TONS ESBRANQUIÇADOS.
- ARGILA AVERMELHADA SÍLTICA PLÁSTICA.
- ARGILA AVERM. PLÁSTICA TONS CINZA ESBRANQUIÇADA.
- ARGILA MARRON AVERMELHADA PLÁSTICA.
- ARGILA AVERM. PLÁSTICA TONS CINZA ESVERDEADA.
- ARGILA AVERM. CINZA ESVERD. MICROMIC. SÍLTICA.
- ARENITO MARROM CLARO FINO MICROM. ARGILOSO
  ARENITO BEGE FINO MUI FINO SÍLTICO ARGILOSO.
- ARGILA AVERM. E ESVERD. SÍLTICA COM INTERCALAÇÕES DE ARENITO FINO MUI FINO.
- ARGILA AVERM. E ESVERD. INTERCALAÇÕES DE SILTITOS.
- INTERCALAÇÕES DE ARGILA ESVERD. COM SILTITOS E ARENITOS FINOS MUI FINO.
- ARGILA CINZA ESVERDEADA SÍLTICA.
- ARENITO CREME ESBRANQUIÇADO FINO MUI FINO, MATRIZ ARGILOSA, INTERCALAÇÕES DE ARGILA SÍLTICO ARENOSA ESVERDEADO.
- ARENITO BRANCO ESVERD. FINO SÍLTICO.
- ARGILA SILTOSA COM MATERIAL CARBONOSO.
- ARENITO BRANCO ESVERDEADO MÉDIO A GROSSO, MAL SELECIONADO, FRIÁVEL.
- ARENITO BRANCO FINO A MÉDIO FRAÇÃO GROSSA, INTERCALAÇÕES DE ARGILA LILÁS E ESVERDEADA.
- ARGILA E SILTITO CINZA ESVERDEADA.
- ARENITO ESBRANQUIÇADO FINO A MÉDIO, NÍVEIS GROSSEIROS, SÍLTICO NA BASE.
- ARENITO ESBRANQ. FINO, INTERC. ARGILA LILÁS.
- ARGILA ESVERDEADA TONS LILÁS, GRADANDO PARA ARENITO FINO SÍLTICO.
- ARGILA LILÁS TONS ESVERDEADO. SÍLTICA.

AMOSTRA DE CALHA
TESTEMUNHO
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CIMENTAÇÃO
FILTRO - AB: 0,25 mm
PRÉ-FILTRO (0,5 - 2,0 mm)

ARGILA
SILTITO

ARENITO
CONGLOMERADO

FIG 4.7

PIEZÔMETRO - C.2

PERFIL DE SONDAGEM

MÉTODO : ROTAÇÃO (Sonda CF-15)

PROF. FINAL : 120 m

CONCLUSÃO : 02-10-83

PROJETO : FAZENDINHA

MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS

COORD. X : 9.594.508

COORD. Y : 283.492,50

COTA RELATIVA : 49,775

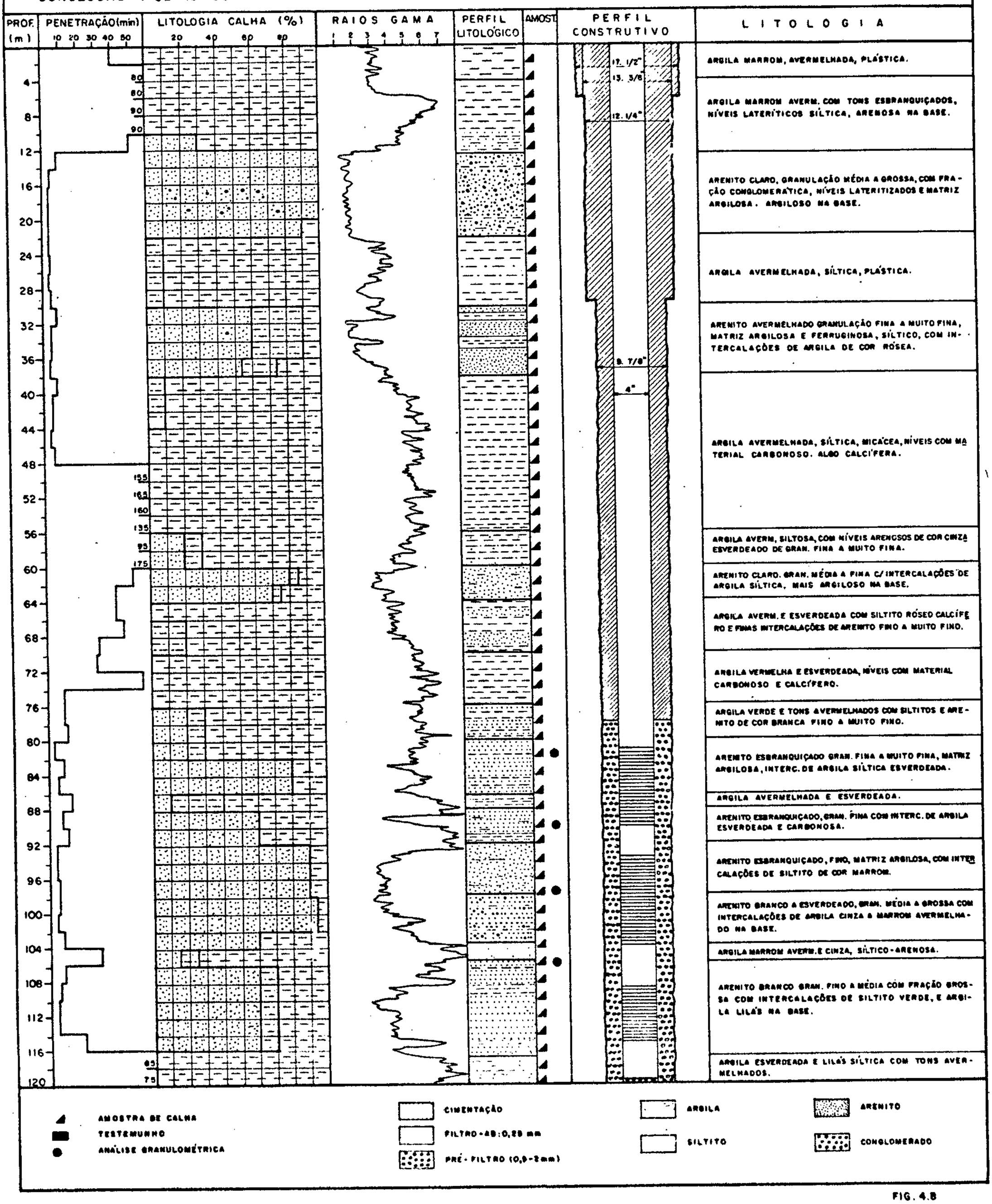


FIG. 4.8

. Perfilagens: gama-densidade-caliper

. Revestimentos e Filtros:

- Tubo condutor Ø 13 3/8": 0 - 6m
- Tubo galv. Ø 4": 0,38 - 6,75m
- Tubos PVC Ø 4": 6,75 - 80,95m
- Filtro Ø 4": 80,95 - 90,40m
- Tubo PVC Ø 4": 90,40 - 93,33m
- Filtros Ø 4": 93,55 - 102,94m
- Tubo PVC Ø 4": 102,94 - 108,78m
- Filtros Ø 4": 108,78 - 115,08m
- Tubo PVC Ø 4": 115,08 - 119,48m

. Cimentações:

- Tubo condutor Ø 13 3/8": 0 - 29,40m
- Coluna de revestimento: 0 - 78m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 78 - 120m

4.2 - Características construtivas do poço de bombeamento

Na fig. 4.9 apresenta-se o perfil construtivo do poço de bombeamento. No dimensionamento dos diametros de perfuração e revestimento, levou-se em conta a eventual necessidade de instalação de bombas submersas para grandes vazões ($150m^3/h$), conforme recomendação dos consultores franceses da Petromisa, bem como a necessidade de se dispor de espaços anulares suficientes para permitir, de forma satisfatória, a realização das delicadas operações de encascalhamento e cimertação de isolamento das unidades aquíferas anteriormente testadas. Nesse sentido, a colocação do pré-filtro ao longo dos intervalos aquíferos, se mostrou, conforme previsto no plano de trabalho, efetivamente necessária, devido a presença de frequentes intercalações argilosas, evitando-se o risco de penetração de materiais finos através dos fil-

POÇO DE BOMBEAMENTO

PERFIL DE SONDAGEM

MÉTODO : ROTAÇÃO (SONDA CF-15)
PROF. FINAL : 120 m
CONCLUSÃO : 13-11-83

PROJETO : FAZENDINHA
MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DO NORTE
ESTADO : AMAZONAS

COORD. X : 9.594.487,50
COORD. Y : 283.512,50
COTA RELATIVA : 49,650 m

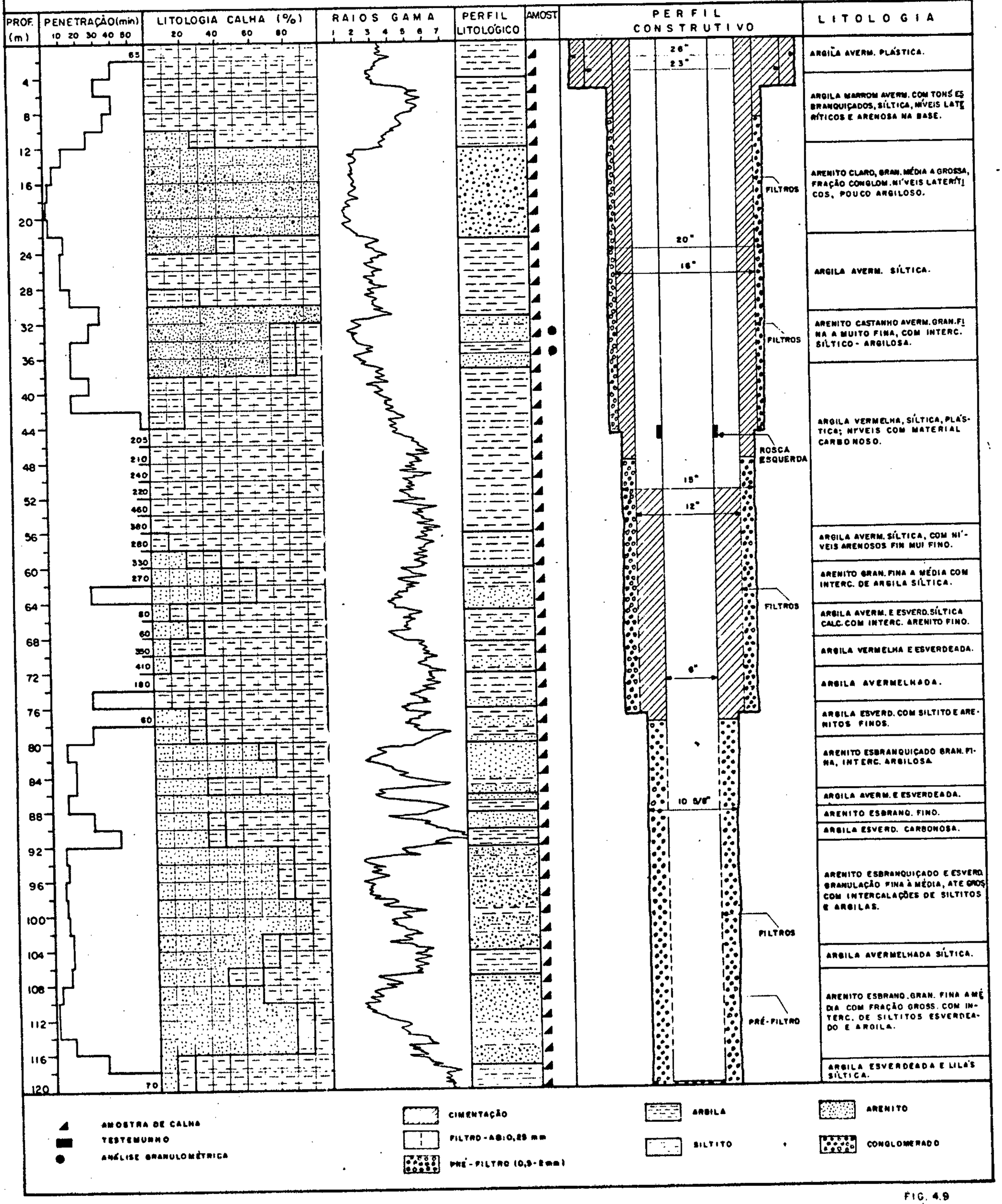


FIG. 4.9

tros, durante os bombeamentos. Por outro lado, o isolamento mediante cimentação, das unidades aquíferas testadas após cada etapa de construção do poço, mostrou-se também imprescindível, tendo em vista a necessidade de obtenção, em cada uma delas, de um comportamento piezométrico individualizado e similar a dos piezometros correspondentes.

Apresentando características idênticas aos utilizados nos piezometros, os filtros nos seus diferentes diametros (16", 12" e 6"), foram do tipo HIDROSOLO galvanizados, de ranhura contínua e abertura de 0,25mm, sendo o pré-filtro, constituído por cascalho selecionado com granulometria de 0,5 a 2mm, conforme curva granulométrica da fig. 4.2.

A seguir são apresentados os detalhes de ordem construtivas, nas 3 fases de construção do poço:

a) 1ª Etapa

. Profundidade: 45m

. Perfuração Ø 26": 0 - 5,60m

Ø 22": 5,60 - 45m

. Perfilagens: gama-caliper

. Revestimentos e filtros:

- Tubo condutor Ø 23": 0 - 5,60m
- Tubo aço Ø 16": + 0,2 - 12,00m
- Filtro Ø 16": 12,00 - 21,42m
- Tubo aço Ø 16": 21,42m - 31,39m
- Filtro Ø 16": 31,39 - 37,67m
- Tubo aço Ø 16": 37,67 - 44,57m

(com tampão interno de cimento entre 43,57-44;57m, a ser posteriormente cortado no início da 2ª etapa).

. Cimentações:

- Tubo condutor Ø 23": 0 - 5,60m

- Coluna de revestimento: 0 - 9m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 9 - 45m

b) 2ª Etapa

. Profundidade: 77m

. Perfuração Ø 15": 45 - 77m

. Perfilagens: gama-caliper

. Revestimentos e Filtros

- Tubos aço Ø 12" + 0,2 - 58,00m
- Filtros Ø 12": 58,00 - 64,28m
- Tubo aço Ø 12": 64,28 - 66,28m
- Filtros Ø 12": 66,28 - 69,42m
- Tubo aço Ø 12": 69,42 - 72,42m
- Filtros Ø 12": 72,42 - 75,56m
- Tubo aço Ø 12": 75,56 - 77,00m (com tampão interno de cimento entre 76,00-77,00m, a ser posteriormente cornado no início da 3ª etapa).

. Cimentação para isolamento da unidade aquífera superior: 0 - 48m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 48 - 77m

c) 3ª Etapa

. Profundidade: 120m

. Perfuração Ø 10 5/8": 77-120m

. Perfilagens: gama-caliper

. Revestimento e Filtros:

- Tubo galv. Ø 6": + 0,5 - 81m
- Filtros Ø 6": 81,00 - 89,34m
- Tubos galv. Ø 6": 89,34 - 95,34m
- Filtros Ø 6": 95,34 - 116,19m
- Tubos galv: 116,19 - 120m

. Cimentação para isolamento da unidade aquífera intermediária: 51,90 - 78,00m

. Pré-filtro (0,5-2mm): 78,00 - 120,00m

4.3 - Teste de bombeamento da unidade aquífera superior

Concluída a perfuração, completação e desenvolvimento dos piezometros A.1 e A.2 e a 1ª etapa de construção do poço de bombeamento, a fase seguinte consistiu na realização do ensaio de bombeamento de longa duração, visando a determinação das características hidrodinâmicas da unidade aquífera superior. Do ponto de vista litológico e estratigráfico essa unidade caracteriza um sistema aquífero estratificado de elevada anisotropia vertical, composto por um nível superficial (12-21m), suscertível de recarga a partir dos materiais argilo-arenosos sobrejacentes e por um nível de menor espessura, bem mais profundo (34-36m), em condições de total confinamento. Constitue portanto no conjunto, um sistema hidráulico complexo, cujas reações foram observadas e interpretadas a partir do ensaio de bombeamento efetuado.

4.3.1 - Condições de realização do ensaio

Após a perfuração e a completação segundo os esquemas definidos nos ítens 4.1 e 4.2, os piezometros A.1 e A.2 e o poço (1ª etapa), foram submetidos a operações de limpeza e desenvolvimento com compressor de ar visando estabelecer uma eficiente conexação hidráulica com o aquífero e também a obtenção de dados de produtividade, para possibilitar o dimensionamento adequado da vazão de bombeamento a ser utilizada no teste. Após uma etapa de bombeamento contínuo, para limpeza e remoção de resíduos do fluido de perfuração, o desenvolvimento foi efetuado com duração de 24 horas, através de descargas intermitentes (bombeamentos e

paralizações alternados), medindo-se a vazão e o rebaixamento, observando-se a evolução da capacidade de produção (relação vazão versus rebaixamento). Os dados finais obtidos foram os seguintes:

- Piezometro A.1

. Vazão: 21,52m^3/h

. Nível estático: 7,77m

. Nível dinâmico: 17,56m

. Rebaixamento: 9,79m

. Vazão específica: 2,19m^3/h/m

- Piezometro A.2

. Vazão: 22,5m^3/h

. Nível estático: 6,22m

. Nível dinâmico: 15,59m

. Rebaixamento: 9,37m

. Vazão específica: 2,40m^3/h/m

- Poço de bombeamento (1ª etapa)

. Vazão: 34,3m^3/h

. Nível estático: 7,63m

. Nível dinâmico: 17,95m

. Rebaixamento: 10,32m

. Vazão específica: 3,32m^3/h/m

Para um rebaixamento máximo de 6 metros no poço de bombeamento, a vazão definida para o teste foi de:

VAZÃO = 6m x 3,32m^3/h/m = 19,92m^3/h $\approx$ 20m^3/h

Foi previsto um rebaixamento relativamente pequeno no poço, devido a reduzida profundidade do topo do nível aquífero superficial (arenitos entre 12-21m). Uma vazão elevada que produzisse excessivo rebaixamento do nível d'água, tenderia a passar esse horizonte durante o ensaio á uma condição de aquífero li-

vre, tendo-se como resultado uma complexidade hidrodinâmica ainda maior que já existente, devido a presença de dois intervalos aquíferos em condições hidráulicas diferenciadas.

Com relação ao controle de influências externas durante o ensaio, foram considerados desprezíveis ou inexistentes efeitos decorrentes da conexão do aquífero com massas de água superficial, efeitos decorrentes de bombeamentos próximos, efeitos da evapotranspiração e efeitos da variação e tendência dos níveis piezométricos.

O teste foi iniciado somente após a completa recuperação e estabilização dos níveis d'água, face as perturbações provocadas pelo bombeamento do poço, na fase de desenvolvimento. Medidas sistemáticas de pressão atmosférica foram também efetuadas, paralelamento à medições de nível d'água nos piezometros A.1 e A.2, não se constatando nenhuma correlação entre as variações de pressão atmosférica e variação dos níveis piezométricos.

Quanto as influências internas, efeitos decorrentes de variação da vazão bombeada são inexistentes, devido o ensaio ter sido efetuado com vazão constante, enquanto que influências de penetração parcial,foram também consideradas desprezíveis,devido a penetração total dos níveis aquíferos e colocação de filtros ao longo de toda a extensão desses intervalos

O equipamento de bombeamento utilizado consistiu em uma bomba de motor submerso marca HAUPT-PLEUGER modelo Q63-6 + V6 - 57 de seis estágios, capaz de produzir vazões de até $50m^3/h$ para uma altura monométrica de recalque de 60m.

As medições de rebaixamento e recuperação foram efetuadas com medidor elétrico, com precisão de 1cm, enquanto que a vazão foi aferida com tubo de Pitot, com o diametro de 3" para o tubo de descarga, e de 2" para o orifício da placa terminal.

Entre o tubo de descarga da bomba e o tubo de Pitot foi instalado um registro de 3", cuja regulagem quando necessá-

rio, permitiu a obtenção de uma vazão constante durante todo o transcorrer do ensaio.

4.3.2 - Avaliação dos parametros hidrodinâmicos

A fig. 4.10 mostra o esquema de realização do ensaio indicando-se as distancias dos piezometros ao poço bombeado, o posicionamento do nível piezométrico inicial, e a conformação do cone de depressão no final dos 2880 minutos (48 horas), de duração do teste. Foram efetuadas medidas de rebaixamento e recuperação do nível d'água, no poço bombeado e nos piezometros A.1 e A.2, sendo as tabelas de medição e gráficos correspondentes apresentados no anexo III.

Os dados característicos do ensaio são os seguintes:

- Poço bombeado
  - . Vazão: $20m^3/h$
  - . Nível estático: 7,69m
  - . Nível dinâmico: 11,72m
  - . Rebaixamento = 4,03m
  - . Vazão específica = $4,96m^3/h/m$
  - . Tempo de bombeamento = 2880'
  - . Tempo de recuperação = 2880'

- Piezometro A.1
  - . Nível estático = 7,56m
  - . Nível dinâmico = 8,40m
  - . Rebaixamento = 0,84m
  - . Distância ao poço = 8,93m

- Piezometro A.2
  - . Nível estático = 5,82m
  - . Nível dinâmico = 6,39m
  - . Rebaixamento = 0,57m

ESQUEMA DE EXECUÇÃO DO TESTE DE BOMBEAMENTO
UNIDADE AQUÍFERA SUPERIOR

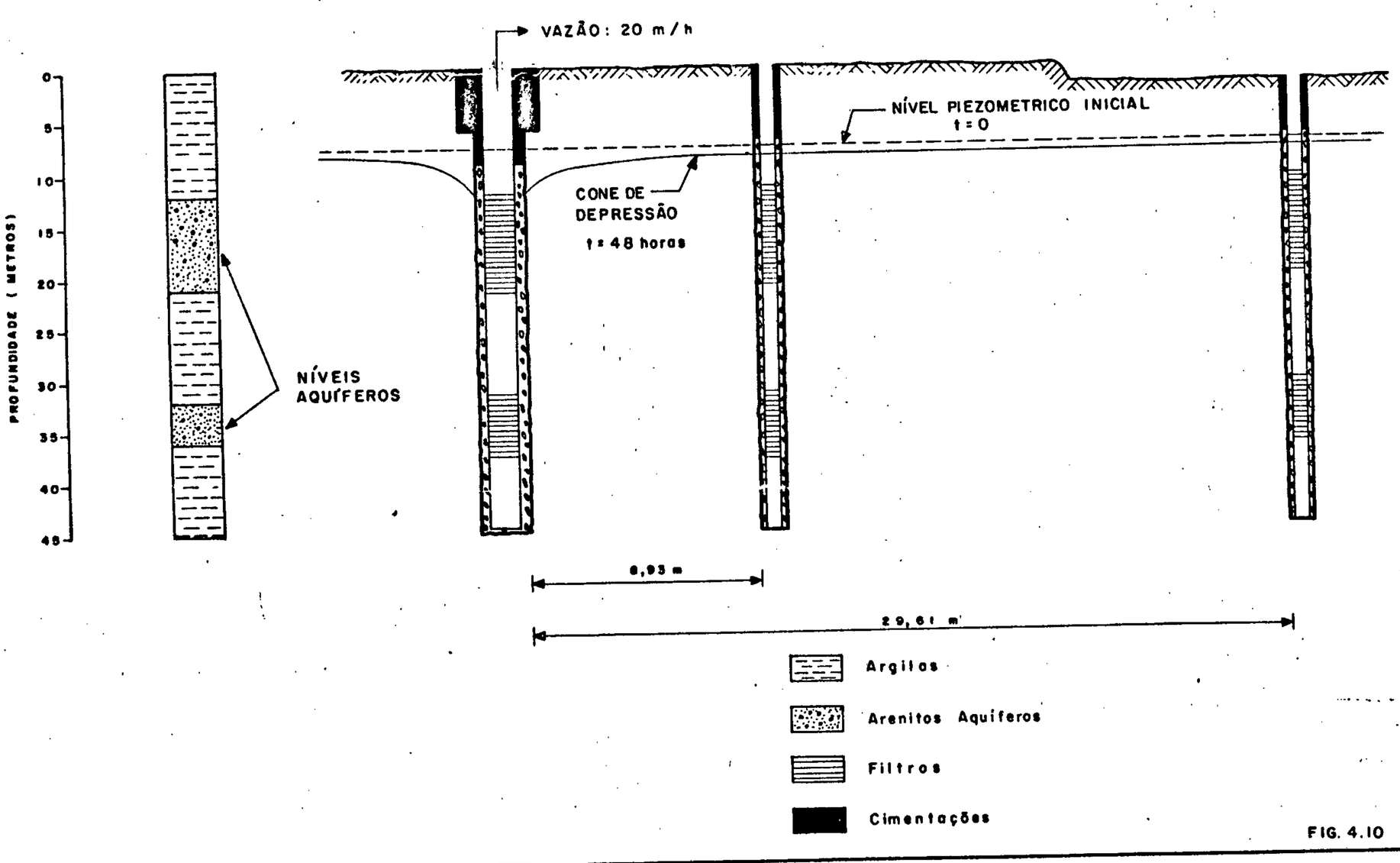


FIG. 4.10

. Distancia ao poço = 29,61m

As reações observadas, especialmente a partir dos dados de rebaixamento medidos nos piezometros A.1 e A.2, evedenciaram um sistema aquífero do tipo semi-livre, com recarga por drenagem diferida procedente das camadas argilo-arenosas superiores (0-12m), devido a nítida tendência de estabilização dos níveis d'água logo após o início do bombeamento.

Os dados de rebaixamento nos piezometros A.1 e A.2 foram utilizados para a determinação dos parametros hidráulicos do sistema, tendo sido plotados em gráficos de escala logariticima para interpretação pelo método de superposição de Boulton-Prick - kett.

As figuras III.3a e III.5a, anexo III, apresentam os gráficos de rebaixamento versus tempo observando-se a coincidencia da curva experimental do piezometro A.1, com a curva padrão de valor $\frac{R}{D}$ = 0,315, e a coincidencia da curva do piezometro A.2, com a curva padrão de valor $\frac{R}{D}$ = 0,5. Os valores determinados para os parametros hidrodinâmicos do aquífero foram os seguintes:

- Piezometro A.1
  - . Transmissividade inicial - $T_a = 2,45.10^{-3} m^2/s$
  - . Transmissividade final - $T_y = 1,77.10^{-3} m^2/s$
  - . Coeficiente de armazenamento - $S_a = 1,44.10^{-3}$
  - . Coeficiente de restituição (porosidade efetiva)

    $\mu = 26,6.10^{-2} = 26,6\%$

- Piezometro A.2
  - . Transmissividade inicial - $T_a = 2,65.10^{-3} m^2/s$
  - . Transmissividade final - $T_y = 1,61.10^{-3} m^2/s$
  - . Coeficiente de armazenamento.- $S_a = 4,9.10^{-4}$
  - . Coeficiente de restituição (porosidade efetiva)

    $\mu = 15,2.10^{-2} = 15,2\%$.

Os valores médios considerados representativos da unidade aquífera são os seguintes:

. Transmissividade - $T_m = 2{,}12.10^{-3} m^2/s$

. Coeficiente de armazenamento - $S_m = 9{,}25.10^{-4}$

. Porosidade efetiva - $\mu = 20{,}9.10^{-2} = 20{,}9\%$

. Espessura do nível aquífero superior (12-21m) - $b_1 = 9m$

. Espessura do nível aquífero inferior (32-36m) - $b_2 = 4m$

. Permeabilidade média - $K_m = \frac{T_m}{b_1 + b_2} = 1{,}63.10^{-4} m/s$

Os dados de rebaixamento e recuperação no poço bombeado e de recuperação (rebaixamento residual) nos piezometros A.1 e A.2 foram plotados em gráficos de escala semi-logarítmica, e interpretados pelo método de Jacob, conforme indicam as figuras III.1a, III.2a, III.4a e III.6a do anexo III. Os valores de transmissividade determinados mostram-se excessivamente elevados, (valor médio de $4{,}73.10^{-3} m^2/s$), pelo fato de não ter cessado completamente até o final do ensaio os efeitos de recarga por drenagem diferida.

Em consequencia as retas de definição da transmissividade apresentam ainda uma reduzida declividade, fornecendo valores de transmissividade mais elevados que os reais, portanto não característicos do sistema.

Conforme referido anteriormente, a unidade aquífera superior mostra-se constituida por dois níveis aquíferos, respectivamente nos intervalos de 12-21m e 34-36m. A transmissividade média obtida no teste ($2{,}12.10^{-3} m^2/s$) é portanto a soma das transmissividades parciais de cada intervalo.

No ítem 3.5 deste relatório, utilizando-se curvas granulométricas, foi estimada uma permeabilidade, $K_1 = 1{,}82.10^{-4} m/s$ para os arenitos do intervalo 12-21m.

Análises granulométricas foram também efetuadas em

amostras coletadas durante a perfuração de poço de bombeamento, nos intervalos de 32-34m e 34-36m, cujas curvas são apresentadas na figura I.9, anexo I. Admitindo-se uma porosidade total de 30% para esses arenitos, foram estimados os seguintes valores de permeabilidade a partir das formulas de Kozeny e Terzaghi.

INTERVALO	KOZENY	TERZAGHI	VALOR MÉDIO
32-34	$1,45.10^{-4}$m/s	$1,16.10^{-4}$m/s	$1,17.10^{-4}$m/s
34-36	$1,15.10^{-4}$m/s	$9,24.10^{-5}$m/s	

A transmissividade teórica de cada nível aquífero será portanto:

. Nível Superior (12-21m)

$T_1 = K_1 \cdot b_1$

$T_1 = 1,82.10^{-4}$m/s x 9m

$T_1 = 1,64.10^{-3}m^2/s$

. Nível inferior (34-36m)

$T_2 = K_2 \cdot b_2$

$T_2 = 1,17.10^{-4}$m/s x 4m

$T_2 = 4,68.10^{-4}m^2$/seg.

A transmissividade da unidade aquífera superior obtida a partir dos dados granulométricos será portanto:

$T = T_1 + T_2$

$T = 2,10.10^{-3}m^2/s$

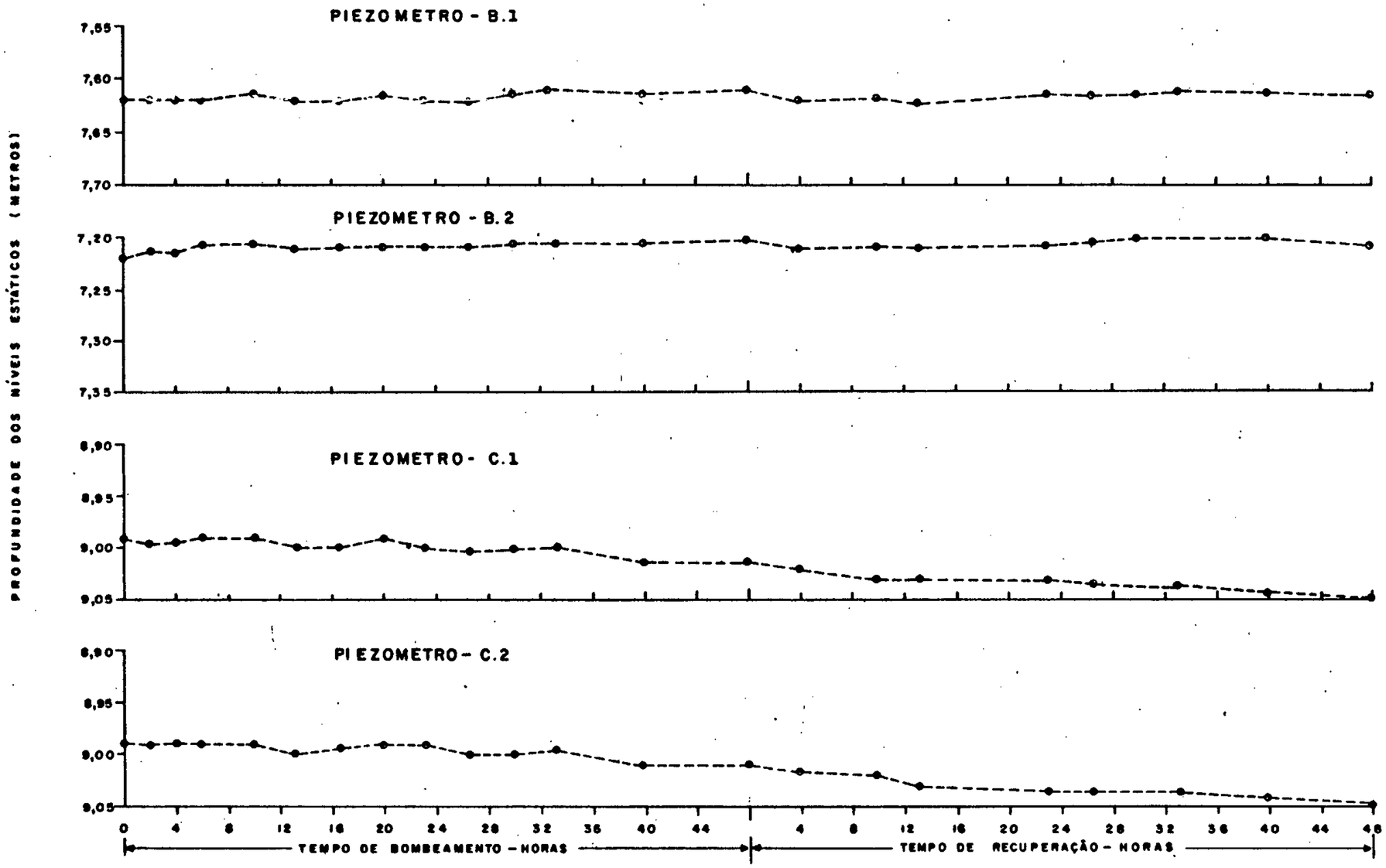
Valor esse similar ao valor médio de transmissividade ($2,12.10^{-3}m^2/s$), obtido no teste de bombeamento englobando os dois níveis aquíferos compontes da unidade estudada.

GRÁFICO DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS ESTÁTICOS

PIEZOMETROS B.1 e B.2 – UNIDADE AQUÍFERA INTERMEDIÁRIA

PIEZOMETROS C.1 e C.2 – UNIDADE AQUÍFERA INFERIOR

Fig. 4.11



Durante o bombeamento foram também efetuadas medidas de rebaixamento e recuperação nos piezometros B.1 e B.2 (da unidade aquífera intermediária) e C.1 e C.2 (da unidade aquífera inferior) visando verificar as condições de comunicação vertical entre as unidades aquíferas.

Conforme demonstra o gráfico da figura 4.11, os níveis d'água nesses piezometros não apresentaram variações sensíveis, indicando o total isolamento da unidade testada com relação as demais, sem ocorrencia portanto de transferencias de água por filtração vertical. As oscilações observadas da ordem de 2-3cm, não caracterizam reações ao bombeamento efetuado na unidade aquífera superior, estando dentro da faixa de precisão, do medidor de nível utilizado.

4.4 - Teste de bombeamento da unidade aquífera intermediária

A seção intermediária do pacote sedimentar compreende o intervalo de 45 a 77 metros, e comporta um sistema aquífero estratificado, formado por delgados níveis arenosos e silticos intercalados numa sequência predominantemente argilosa. Esses níveis existentes principalmente entre 60 e 70 metros de profundidade, caracterizam um sistema de permeabilidade vertical extremamente reduzida ou mesmo nula, estando confinados pelos horizontes impermeáveis intercalados e isolados da unidade aquífera superior pelo contínuo pacote argiloso existente entre 45 e 60 metros. O isolamento da unidade aquífera inferior é menos nítido, devido as espessuras mais reduzidas das camadas argilosas presentes na base da seção.

4.4.1 - Condições de realização do ensaio

a) Desenvolvimento do poço de bombeamento e dos piezometros B.1 e B.2

Concluído o teste de bombeamento da unidade aquífera superior, o poço de bombeamento foi aprofundado até 77m, conforme o perfil técnico construtivo apresentado na figura 4.9. As operações de limpeza e desenvolvimento tanto do poço de bombeamento (2ª etapa), como dos piezometros B.1 e B.2 foram efetuadas mediante bombeamentos com ar comprimido, alternados com paralizações (10 x 10 minutos), até a obtenção de uma capacidade específica satisfatória e compatível com a produtividade do sistema, de modo a assegurar boas condições de conexão hidráulica com o aquífero. Os resultados obtidos no final das operações foram os seguintes:

- Piezometro B.1
  - Vazão: 3,37m^3/h
  - Nível estático: 8,91m
  - Nível dinâmico: 49,97m
  - Rebaixamento: 41,06m
  - Vazão específica: 0,082m^3/h/m

- Piezometro B.2
  - Vazão: 6m^3/h
  - Nível estático: 8,72m
  - Nível dinâmico: 50,22m
  - Rebaixamento: 41,50m
  - Vazão específica: 0,144m^3/h/m

- Poço de bombeamento (2ª etapa)

. Vazão: 3,60m^3/h

. Nível estático: 9,50m

. Nível dinâmico: 56,30m

. Rebaixamento: 46,80m

. Vazão específica: 0,077m^3/h/m

A vazão específica obtida no poço de bombeamento foi utilizada para o dimensionamento da vazão de teste, admitindo - se um rebaixamento máximo de 45m do nível d'água.

$$Q = 45m \times 0,077m^3/h/m = 3,46m^3/h$$

Levando em conta a baixa transmissividade do sistema aquífero, evidenciada pela reduzida capacidade específica, adotou-se uma vazão de 3m^3/h, a fim de garantir a submergência da bomba, colocada aos 55m de profundidade durante as 48 previstas para o ensaio.

b) Controle de influencias internas e externas

Com relação aos fatores internos capazes de influenciar a interpretação do ensaio, foram considerados inesistentes: efeitos decorrentes de penetração parcial do aquífero em vista da colocação de filtros ao longo dos níveis aquíferos; efeitos de variação da vazão bombeada, devido o controle e constancia da vazão mantida durante todo o ensaio; e efeitos de variação de espessura saturada, por tratar-se de um aquífero confinado com nível piezométrico mantido sempre acima do topo do aquífero. Um importante fator de orden interna, consistiu no efeito da água armazenada no próprio poço, sobre a evolução do rebaixamento e da recuperação, o qual foi levado em considera - ção na interpretação do teste, conforme discutido no ítem 4.4.2, a seguir. Quanto as influências externas (recarga induzi

da, evapotranspiração, variação e tendência dos níveis, efeitos de variação de pressão atmosférica), foram também consideradas inexistentes ou desprezíveis. No caso particular da variação dos níveis piezométricos em consequência das perturbações provocadas pelo desenvolvimento do poço, essa influencia foi anulada, tendo sido iniciado o teste somente após a recuperação dos níveis d'água.

c) Equipamentos de teste e de medição

Devido a baixa vazão ($3m^3/h$) projetada para o ensaio, não foi possível a utilização da bomba submersa HAUPT-PLEUGER de 6" para vazões de até $50m^3/h$, instalada para o ensaio da unidade aquífera superior. Foi utilizada uma bomba submersa especialmente dimensionada para as condições de teste, marca DARKA de 3" capaz de fornecer vazões da ordem de $6m^3/h$ para uma altura monométrica de recalque de 50 metros. O equipamento de medida de vazão (Tubo de Pitot), teve a descarga no diametro de 1 1/2" e a placa terminal com orifício de $\frac{3}{4}$" de diametro, tendo sido instalado registro de 2" para regulagem e manutenção de uma vazão constante durante todo o ensaio. As medições de nível d'água foram efetuadas com medidor elétrico marca Altronic, com precisão da ordem de 1cm.

4.4.2 - Determinação dos parametros hidráulicos

O esquema de realização do teste de bombeamento é apresentado na figura 4.12. Foram efetuadas medidas de rebaixamento e recuperação no poço bombeado e nos piezometros B.1 e B.2, estando no anexo IV as tabelas de medição e gráficos de interpretação.

ESQUEMA DE EXECUÇÃO DO TESTE DE BOMBEAMENTO
UNIDADE AQUÍFERA INTERMEDIÁRIA

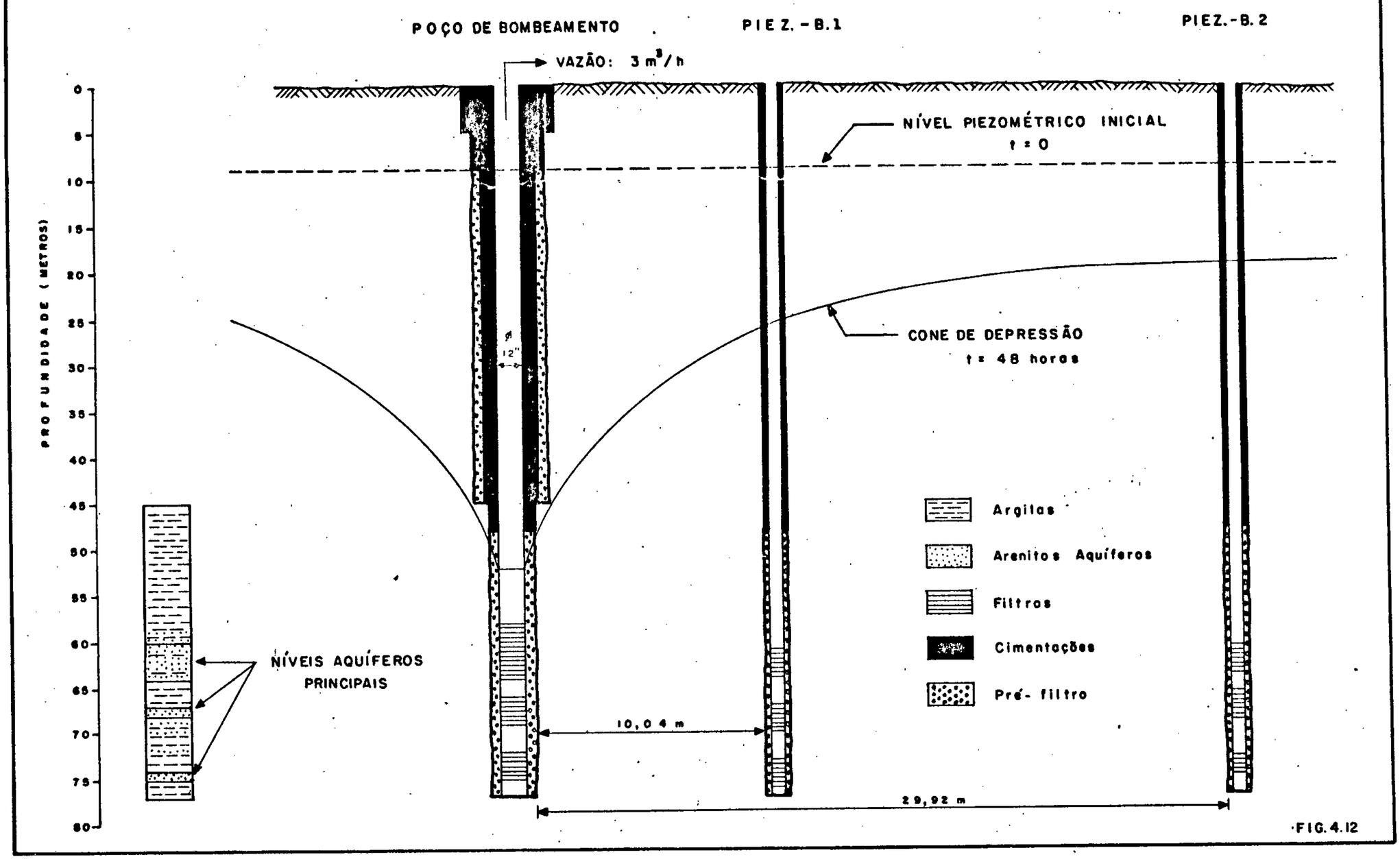


FIG. 4.12

Os dados técnicos característicos do ensaio foram os seguintes:

- <u>Poço de bombeamento</u>
  - . Vazão: $3m^3/h$
  - . Nível estático: 9,01m
  - . Nível dinâmico: 52,12m
  - . Rebaixamento: 43,17m
  - . Vazão específica: $0,069m^3/h/m$
  - . Tempo de bombeamento: 2880 minutos
  - . Tempo de recuperação: 2880 minutos

- <u>Piezometro B.1</u>
  - . Nível estático: 8,98m
  - . Nível dinâmico: 25,45m
  - . Rebaixamento: 16, 47m
  - . Distância ao poço: 10,04m

- <u>Piezometro B.2</u>
  - . Nível estático: 8,60m
  - . Nível dinâmico: 19,46m
  - . Rebaixamento: 10,86m
  - . Distância ao poço: 29,92m

Os gráficos de interpretação constantes do anexo IV, mostram o comportamento típico de um sistema aquífero confinado, sem nenüna indicação de recarga por filtração vertical.

O aspecto de maior relevância e interesse consistiu na verificação da grande influência exercida pelo armazenamento da água no poço, sobre a evolução do rebaixamento e da recuperação, até certo tempo após iniciado e paralizado o ensaio. Este fenomeno é resultante de vários fatores combinados destacando-se a baixa permeabilidade do aquífero, a reduzida vazão de bom-

beamento e o diâmetro relativamente grande da câmara de bombeamento (12"), tendo-se observado em consequência, um comporta - mento hidráulico típico de bombeamento em poço de grande diâmetro, onde são sensíveis os efeitos da água armazenada no próprio poço.

Segundo Papadópulos e Cooper*, no poço de bombeamento o efeito do armazenamento torna-se desprezível quando:

$t_e > 25 \cdot \frac{r_p^2}{T}$, sendo r_p o raio do poço na zona de variação de nível, T a transmissividade do aquífero, t_e o tempo de bombeamento

Para os piezometros, de acordo com Forkasiewicz**, esse efeito é negligível quando:

$$t_e > 25 \cdot \frac{r_p^2}{T} \cdot \frac{s_p + s}{s_p}$$, sendo:

s_p = rebaixamento no poço, no tempo t

s = rebaixamento no poço no tempo t

A representação das medidas de rebaixamento no poço bombeado em gráfico de escalas logarítmicas (método de Papadópulos-Cooper), apresenta uma reta inicial com declividade aproximada de 45°, enquanto permanece o efeito do armazenamento de água no poço. Quando começa a cessar esse efeito, o trecho retilínio se encurva tendendo a coincidir com a curva padrão de Theis, para aquíferos confinados. A representação em gráfico semi-logarítmico (método de Jacob), caracteriza uma curva exponen

---

* Papadópulos, I.S e Cooper, H.H.Jr. Drawdown in a well of large diameter. Water Resouces Research, 3, 1967, páginas 241-244.

** Forkasiewicz, J.:Interpretation des données des pompages d'essai pour l'evaluation des paramètres des aquifères, aide-memoire. B.R.G.M., deciembre 1969, Paris Orleans.

cial crescente enquanto persiste o efeito do armazenamento, tendendo em seguida para um trecho retilineo, representativo das condições hidrodinâmicas do aquífero, e que define a transmissividade, permeabilidade e coeficiente de armazenamento do sistema.

. Poço de bombeamento

a) Dados de rebaixamento (fig. IV.1a)

Método: Papadópulos - Cooper

A curva experimental coincide com a curva padrão de valor

$\alpha = 6,5.10^{-5}$

$$T = \frac{Q}{4.\Pi.\Delta} \cdot F(u,\alpha)$$

$$S = \frac{r_f^2}{r_p^2} \cdot \alpha$$

T = transmissividade (m^2/s)

S = coeficiente de armazenamento

Δ = 5,50m = rebaixamento

$F(u,\alpha) = 2$ = Função característica para poços de grande diametro

$r_f = 0,152$ = raio dos filtros

$r_p = 0,152m$ = raio da câmara de bombeamento (zona de variação do nível d'água)

$Q = 0,833.10^{-3} m^3/s$ = vazão de bombeamento

Temos portanto:

$T = 2,41.10^{-5} m^2/s$

$S = 6,5.10^{-5}$

O efeito do armazenamento d'água no poço termina quando:

$$t_e > 25. \frac{r_p^2}{T}$$

$t_e > 2{,}39.10^4$ seg

$t_e > 399$ minutos,

O que concorda com o início da região de coincidência da curva experimental com a curva padrão de Theis, conforme apresentado no gráfico bilogarítmico da figura IV.1a.

a) Dados de recuperação (rebaixamento residual - figura IV.2a)

$$T = \frac{0{,}183.Q}{\Delta'} \cdot \log \left(\frac{t}{t'} + 1\right)$$

Na reta de definição de transmissividade, em um ciclo logarítmico temos que:

$$\log \left(\frac{t}{t'} + 1\right)_{10} = 1$$

$$(\Delta')_{10} = 4{,}90\text{m}$$

$$T = 3{,}11.10^{-5}\ m^2/s$$

- Piezometro B.1

a) Dados de rebaixamento (fig. IV.3a)

Método: Jacob

$$T = \frac{0{,}183.Q}{\Delta} \cdot \log \cdot \frac{t_2}{t_1}$$

$$\log \left(\frac{t_2}{t_1}\right)_{10} = 1,\ (\Delta)_{10} = 5{,}09$$

$$T = 2{,}99.10^{-5}\ m^2/s$$

$$S = \frac{2{,}25.T.t_o}{R^2}$$

$$t_o = 99{,}6 \text{ seg}$$

$R = 10,04m$

$S = 6,64.10^{-5}$

De acordo com o gráfico semi-logarítmico, a reta de definição dos coeficientes hidrodinâmicos, inicia-se após os 400 minutos. Nesse tempo os valores de rebaixamento no poço e no piezometro foram respectivamente:

$s_p = 38,62m$

$s = 12,00m$

$T = 2,99.10^{-5} m^2/s$

O tempo em que se tornará desprezível o efeito do armazenamento no poço, sobre o piezometro B.1, será:

$$te > 25.\frac{r_p^2}{T} \cdot \frac{s_p + s}{s_p}$$

$te > 422$ minutos

de acordo portanto, com as características da curva experimental.

b) Dados de recuperação (rebaixamento residual-figura IV.4a)

Método: Jacob

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{\triangle'} \cdot \log \left(\frac{t}{t'} + 1\right)$$

$T = 3,24 \cdot 10^{-5} m^2/s$

- Piezometro B.2

a) Dados de rebaixamento (fig. IV.5a)

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{\triangle} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$$\log \left(\frac{t_2}{t_1}\right) = 1$$

$$(\triangle)_{10} = 4,87m$$

$$Q = 0,833 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$T = 3,13 \cdot 10^{-5} m^2/s$$

$$S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t_o}{R^2}$$

$$t_o = 1176 \text{ seg}$$

$$R = 29,92m$$

$$S = 9,25 \cdot 10^{-5}$$

Na figura IV.5a a reta de definição da transmissividade inicia-se aproximadamente aos 300 minutos. Nesse instante foram medidos os seguintes valores de rebaixamento no poço e no piezometro B.2:

$$s_p = 37,59m$$

$$s = 5,78m$$

O tempo em que será desprezível o efeito do armazenamento d'água no poço será portanto:

$$t_e > \frac{25 \cdot r_p^2}{T} \cdot \frac{s_p + s}{s_p}$$

$$t_e > 2,12 \cdot 10^4 \text{seg}$$

$$t_e > 354 \text{ minutos}$$

concordando portanto, com a conformação do gráfico de rebaixamento versus tempo da figura IV.5a.

b) Dados de recuperação (rebaixamento residual fig. IV.6a)

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{\triangle'} \cdot \log \left(\frac{t}{t'} + 1\right)$$

Para um ciclo logarítmico:

$$\log \left(\frac{t}{t'} + 1\right)_{10} = 1$$

$$(\Delta')_{10} = 4{,}53m$$

$$T = 3{,}36 \cdot 10^{-5} m^2/s$$

Os resultados das interpretações, tanto no poço como nos piezometros, apresentam grande coerência, tendo-se obtido valores muito próximos e da mesma ordem de grandeza. O quadro 10 resume os resultados:

QUADRO 10

	TRANSMISSIVIDADE-m^2/s		COEF. DE ARMAZENAMENTO	MÉTODO
	REBAIXAMENTO	RECUPERAÇÃO		
Poço Bombeamento	$2{,}41.10^{-5}$	$3{,}11.10^{-5}$	$6{,}50.10^{-5}$	Papadópulos e Jacob
Piezometro B.1	$2{,}99.10^{-5}$	$3{,}24.10^{-5}$	$6{,}64.10^{-5}$	Jacob
Piezometro B.2	$3{,}13.10^{-5}$	$3{,}36.10^{-5}$	$9{,}25.10^{-5}$	Jacob

Os parametros hidráulicos médios considerados característicos da unidade aquífera intermediária são portanto:

$$T_m = 3.10^{-5} m^2/s$$

$$S_m = 7{,}4.10^{-5}$$

Para uma espessura total da ordem de 6 metros, correspondente a soma das reduzidas espessuras dos diversos subníveis aquíferos que compõem a unidade estudada, obtem-se para a permeabilidade horizontal média:

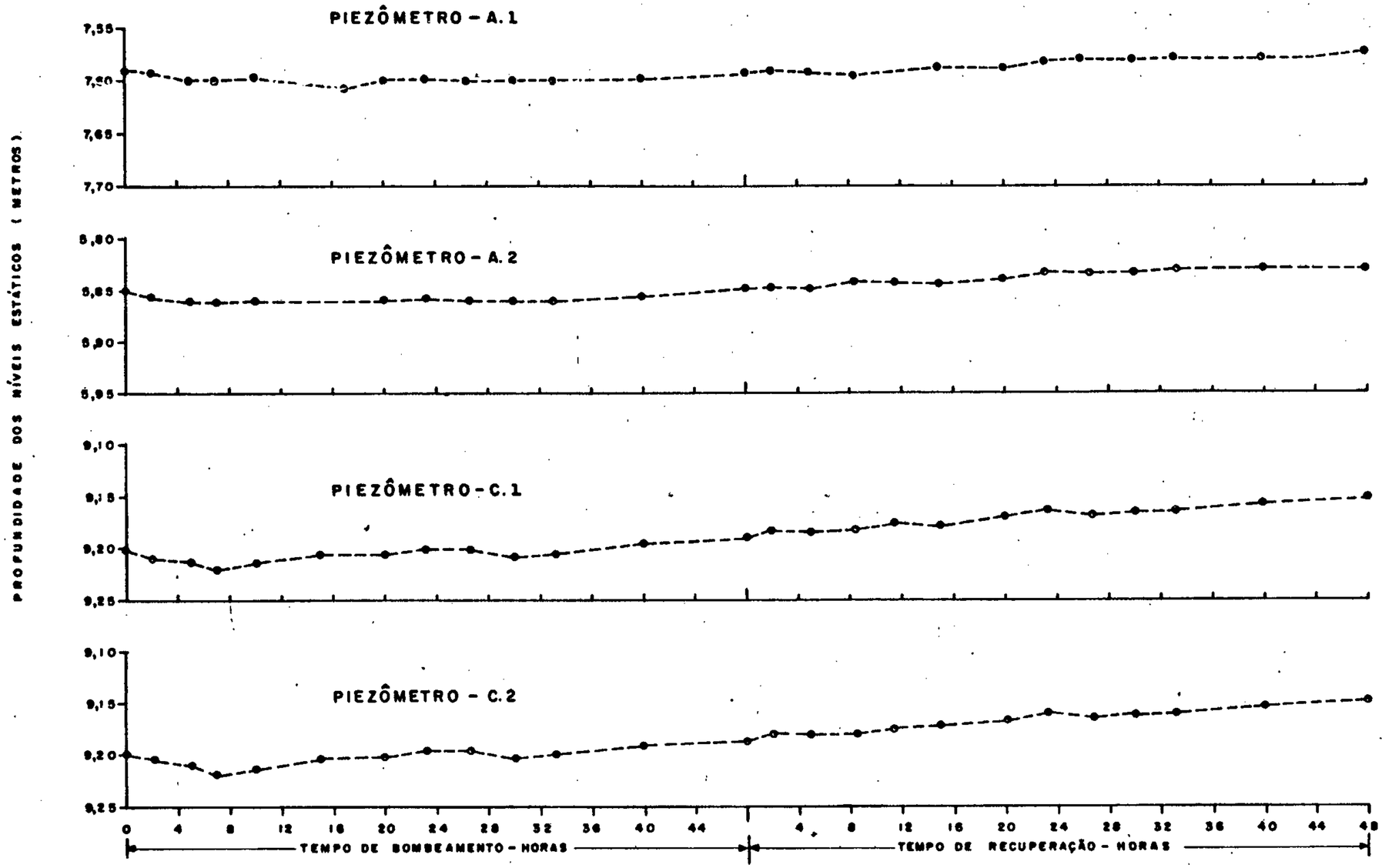
$$K_m = \frac{T_m}{\sum b_i}$$

GRÁFICO DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS ESTÁTICOS

PIEZÔMETROS A1 e A.2 — UNIDADE AQUÍFERA SUPERIOR

PIEZÔMETROS C.1 e C.2 — UNIDADE AQUÍFERA INFERIOR

Fig. 4.13



$b_i \approx 6m$

$Km \approx 5.10^{-6} m/s$

O que configura um sistema aquífero repetitivo de baixa permeabilidade e reduzida capacidade de produção, de acordo com os dados litológicos anteriormente analizados.

A figura 4.13 mostra as medições de nível d'água efetuadas nos piezometros A.1 e A.2 (unidade aquífera superior) e C.1 e C.2 (unidade inferior), durante a realização do teste de bombeamento em pauta. As variações observadas, na sua maior parte inferiores a 1cm, ficaram dentro da precisão de medida do equipamento utilizado, permitindo considerar efetivo o isolamento da unidade aquífera intermediária, sem a indicação portanto, de transferências de água por processos de filtração vertical.

4.5 - Teste de bombeamento da unidade aquífera inferior

A unidade aquífera correspondente ao pacote sedimentar de 80 a 120 metros de profundidade, é composta predominantemente por sucessivas camadas relativamente espessas, de arenitos finos a médios, intercalados a camadas siltico-argilosas, mais delgadas e de reduzida permeabilidade. No conjunto forma um sistema aquífero estratificado, confinado pelo pacote sobrejacente, (0-80m), de permeabilidade vertical praticamente nula, face ao domínio de materiais impermeáveis.

Após a conclusão do teste de bombeamento da unidade intermediária, o poço principal foi aprofundado até 120 metros, de acordo com as características construtivas apresentadas na figura 4.9. Seguindo-se a mesma metodologia adotada nas operações de teste das unidades aquíferas mais superiores, tanto o poço na sua nova fase, como os piezometros C.1 e C.2, logo após

concluídos,foram desenvolvidos com compressor de ar,tendo-se obtido capacidade de produção de respectivamente 4,35m^3/h/m, 2,89m^3/h/m e 2,71m^3/h/m. Com base na capacidade específica determinada no poço de bombeamento, foi estabelecida uma vazão de 40m^3/h para o ensaio, prevendo-se um rebaixamento da ordem de 10 a 12m, para um tempo de bombeamento de 48 horas. Nestas condições, foi possível utilizar a mesma bomba submersa HAUPT-PLEUGER modelo Q63-6+V6-57, usada no teste da unidade aquífera superior, tendo sido instalada aos 55 metros de profundidade, no interior do revestimento de Ø 6" (fig. 4.9). Deve-se salientar que na completação final do poço de bombeamento, a coluna de revestimento de Ø 6" dispõe de rosca a esquerda, situada aos 45 metros de profundidade. Foi instalada para o caso da necessidade de utilização de uma bomba de maior diametro, para produzir vazões em torno de 60-70m^3/h, visando o suprimento de água para as obras de engenharia a serem empreendidas futuramente na área. Neste caso, a coluna de Ø 6" acima de 45m deverá ser retirada, podendo ser instalada bomba com diametro 8" ou maior, no interior do revestimento de 12".

Para medição da vazão e para mantê-la constante durante todo o transcorrer do ensaio, foi dimensionado tubo de Pitot com diametro de 5" para o tubo de descarga, com placa terminal de 3". Neste caso, para a vazão de 40m^3/h, foi mantida constante uma altura de ascenção da água no tubo piezométrico, de 66,2cm.

Com relação aos efeitos de ordem externa e interna já referidos nos capítulos precedentes, capazes de influenciar a evolução dos rebaixamentos e recuperação do nível d'água durante o ensaio, foram considerados negligiveis, face as condi - ções de confinamento do aquífero e as caractersíticas de cons - trução do poço e piezometros. Apenas com relação aos efeitos

de variação e tendencia dos níveis piezométricos, em consequência das perturbações causadas pelo bombeamento com compressor na fase de desenvolvimento do poço, foram adotadas maiores precauções, observando-se através de medidas sistemáticas a completa recuperação da superfície piezométrica, para ser então iniciado o teste.

4.5.1 - Determinação dos parametros hidráulicos

A figura 4.14 mostra o esquema de realização do ensaio, indicando as distâncias dos piezometros ao poço bombeado, o posicionamento da superfície piezométrica inicial, e a conformação do cone de depressão após as 48 horas de bombeamento.

Os dados característicos do ensaio são os seguintes:

- Poço de bombeamento - Vazão: $40m^3/h$
  Nível estático: 9,41m
  Nível dinâmico: 23,03m
  Rebaixamento: 13,62m
  Vazão específica: $2,93m^3/h/m$
  Tempo de bombeamento: 2880'
  Tempo de recuperação: 2880'

- Piezometro C.1 - Nível estático: 9,41m
  Nível dinâmico: 17,16m
  Rebaixamento: 7,85m
  Distância ao poço: 10,19m

ESQUEMA DE EXECUÇÃO DO TESTE DE BOMBEAMENTO

UNIDADE AQUÍFERA INFERIOR

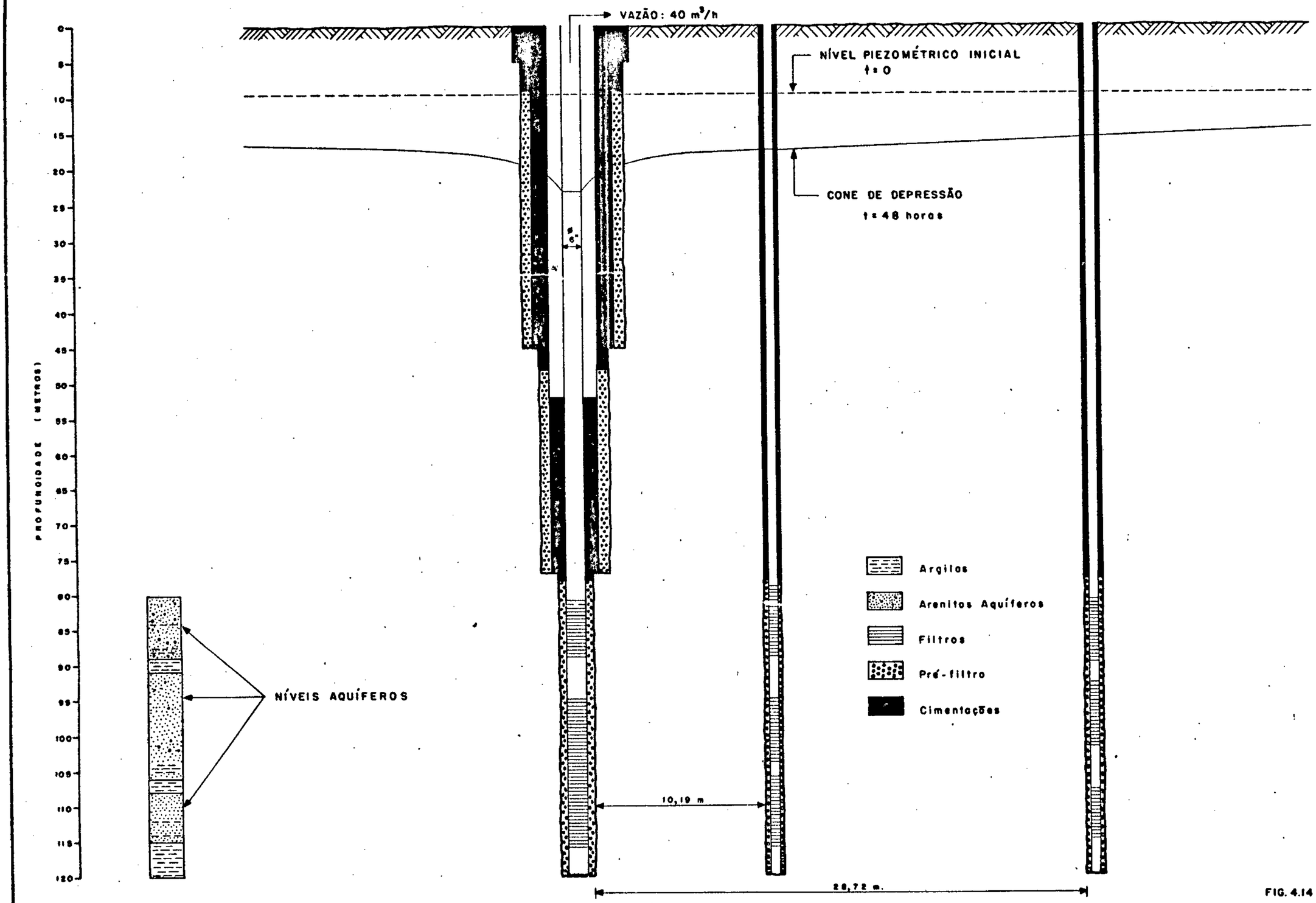


FIG. 4.14

- Piezometro C.2 -

Nível estático: 9,41m

Nível dinâmico: 15,55m

Rebaixamento: 6,14m

Distância ao poço: 28,72m

As tabelas das medições e gráficos de interpretação são apresentados no anexo V. Os dados de rebaixamento e recuperação (rebaixamento residual), em função do tempo, foram plotados em gráficos semilogarítmicos, e interpretados pelo método de Jacob para determinação dos coeficientes de transmissividade e armazenamento do sistema. Observa-se em todos os gráficos o comportamento típico de um aquífero confinado, sem efeitos de realimentação por filtração vertical, com praticamente todos os pontos de medição, alinhando-se ao longo da reta de definição dos parametros hidráulicos do sistema. Verifica-se no entanto, nos gráficos de recuperação, que as retas cortam o eixo dos tempos em $(\frac{t}{t'} + 1) > 1$, indicando alguma realimentação durante o ensaio, talvez proveniente da unidade aquífera intermediária, cujo isolamento da unidade inferior é pouco nítido, face a sua proximidade, e a reduzida espessura das argilas que as separam. Tendo em vista, no entanto, que as retas cortam os eixos dos tempos, em valores $1 < (\frac{t}{t'} + 1) < 2$, é possível tratar-se apenas de efeitos de uma pequena redução do coeficiente de armazenamento, devido a compactação do terreno, em consequência do bombeamento prolongado.

No método de Jacob os trechos retilineos dos gráficos são utilizados para determinação dos parametros hidráulicos, utilizando-se o seguinte procedimento:

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{\Delta} \cdot \log \cdot \frac{t_2}{t_1}$$

T = transmissividade (m^2/s)

Q = vazão de bombeamento (m^3/s)

$\triangle$ = rebaixamento (m)

Para um ciclo logarítmico $\log \frac{t_2}{t_1} = 1$, logo:

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{(\triangle)_{10}}$$

$$S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t_o}{R^2}, \text{ sendo}$$

S = coeficiente de armazenamento

t_o = tempo de interseção da reta para $\triangle = 0$

R = distância do piezometro ao poço

O quadro 11 resume os valores dos coeficientes de transmissividade e armazenamento obtidos.

QUADRO 11

	TRANSMISSIVIDADE (m^2/s)		COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO
	Dados de Rebaixamento	Dados de Recuperação	
Poço	$1,14.10^{-3}$	$1,15.10^{-3}$	-
Piez.C.1	$1,16.10^{-3}$	$1,13.10^{-3}$	$1,25.10^{-4}$
Piez.C.2	$1,22.10^{-3}$	$1,18.10^{-3}$	$1,04.10^{-4}$

Os resultados mostram uma grande uniformidade e coerencia, podendo-se considerar, com segurança, os seguintes valores representativos do sistema:

$T_m = 1,16.10^{-3} m^2/s$

$S_m = 1,14.10^{-4}$

Para uma espessura total de 30m das camadas aquíferas, obtem-se para a permeabilidade média:

$$K_m = \frac{T_m}{30}$$

$$K_m = 3{,}86.10^{-5} m/s$$

No anexo I, figuras I.10 a I.12, são apresentadas curvas granulométricas das amostras de calha coletadas no piezometro C.2, entre 80 e 120 metros de profundidade. Admitindo-se uma porosidade total da ordem de 30% para os arenitos aquíferos, foram estimados valores de permeabilidade, pelas fórmulas de Kozeny e Terzaghi(seguindo procedimento já descrito no ítem 3.5),para serem confrontados com a permeabilidade média determinada no ensaio de bombeamento.

Os valores obtidos são apresentados no quadro 12.

QUADRO 12

PROF.	d_{90} (cm)	KOZENY	TERZAGHI	PERMEABILIDADE MÉDIA (m/s)
		K(m/s)	K(m/s)	
80-82	0,0087	$2{,}1.10^{-5}$	$1{,}92.10^{-5}$	$3{,}75.10^{-5}$
89-90	0,010	$2{,}75.10^{-5}$	$2{,}19.10^{-5}$	
96-98	0,016	$7{,}05.10^{-5}$	$5{,}63.10^{-5}$	
104-106	0,013	$4{,}65.10^{-5}$	$3{,}71.10^{-5}$	

O valor médio obtido a partir dos dados granulométricos mostra-se coerente e da mesma ordem de grandeza do valor da permeabilidade determinado no ensaio de bombeamento.

Foram também realizadas medidas de rebaixamento e recuperação do nível d'água nos piezometros A.1 e A.2 da unidade

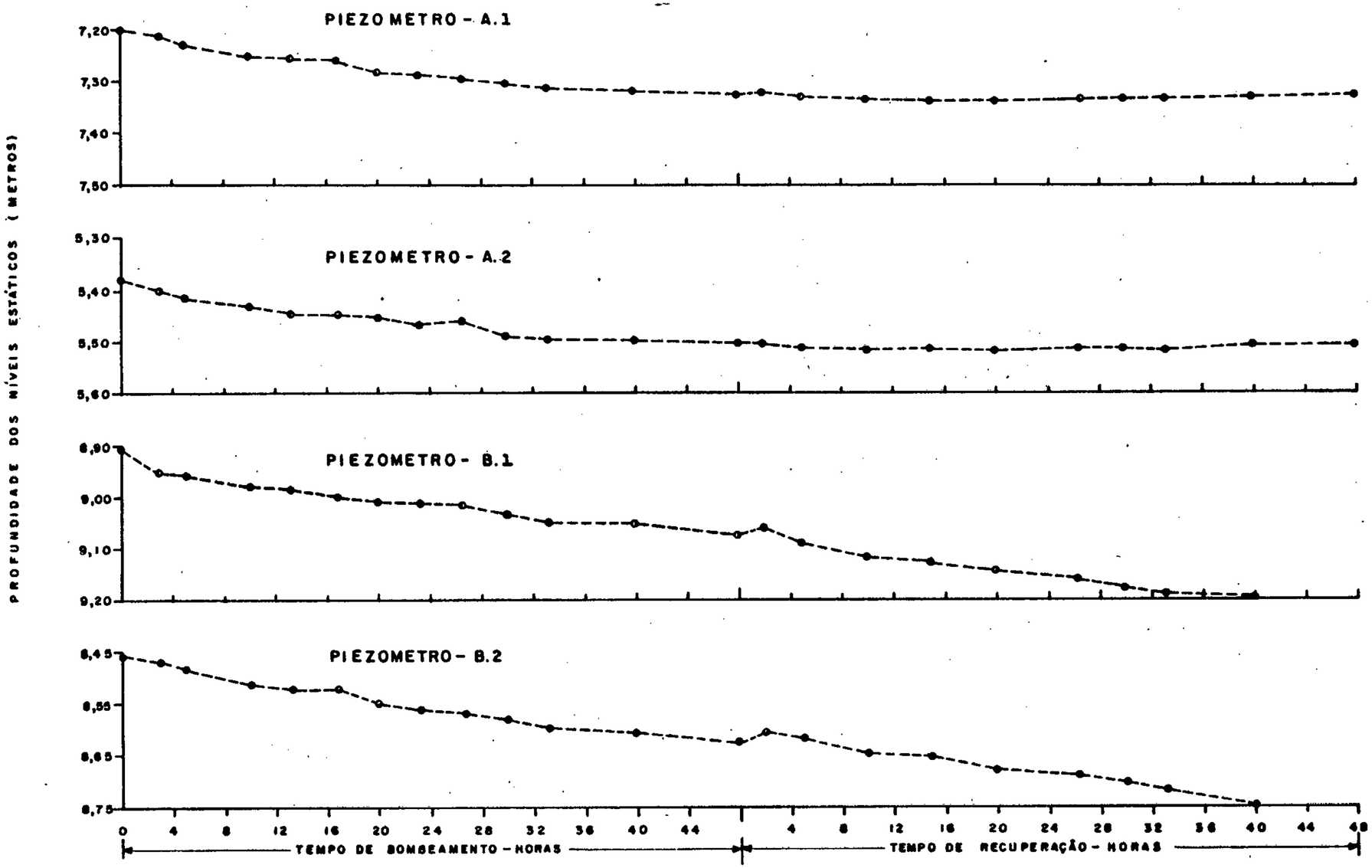
aquífera superior e B.1 e B.2 da unidade intermediária. Os gráficos de variação dos níveis são apresentados na figura 4.15, tendo ocorrido oscilações amplas de até 30cm, em consequência talvez, de uma menor eficiencia na cimentação de isolamento da unidade testada, em relação as unidades aquíferas intermediária e superior, ou mais provavelmente, devido a efeitos elásticos decorrentes da redução da carga artesiana em todo o pacote sedimentar.

GRÁFICO DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS ESTÁTICOS

PIEZOMETROS A1 e A.2 – UNIDADE AQUÍFERA SUPERIOR

PIEZOMETROS B.1 e B.2 — UNIDADE AQUÍFERA INTERMEDIÁRIA

Fig. 4.15



5 - TEMPERATURA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na determinação da temperatura das águas subterrâneas foram executados perfis termicos em todos os piezomerros profundos (A, B, C), tendo sido utilizado um geotermometro da marca HIDROCEAN modelo QUINTA-S/01, com precisão de leitura de centesimo de ^{o}C

O instrumento é composto por 3 unidades básicas:

a) unidade de informação - Estojo eletronico com informação indireta digital e miliamperimetro de zeração e teste de bateria. A determinação da temperatura é feita a partir de uma tabela que acomapnha o catalogo do aparelho, pela correspondencia entre a leitura digital e a temperatura.

b) unidade sensorial - formada por uma sonda altamente protegida, que desce no poço fixada no terminal do cabo elétrico, com sensor em capsula de aço inox, no terminal inferior.

c) unidade de transmissão - composta de guincho e cabo elétrico de 250m, com conectores e cabo de ligação para a unidade de informação.

Devido a alta precisão do aparelho, os perfis foram corridos somente vários dias após a conclusão dos piezometros, de modo a se evitar interferencias do calor gerado pelas cimentações executadas nos piezometros, na temperatura real da água subterrânea. As medições foram feitas a intervalos de 2 metros, aguardando-se em cada ponto cerca de 2 minutos para a completa estabilização termica da unidade sensorial.

A figura 5.1 mostra os gráficos de variação da tempe

ratura nos piezometros A.1 e A.2, indicando-se a posição dos níveis estáticos e as zonas de colocação dos filtros, que correspondem aos intervalos aquíferos da unidade superior. Em ambos os perfis, a temperatura a partir do início dos filtros, mostra-se bastante uniforme atingindo um valor médio de 20,70°C no piezometro A.1 e de 20,65°C no piezometro A.2.

Na figura 5.2 estão os gráficos de temperatura da unidade aquífera intermediária, executados nos piezometros B.1 e B.2. Observa-se na faixa dos 40--48 metros de profundidade, ainda a influência do calor gerado na base da cimentação realizada nos piezometros. A partir do início dos filtros no piezometro B.1 (61m), a temperatura cresce de 21,30°C até 21,67°C, com um gradiente termico de 0,025°C/metro, com valor médio portanto de 21,48°C representativo do aquífero.

O piezometro B.2 apresenta resultados similares com a temperatura variando na zona dos filtros, de 21,20°C para 21,60°C, com gradiente termico de 0,026°C/metro e temperatura média de 21,40°C.

A figura 5.3 mostra os gráficos representativos da temperatura da água na unidade aquífera inferior, apresentando os seguintes dados característicos, obtidos nas zonas de colocação dos filtros:

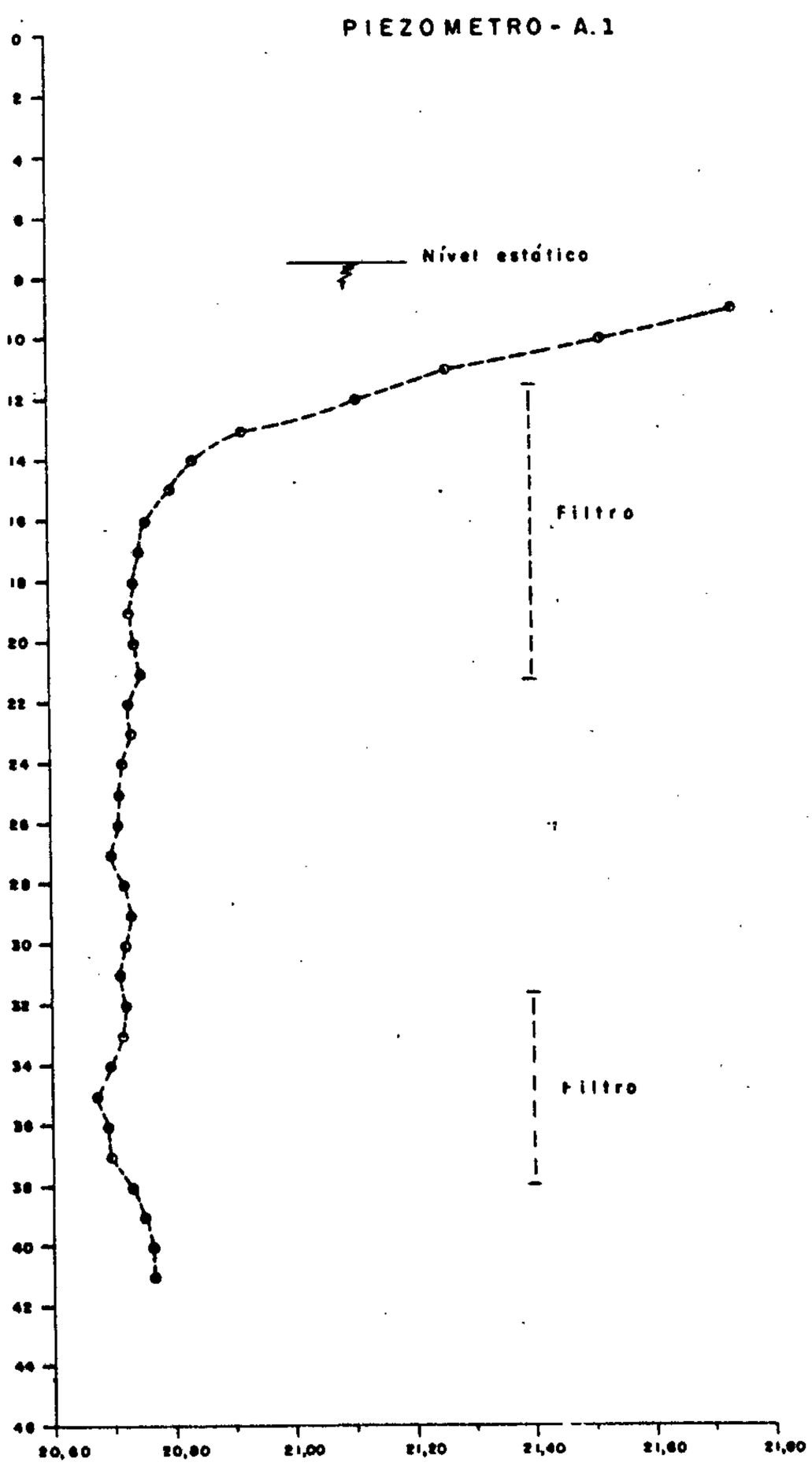
- <u>Piezometro C.1</u> - Temperatura mínima = 21,94°C
  Temperatura máxima = 22,78°C
  Valor médio = 22,36°C
  Gradiente termico = 0,022°C/m

- <u>Piezometro C.2</u> - Temperatura mínima = 21,96°C
  Temperatura máxima = 22,60°C
  Valor médio = 22,28°C
  Gradiente termico = 0,02°C/m

FIG. 5.1 PERFIS DE TEMPERATURA

PIEZOMETROS - A.1 E A2

AQUÍFERO SUPERIOR



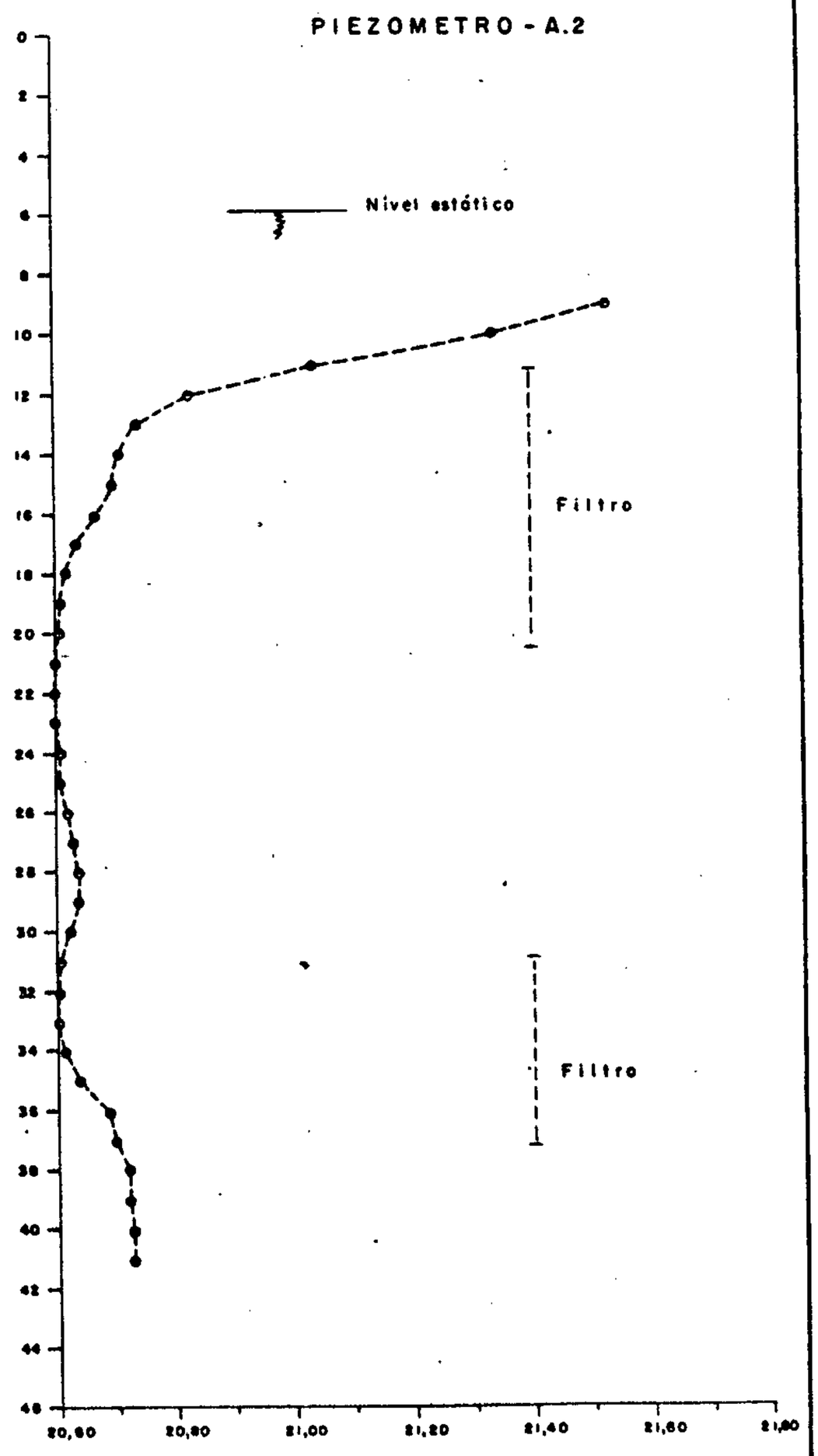
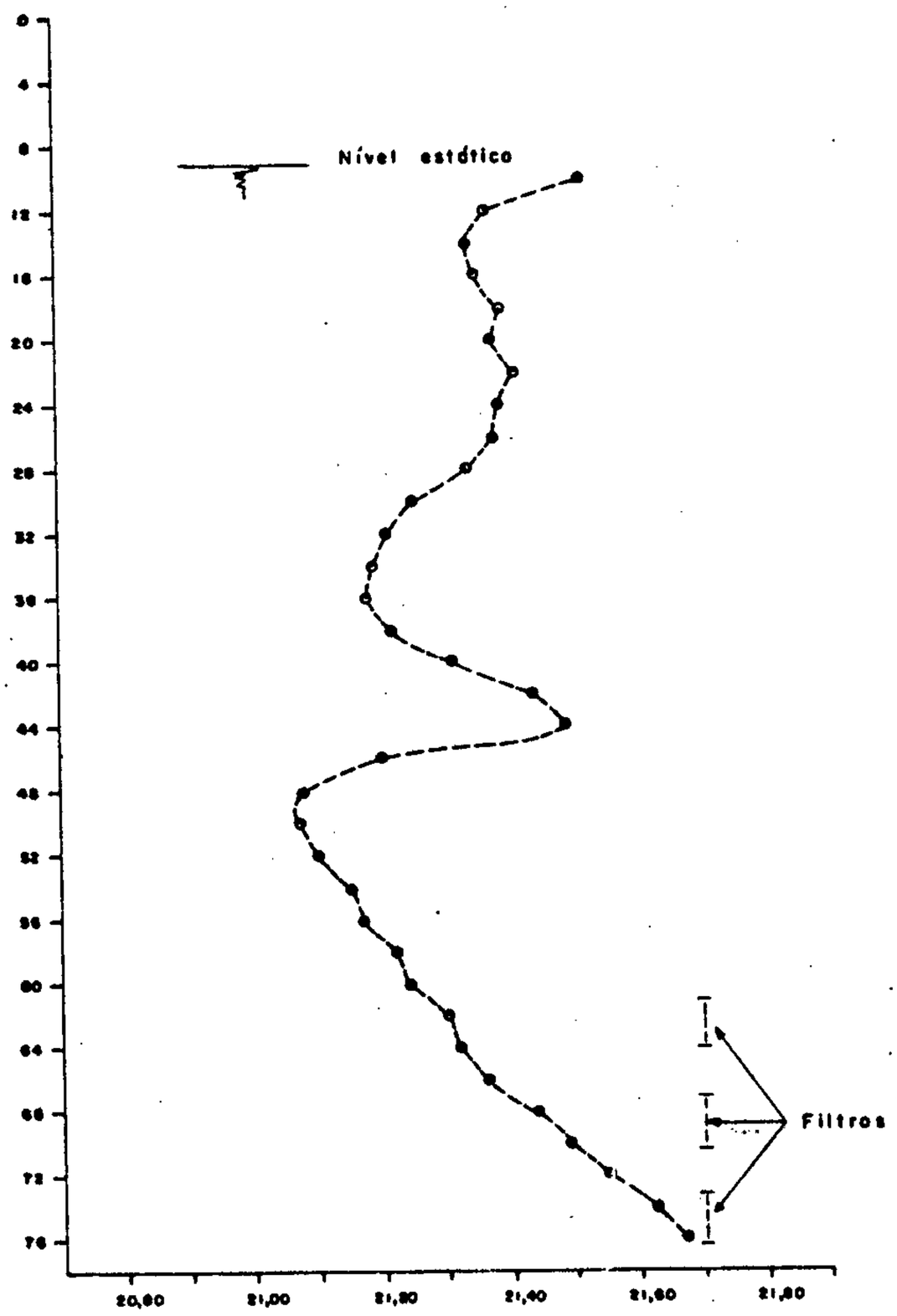


FIG. 5.2 PERFIS DE TEMPERATURA

PIEZOMETROS - B.1 E B2

AQUÍFERO INTERMEDIÁRIO : 60 - 76 m.

PIEZOMETRO - B.1



PIEZOMETRO - B.2

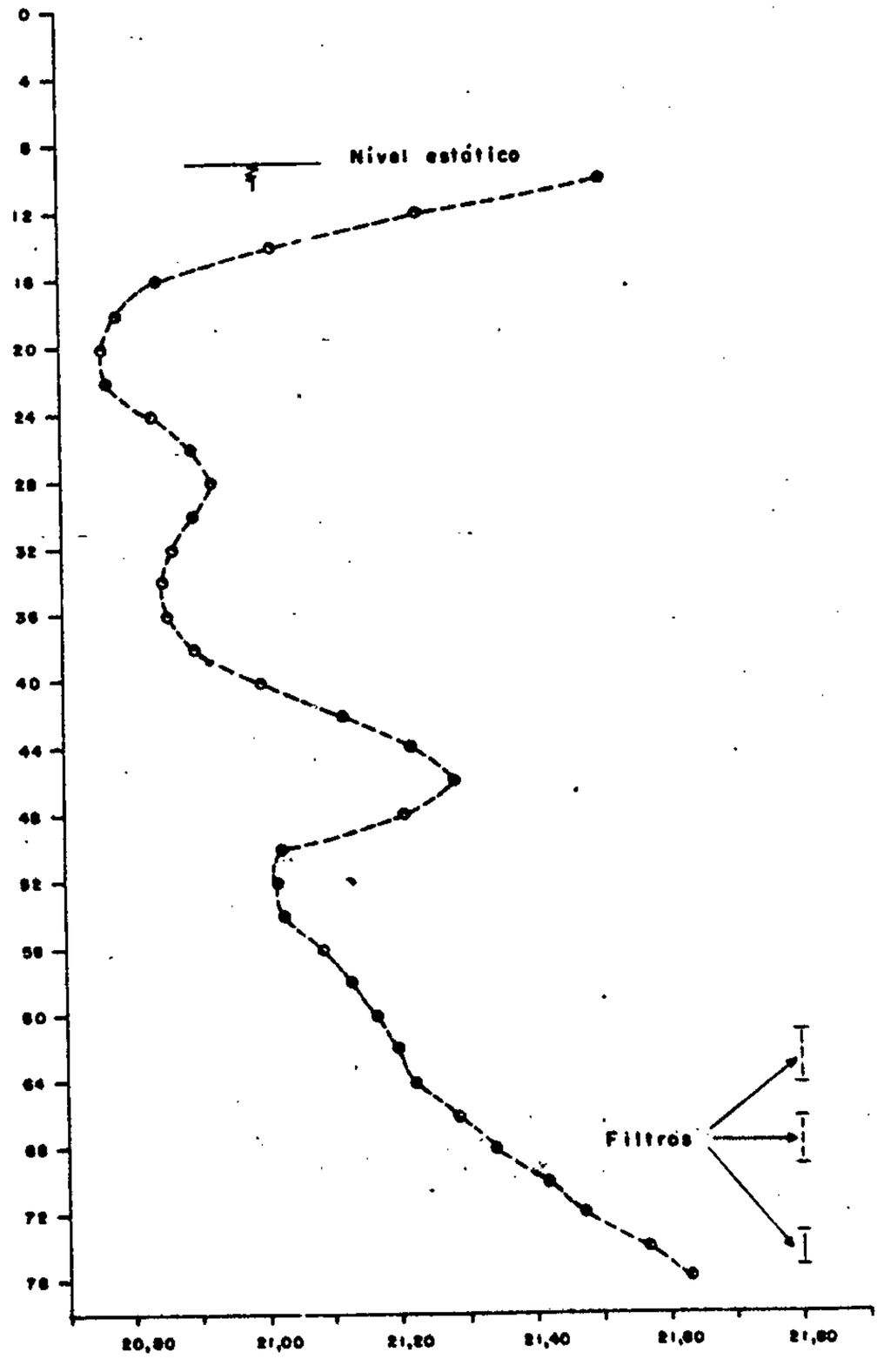
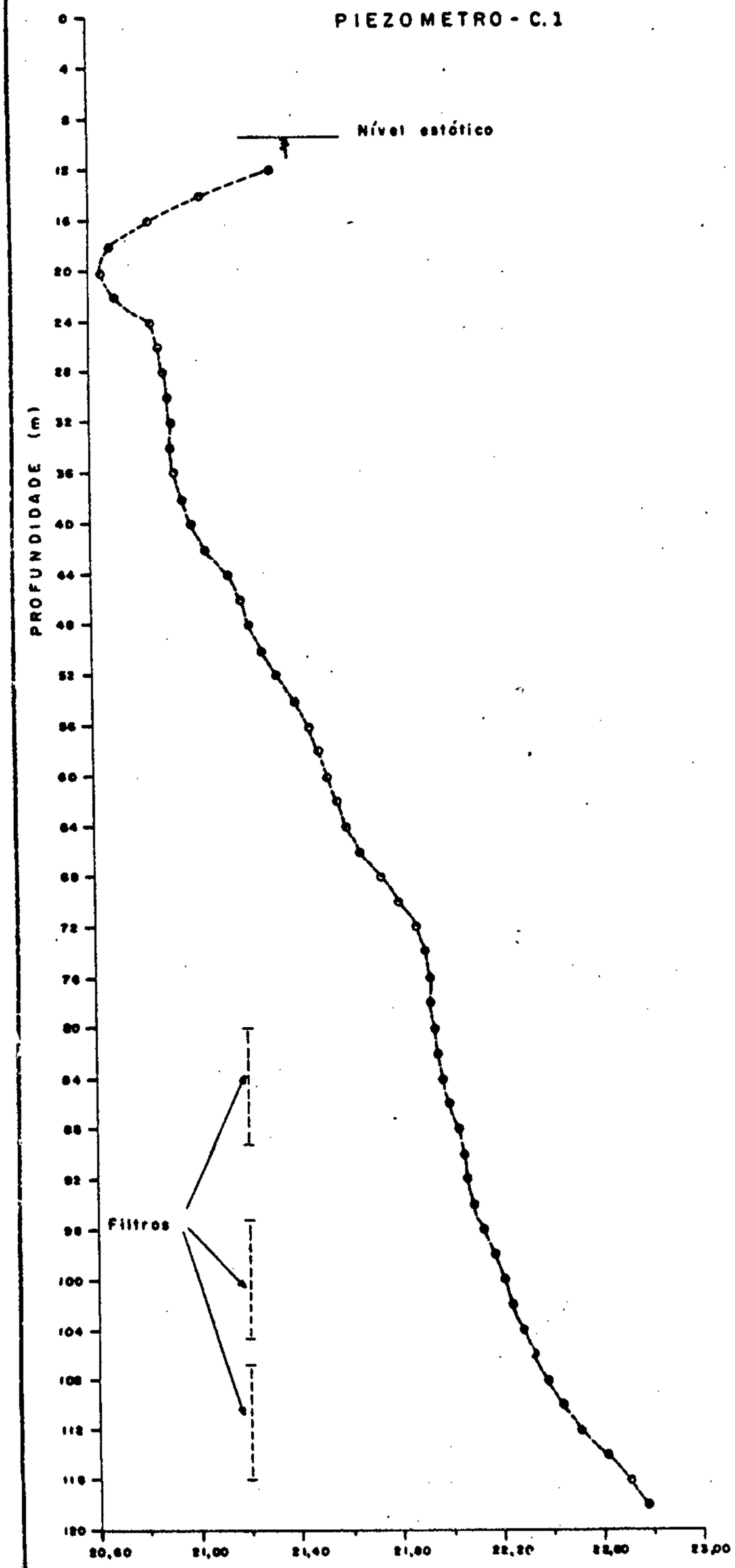
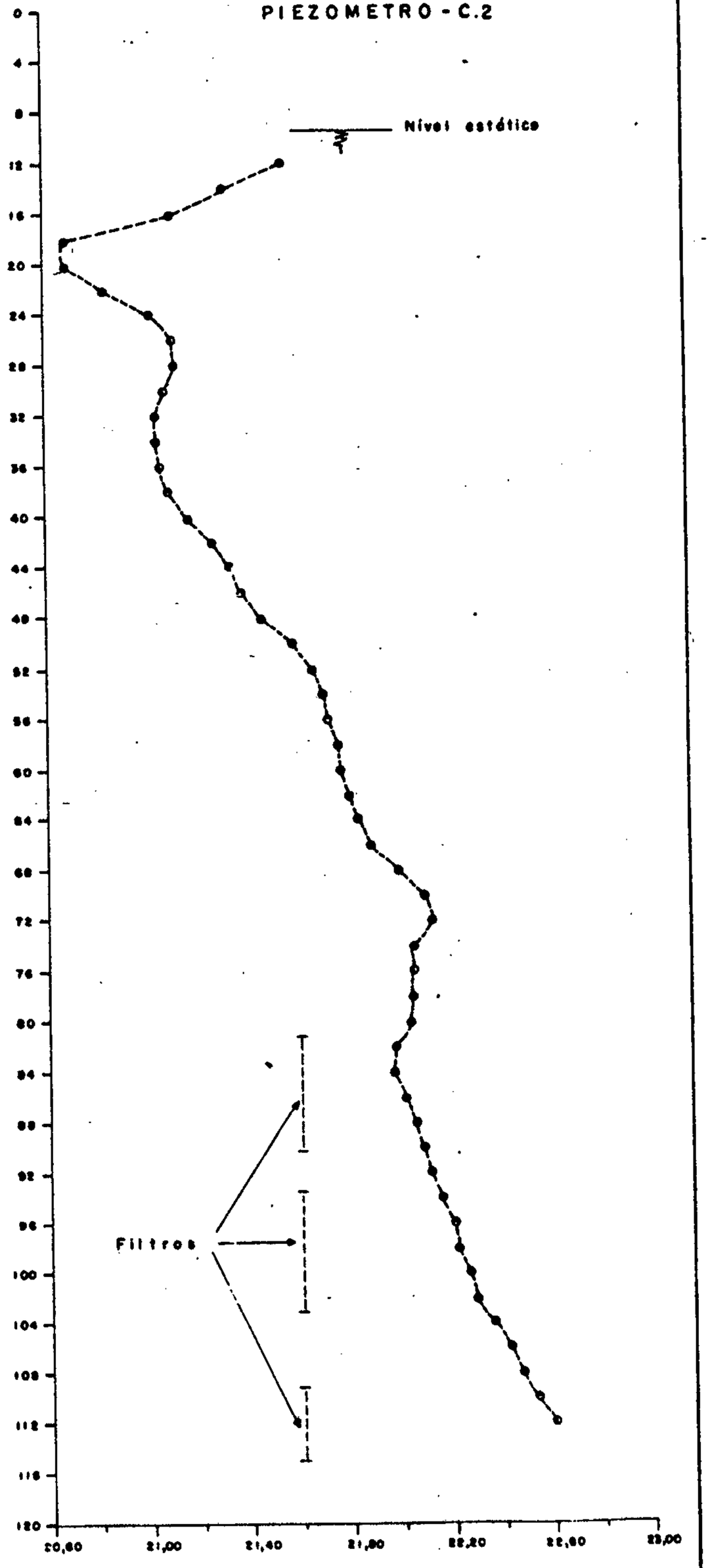


FIG. 5.3 PERFIS DE TEMPERATURA

PIEZOMETROS - C.1 E C.2

AQUÍFERO INFERIOR : 80 – 120 m.





Nas figuras 5.4 e 5.5 são apresentados os perfis de temperatura executados nos piezometros rasos (X, Y).

Durante a execução dos testes de bombeamento foram coletadas amostras d'água para análise química, cujos certificados fornecidos pelo laboratório da Companhia de Saneamento do Amazonas - COSAMA, são apresentados no anexo VI.

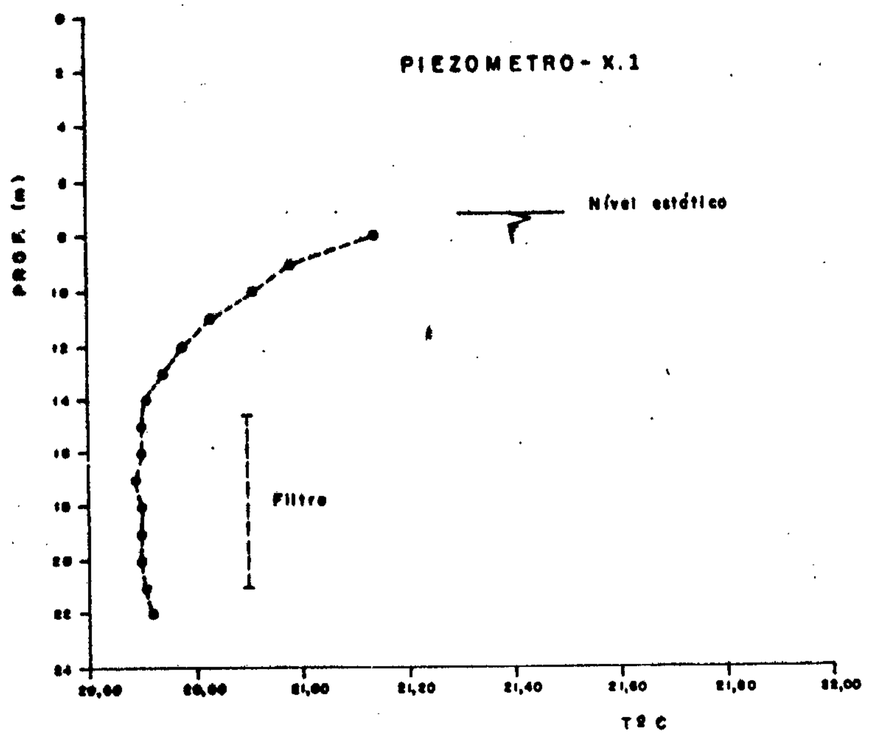
As principais características químicas determinadas, nas três unidades aquíferas do pacote sedimentar, são resumidas no quadro 13 a seguir.

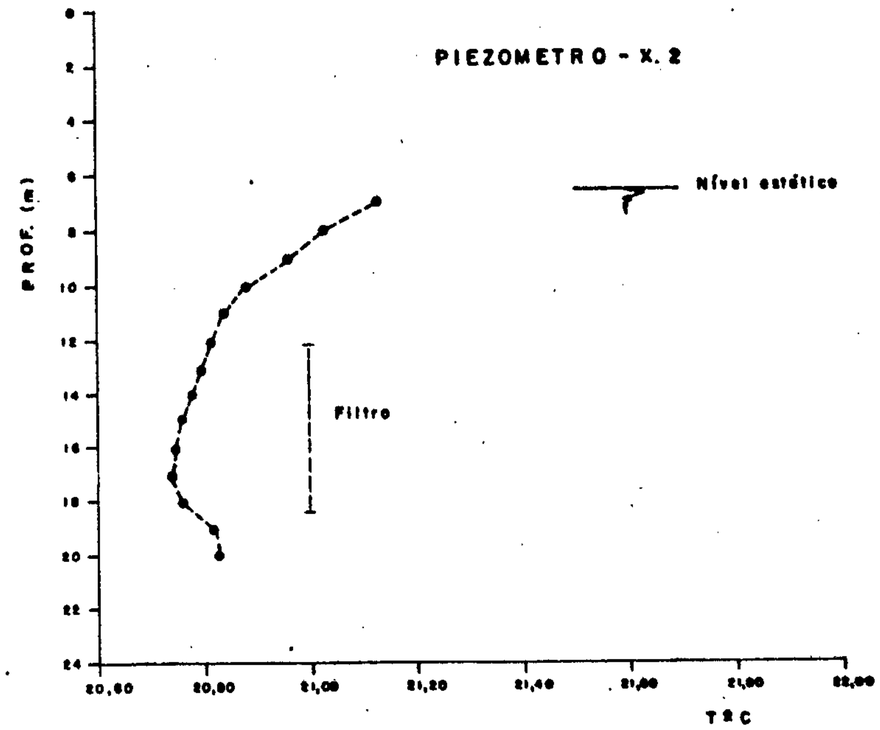
QUADRO 13

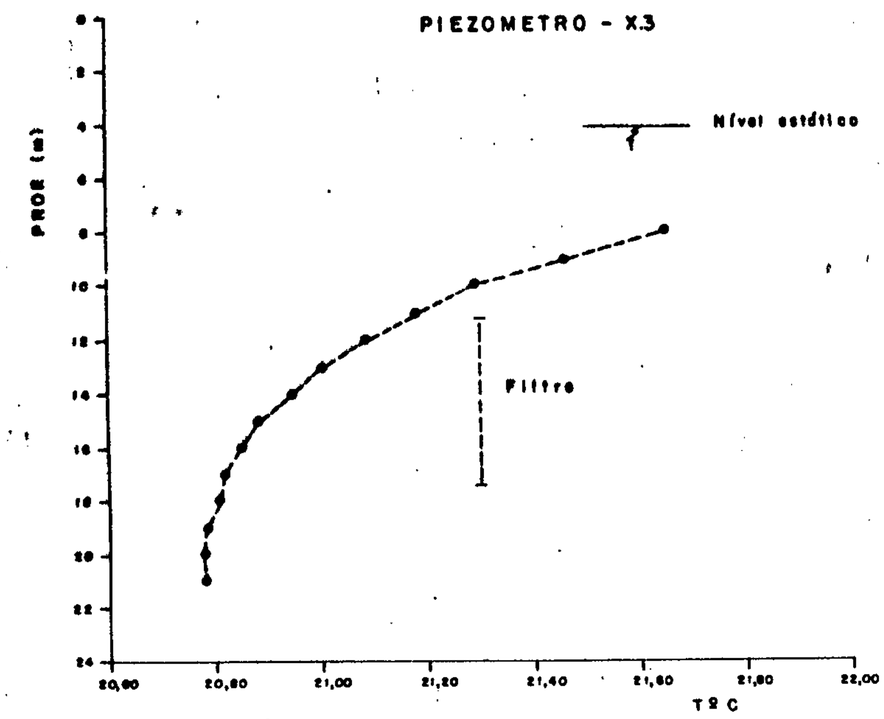
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	UNIDADE AQUÍFERA SUPERIOR	UNIDADE AQUÍFERA INTERMEDIÁRIA	UNIDADE AQUÍFERA INFERIOR
pH	5,7	7,5	7,6
Cloretos-mg/l	1,0	1,0	3,3
Bicarbonato-mg/l	12,2	280,6	170,8
Calcio-mg/l	0,8	32,0	16,8
Magnésio-mg/l	1,4	5,3	4,8
Ferro-mg/l	3,0	-	0,1
TAC-mg/l	10,0	230,0	140,0
Gás carbonico-mg/l	40,0	8,0	5,0
Oxig.Cons.-mg/l	0,4	0,3	0,2
Dureza-mg/l	8,0	102,0	62,0

FIG. 5.4 PERFIS DE TEMPERATURA — PIEZOMETROS X

ARENITOS DO INTERVALO : 12 - 21 m.







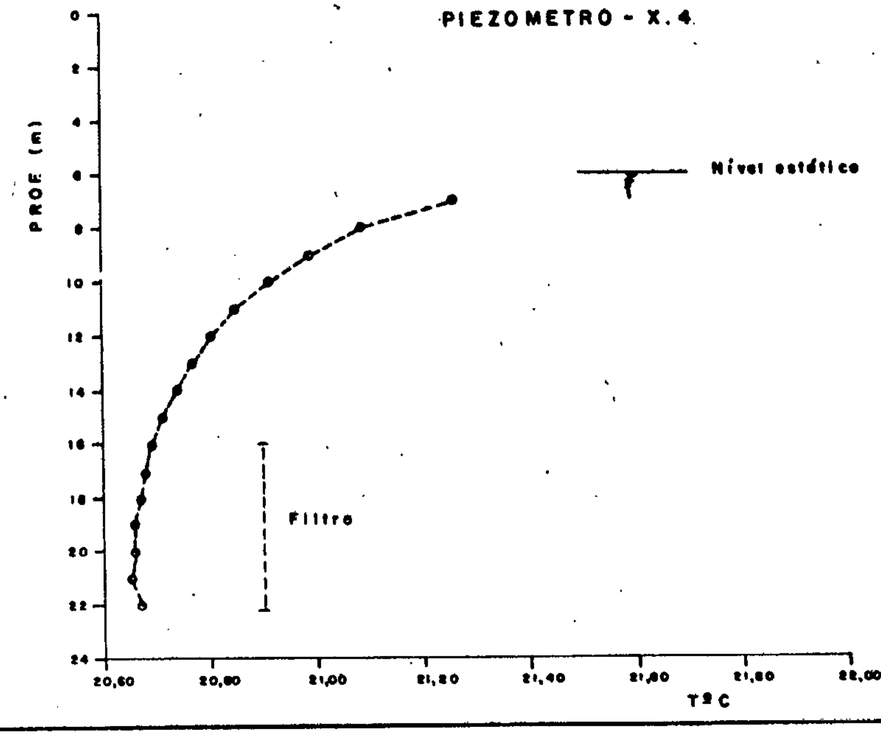
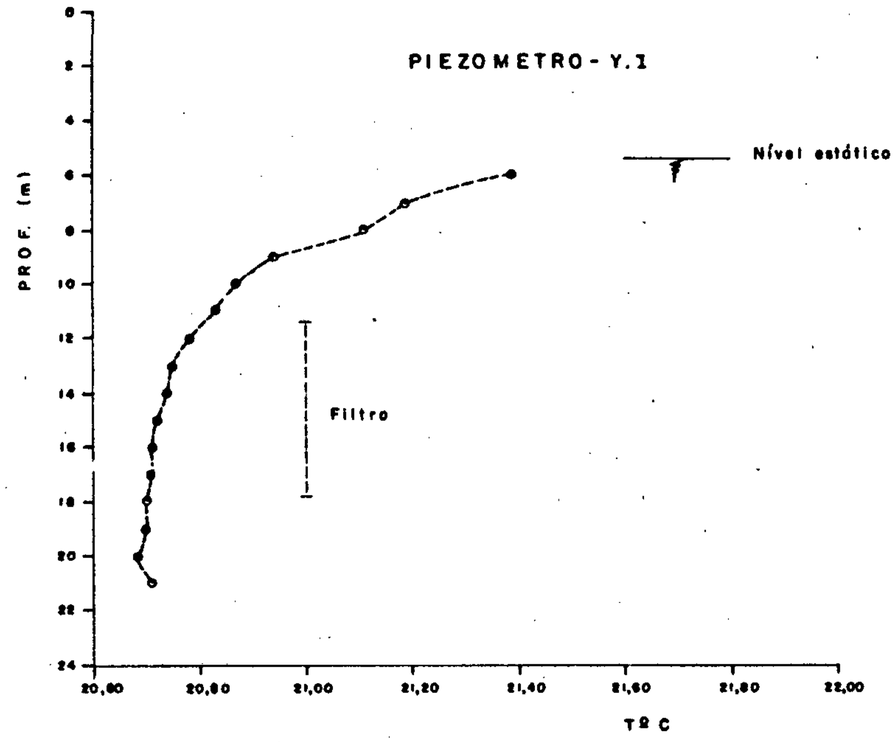
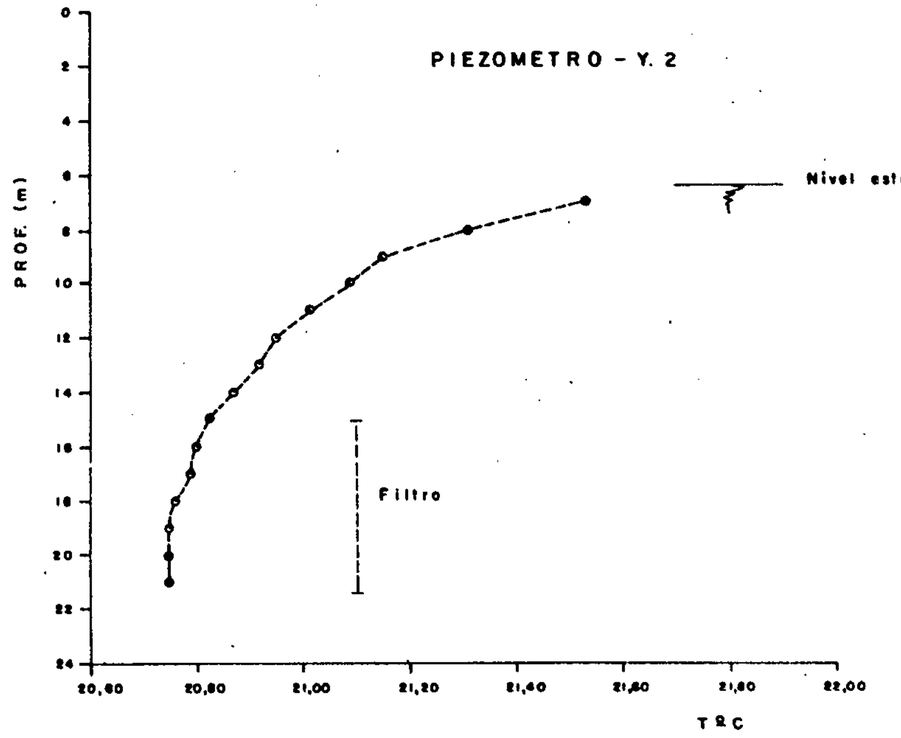
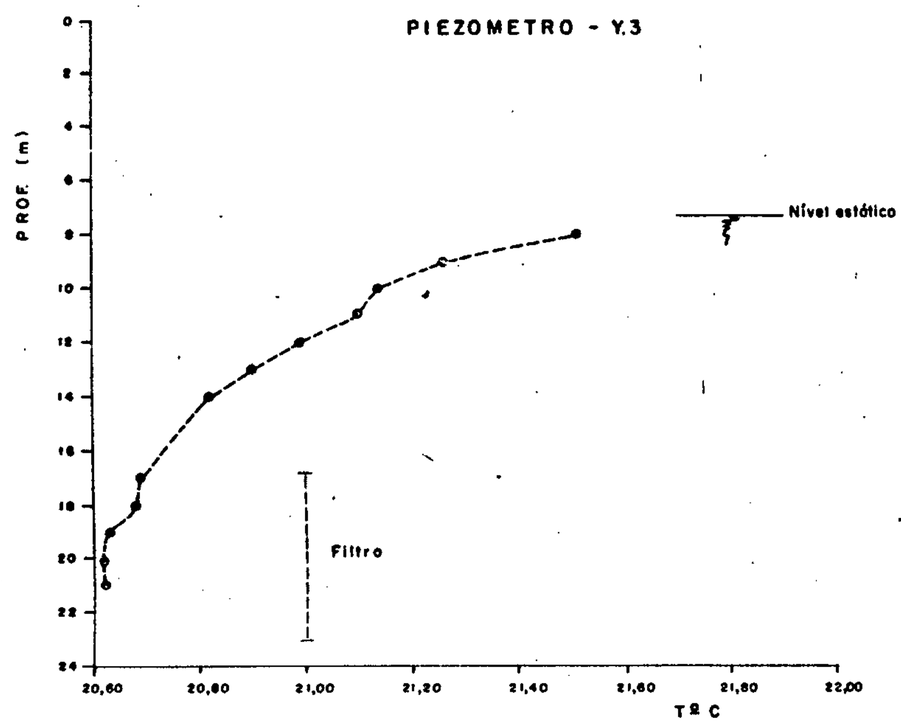


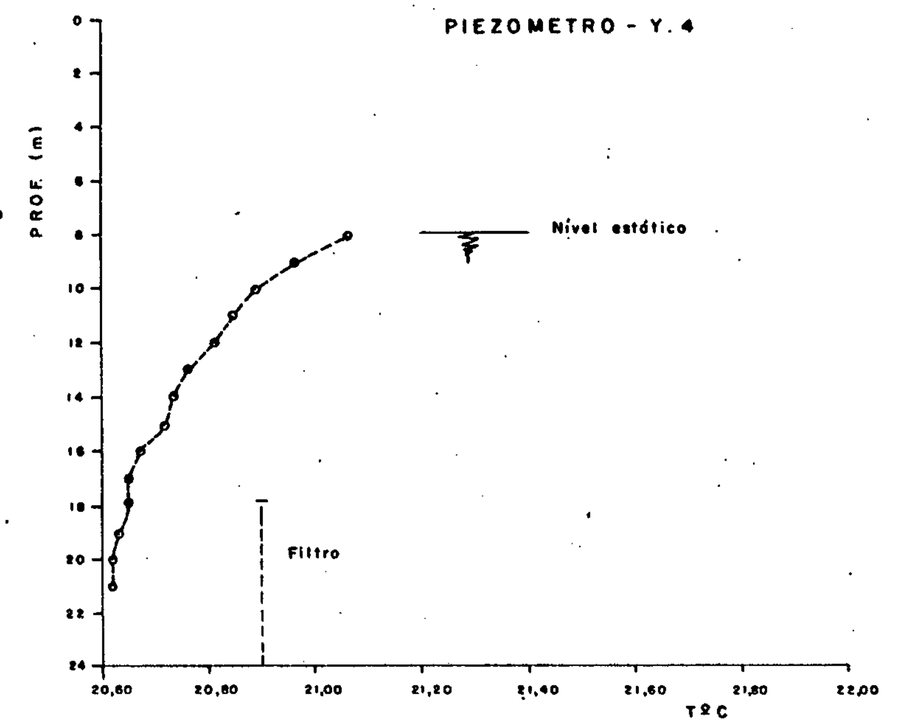
FIG. 55 PERFIS DE TEMPERATURA — PIEZOMETROS Y

ARENITOS DO INTERVALO: 12 - 21 m.









5 - CONCLUSÕES

Os estudos hidrogeológicos executados nas imediações da sondagem guia 9-Fz-28-Am, na área de Fazendinha, alcançaram os objetivos previstos no plano de trabalho objeto no aditivo 01 ao contrato Petromisa 006/82, cujos resultados permitem estabelecer as seguintes conclusões:

5.1 - O pacote sedimentar da formação Alter do Chão até a profundidade de 120 metros, constitue um sistema aquífero estratificado, de permeabilidade horizontal sensivelmente maior que a vertical, composto por vários níveis produtores de espessuras variáveis, que se repetem sucessivamente intercalados a camadas argilosas praticamente impermeáveis, que predominam na sequência e propiciam a esses intervalos aquíferos, condições de progressivo confinamento na medida em que aumenta a profundidade.

5.2 - Os diversos intervalos arenosos foram grupados em 3 unidades aquíferas principais, em função do posicionamento conjunto dos níveis produtores na sequência sedimentar, permitindo a avaliação das características hidrodinâmicas por seções individualizadas em termos piezométricos e hidráulicos, mediante as operações de isolamento por cimentação executadas no poço e piezometros de pesquiza.

5.3 - O estudo das condições do escoamento subterrâneo no nível aquífero mais superficial (arenitos do intervalo 12-21m), permitiu verificar a ocorrência de uma superfície piezométrica cilindrica e bastante regular, submetida a oscilações periódicas de até 0,50m, em decorrência de infiltrações a partir da pluviometria. Foi definida uma direção

geral do escoamento para nordeste, sentido SW-NE, com gradiente hidráulico minimo de 1m/Km na época de declínio generalizado da superfície piezométrica, e máximo de 1,29m/Km numa fase de ascenção geral dos níveis, podendo-se considerar um valor de 1,15m/Km como representativo das condições médias do fluxo subterrâneo, no período de observação.

5.4 - As determinações de direção e sentido do fluxo efetuadas com traçador radioativo, apesar de apresentarem restrições quanto a intensidade das radiações medidas, confirmaram o sentido SW-NE e a direção geral das águas subterrâneas para nordeste.

5.5 - A componente horizontal do fluxo nos arenitos superficiais, obtida nos estudos radioisotopicos, é em geral baixa, variando de 0,73cm/dia a 3,72cm/dia, com valor médio de 2,04cm/dia. Na estimativa da velocidade horizontal efetuada a partir da permeabilidade média dos arenitos, e do gradiente hidráulico médio obtido dos mapas piezométricos, foi determinado um valor de 1,82cm/dia da mesma ordem de grandeza dos valores conseguidos com os traçadores, confirmando portanto o predomínio de velocidade baixas de circulação.

5.6 - Com relação a porosidade do nível aquífero superficial, foram determinados valores aparentemente elevados nos piezometros Y.1 e X.2 (da ordem de 30%), em consequência das reduzidas distancias dos pontos de injeção do traçador aos respectivos pontos de bombeamento. O valor de 14,7% obtido com o piezometro A.1 e o poço de bombeamento (1a etapa).

deve ser considerado mais próximo do real, uma vez que a distância acima referida, neste caso, satisfez a condição de validade do ensaio, ao ser equivalente a espessura do aquífero.

5.7 - No ensaio de bombeamento da unidade aquífera superior, interpretado pelo método de Boulton-Prickett para aquíferos semi-livres, obteve-se no entanto um valor médio de 20,9% para a porosidade efetiva. Considerando que as porosidades de 14,7% e 20,9% foram determinadas por métodos absoluta - mente distintos, pode-se considerar um valor da ordem de 18% como representativo da porosidade eficaz dos arenitos superficiais.

5.8 - O valor médio de 10,2cm/dia determinado para a velocidade real parece válido e coerente uma vez que multiplicada pela porosidade efetiva de 18%, considerada representativa do sistema, resulta numa velocidade horizontal (1,83cm/dia) da mesma ordem de grandeza dos valores obtidos pelo método de diluição pontual.

5.9 - Os ensaios de bombeamento de longa duração permitiram a determinação dos parametros hidráulicos de cada uma das unidades aquíferas isoladamente, (transmissividades, permeabilidades, coeficientes de armazenamento e porosidade), utilizando-se métodos de interpretação compatíveis com o comportamento hidrodinâmico observado. A unidade superior apresenta reações típicas de um aquífero semi-livre, enquanto que as unidades intermediária e inferior, mostram um comportamento característico de sistemas confinados. A unidade aquífera superior apresenta os valores mais eleva-

dos de permeabilidade e transmissividade, seguindo-se as unidades inferior e intermediária. Nesta última,a permeabilidade e a transmissividade apresentam valores muito baixos, refletindo sua reduzida capacidade de produção de água subterrânea, face ao domínio de sedimentos síltico-argilosos.

5.10 - Utilizando os valores de permeabilidade determinados para as unidades aquíferas intermediária e inferior, estima-se que ocorram velocidades horizontais de circulação da ordem de respectivamente 0,5mm/dia e 0,38cm/dia, se admitirmos que as superfícies piezométricas correspondentes estão submetidas a gradientes hidráulicos de 1,15m/Km, identico ao determinado no estudo do escoamento subterrâneo no nível aquífero mais superficial (arenitos do intervalo: 12-21m). Esses valores devem ser entretanto, tomados com reserva, constituindo tão somente uma estimativa das reais condições do fluxo natural nessas unidades aquíferas.

5.11 - Os perfís termicos realizados nos piezometros permitiram a determinação das temperaturas da água subterrânea nos diversos intervalos aquíferos, tendo sido obtido um valor mínimo de 21,61°C na unidade superior,e máximo de 22,69°C na unidade inferior, com gradientes termicos variando de 0,02 a 0,025°C/metro. As análises químicas efetuadas indicam que na unidade superior as águas subterrâneas são ácidas e de teor salino muito baixo, enquanto que nas unidades intermediária e superior, apresentam características químicas similares, sendo mais mineralizadas, e de dureza bem mais elevada face ao domínio dos ions bicarbonato, cal

cio e magnésio, devido a presença de materiais carbonosos e níveis calcíferos intercalados nos sedimentos areno-argilosos.

5.12 - Os resultados dos ensaios de bombeamento permitem estimar uma disponibilidade de água subterrânea da ordem de 2.000 a 2.800m^3/dia, a partir da captação do poço de bombeamento e dos piezometros A.1, A.2, C.1 e C.2, tendo em vista o suprimento das necessidades hídricas para execução das obras de engenharia que deverão ser futuramente empreendidas na área.

A N E X O S

ANEXO I - ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

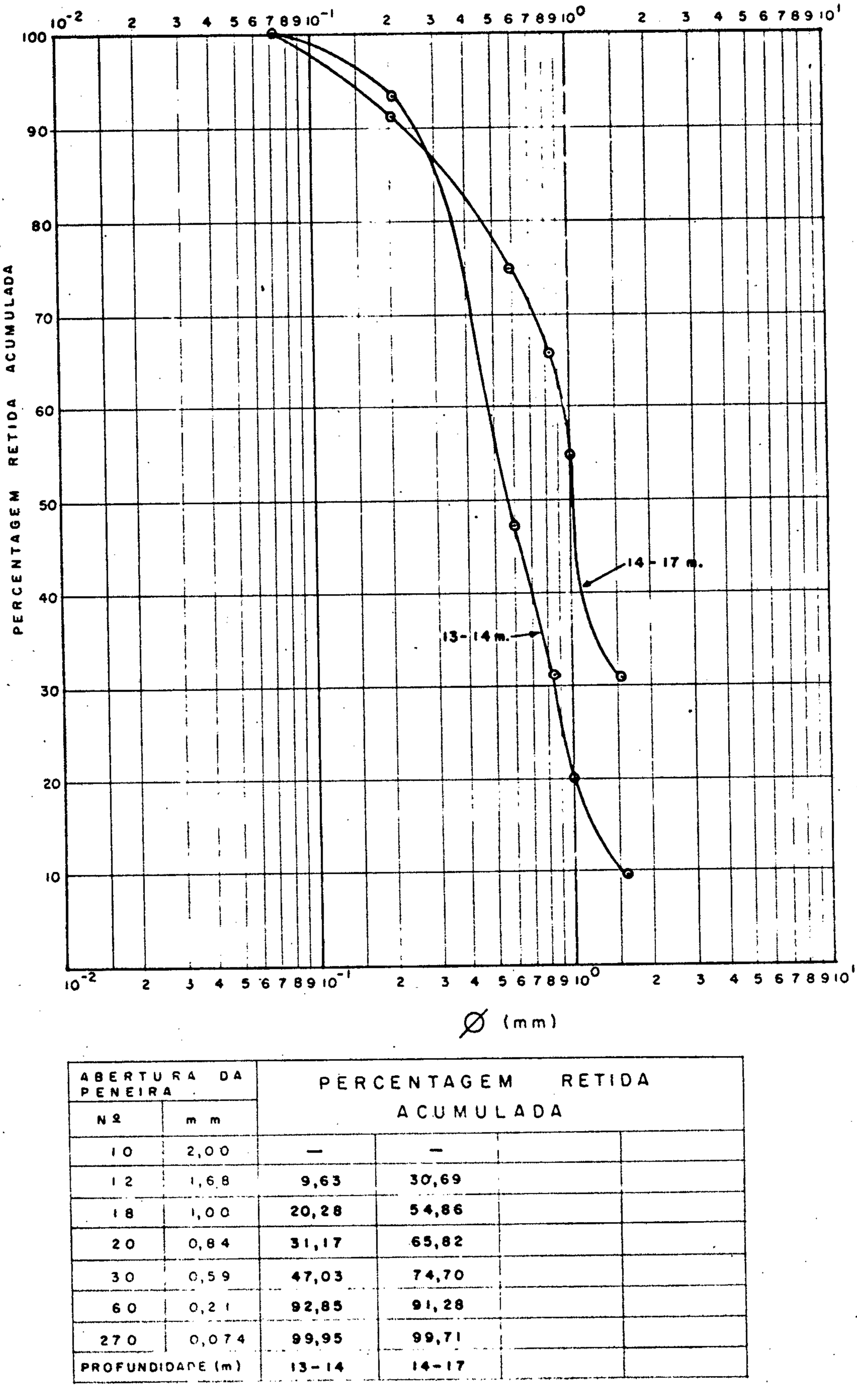
POÇO: **PIEZÔMETRO Y-1**

PROFUNDIDADE: **13 - 14 m**
14 - 17 m

PROJETO: **FAZENDINHA**

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO: AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	—	—		
12	1,68	9,63	30,69		
18	1,00	20,28	54,86		
20	0,84	31,17	65,82		
30	0,59	47,03	74,70		
60	0,21	92,85	91,28		
270	0,074	99,95	99,71		
PROFUNDIDADE (m)		13 - 14	14 - 17		

Fig. I.I

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

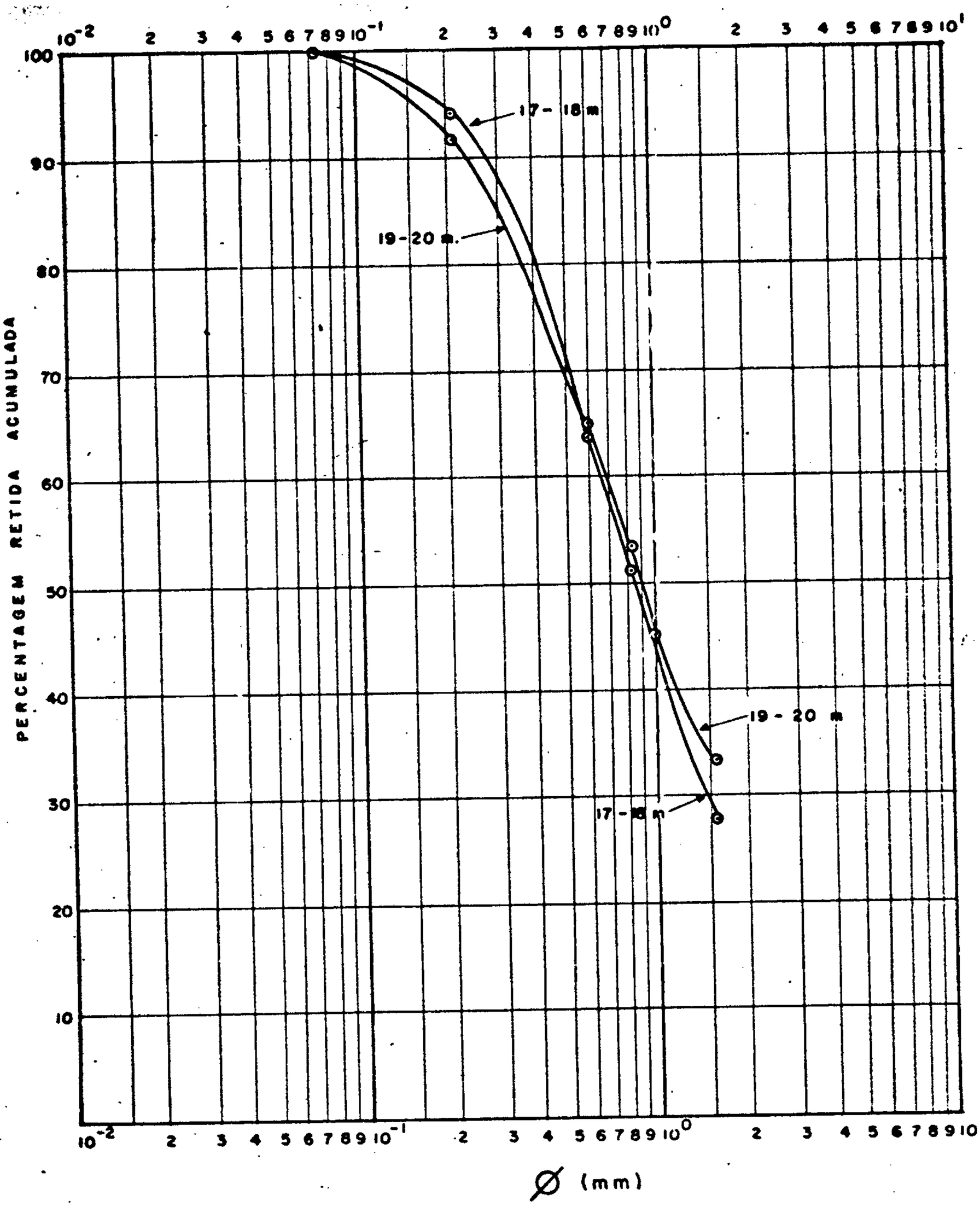
POÇO: PIEZÔMETRO Y-2

PROFUNDIDADE: 17 - 18 m.
19 - 20 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	—	—		
12	1,68	27,68	33,43		
18	1,00	45,39	45,14		
20	0,84	51,46	53,67		
30	0,59	63,69	64,26		
60	0,21	93,68	92,30		
270	0,074	99,42	99,32		
PROFUNDIDADE (m)		17-18	19-20		

Fig. I.2

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

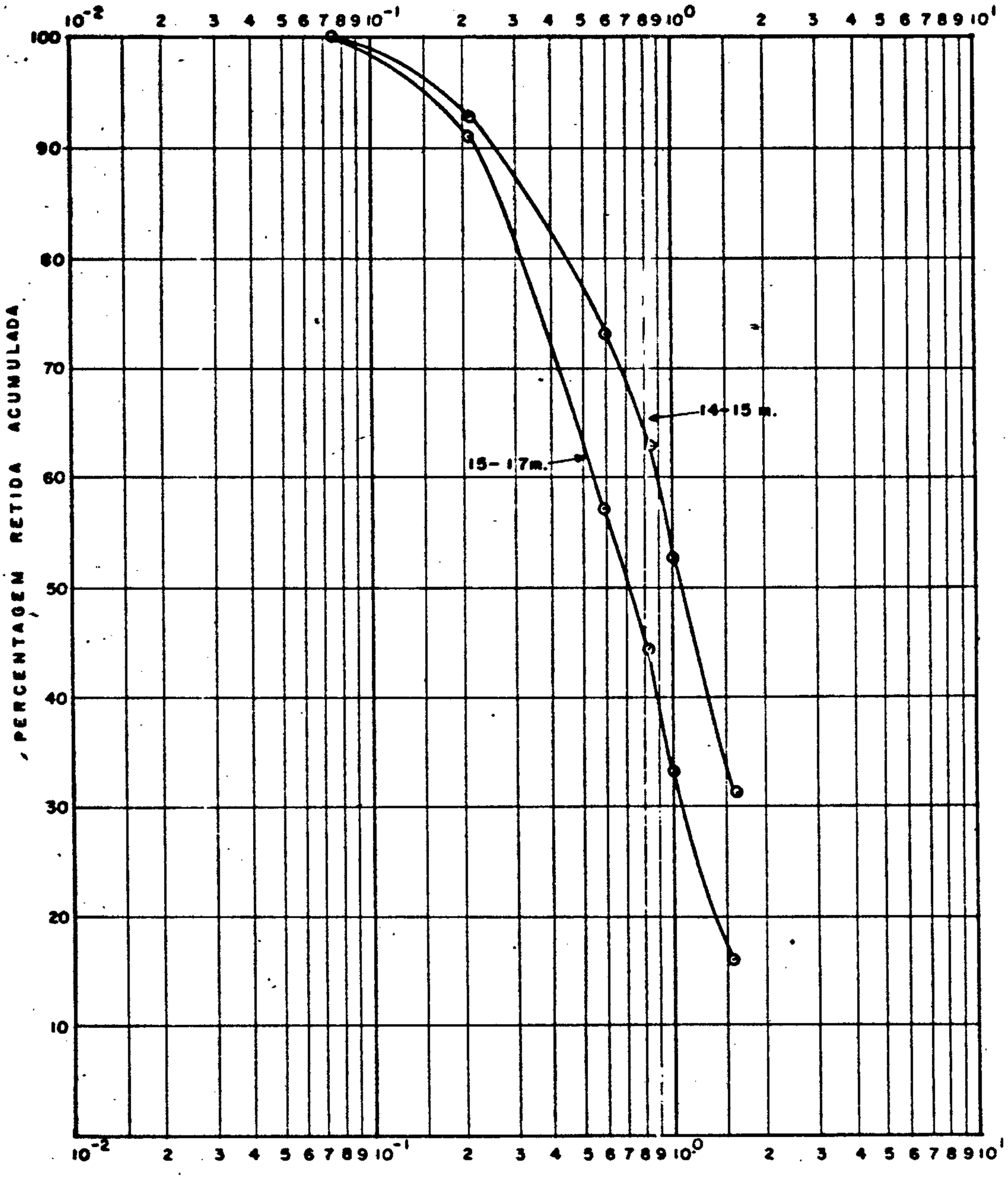
POÇO: PIEZÔMETRO Y-3

PROFUNDIDADE: 14 - 15 m.
15 - 17 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	—	—		
12	1,68	31,10	16,25		
18	1,00	52,24	32,87		
20	0,84	63,12	44,32		
30	0,59	73,18	57,29		
60	0,21	93,81	90,81		
270	0,074	99,64	99,43		
PROFUNDIDADE (m)		14 - 15	15 - 17		

Fig. I.3

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

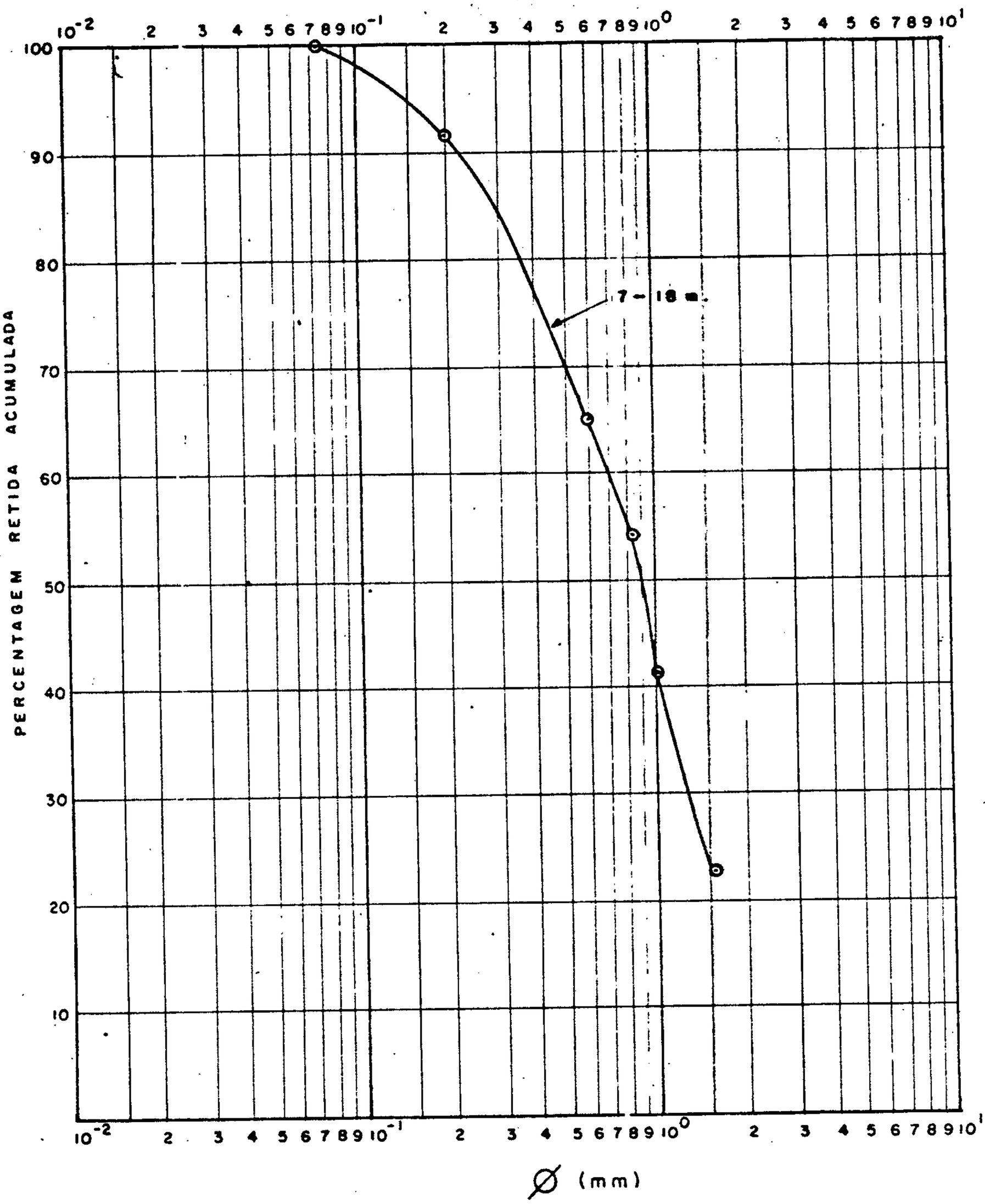
POÇO: PIEZÔMETRO Y-3

PROFUNDIDADE: 17 - 18 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA
Nº	m m	
10	2,00	—
12	1,68	23,01
18	1,00	41,57
20	0,84	53,71
30	0,59	64,90
60	0,21	90,63
270	0,074	99,54
PROFUNDIDADE (m)		17-18

Fig. I.4

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

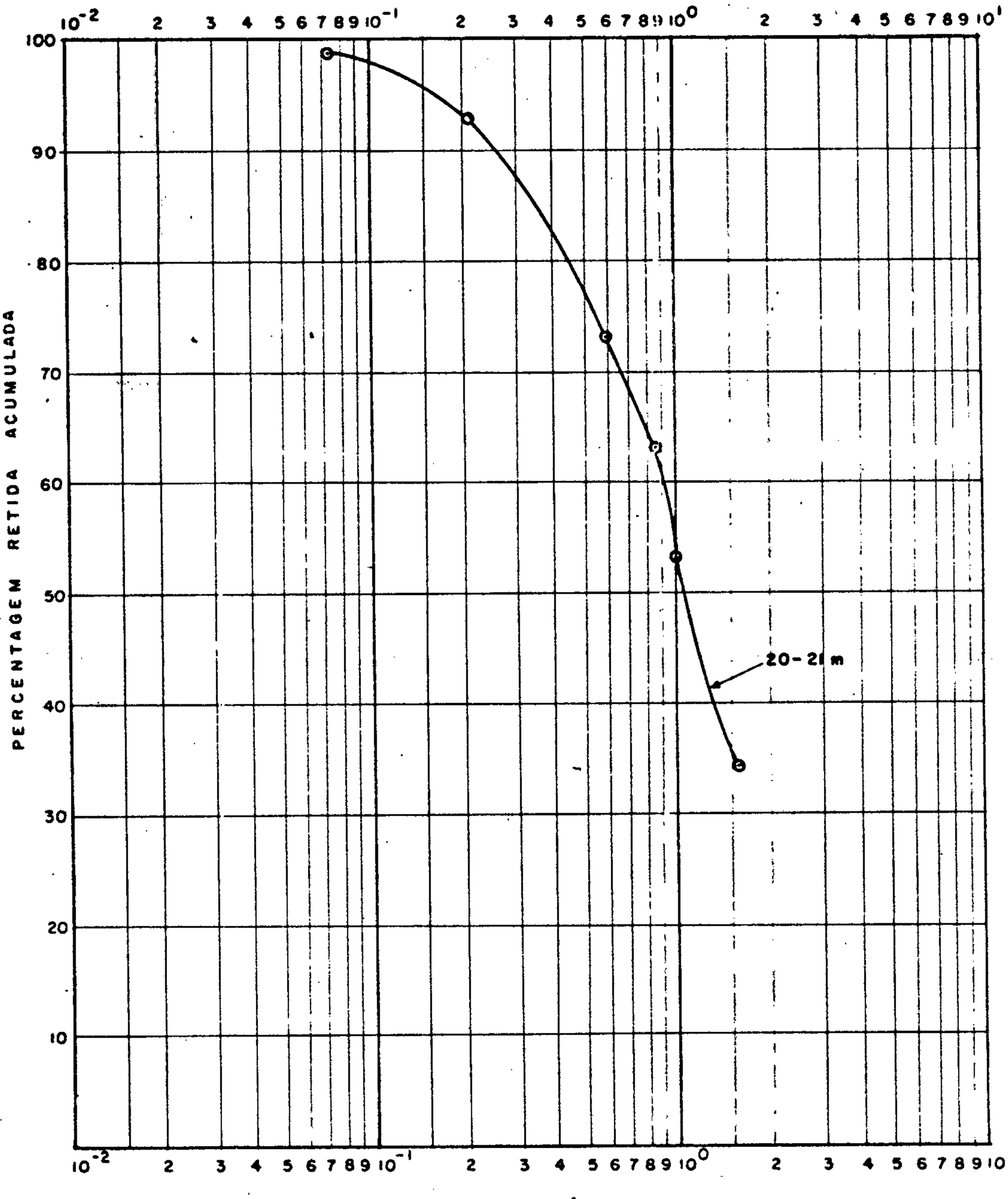
POÇO: PIEZÔMETRO Y-4

PROFUNDIDADE: 20-21 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO: AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	—			
12	1,68	34,53			
18	1,00	52,93			
20	0,84	63,05			
30	0,59	73,36			
60	0,21	92,57			
270	0,074	98,22			
PROFUNDIDADE (m)		20-21			

Fig. I.5

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

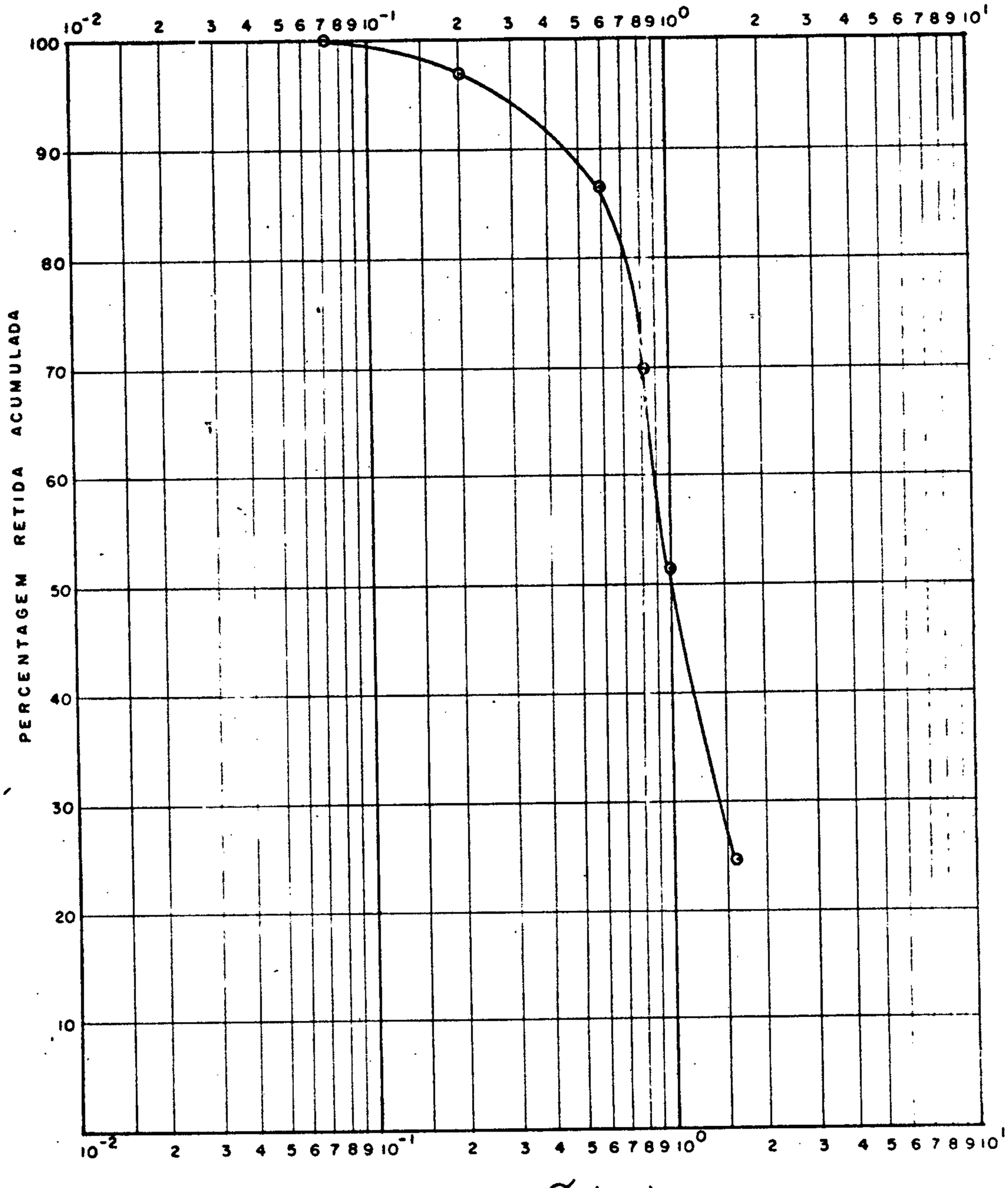
POÇO: PIEZÔMETRO X-2

PROFUNDIDADE: 14 - 15 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO: AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	—			
12	1,68	23,71			
18	1,00	51,00			
20	0,84	69,60			
30	0,59	86,60			
60	0,21	97,06			
270	0,074	99,88			
PROFUNDIDADE (m)		14 – 15			

Fig. I.5

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

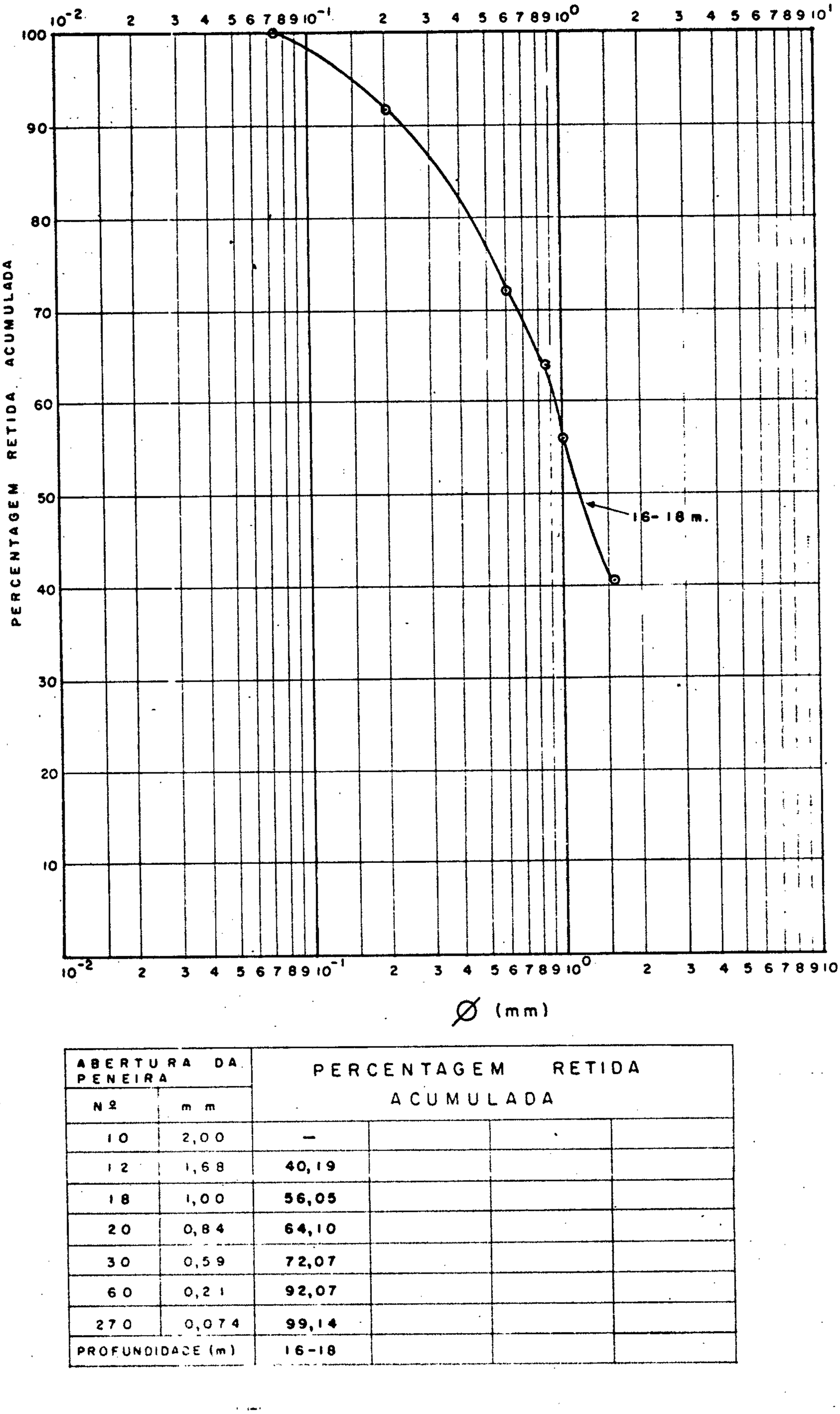
POÇO: PIEZÔMETRO X-3

PROFUNDIDADE: 16-18 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO: AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	—			
12	1,68	40,19			
18	1,00	56,05			
20	0,84	64,10			
30	0,59	72,07			
60	0,21	92,07			
270	0,074	99,14			
PROFUNDIDADE (m)		16-18			

Fig. I.7

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

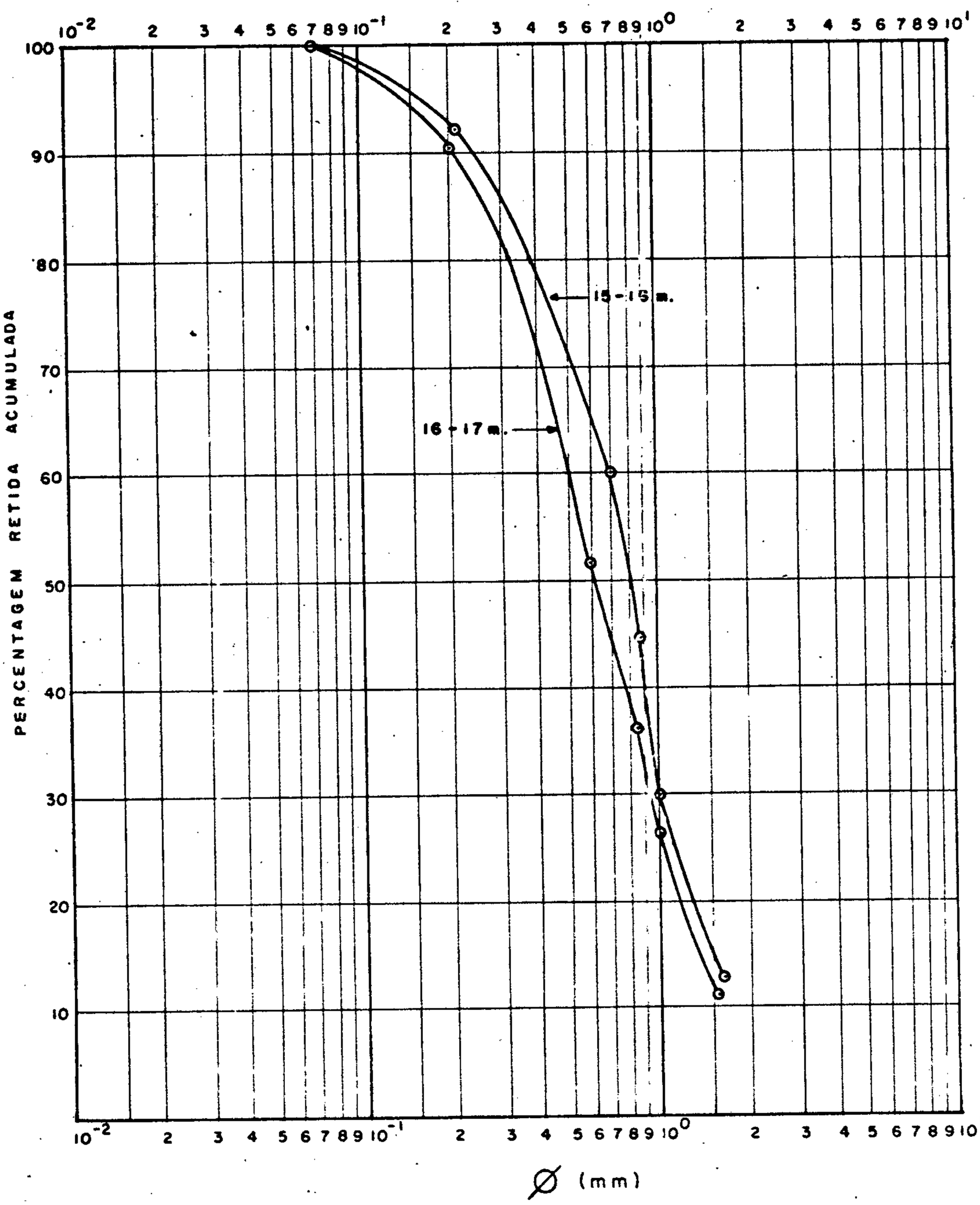
POÇO: PIEZÔMETRO X-4

PROFUNDIDADE: 15 - 16 m.
16 - 17 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	—	—		
12	1,68	13,06	12,14		
18	1,00	29,88	26,88		
20	0,84	43,68	37,68		
30	0,59	59,90	51,90		
60	0,21	92,56	90,75		
270	0,074	99,10	99,43		
PROFUNDIDADE (m)		15-16	16-17		

Fig. I.E

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

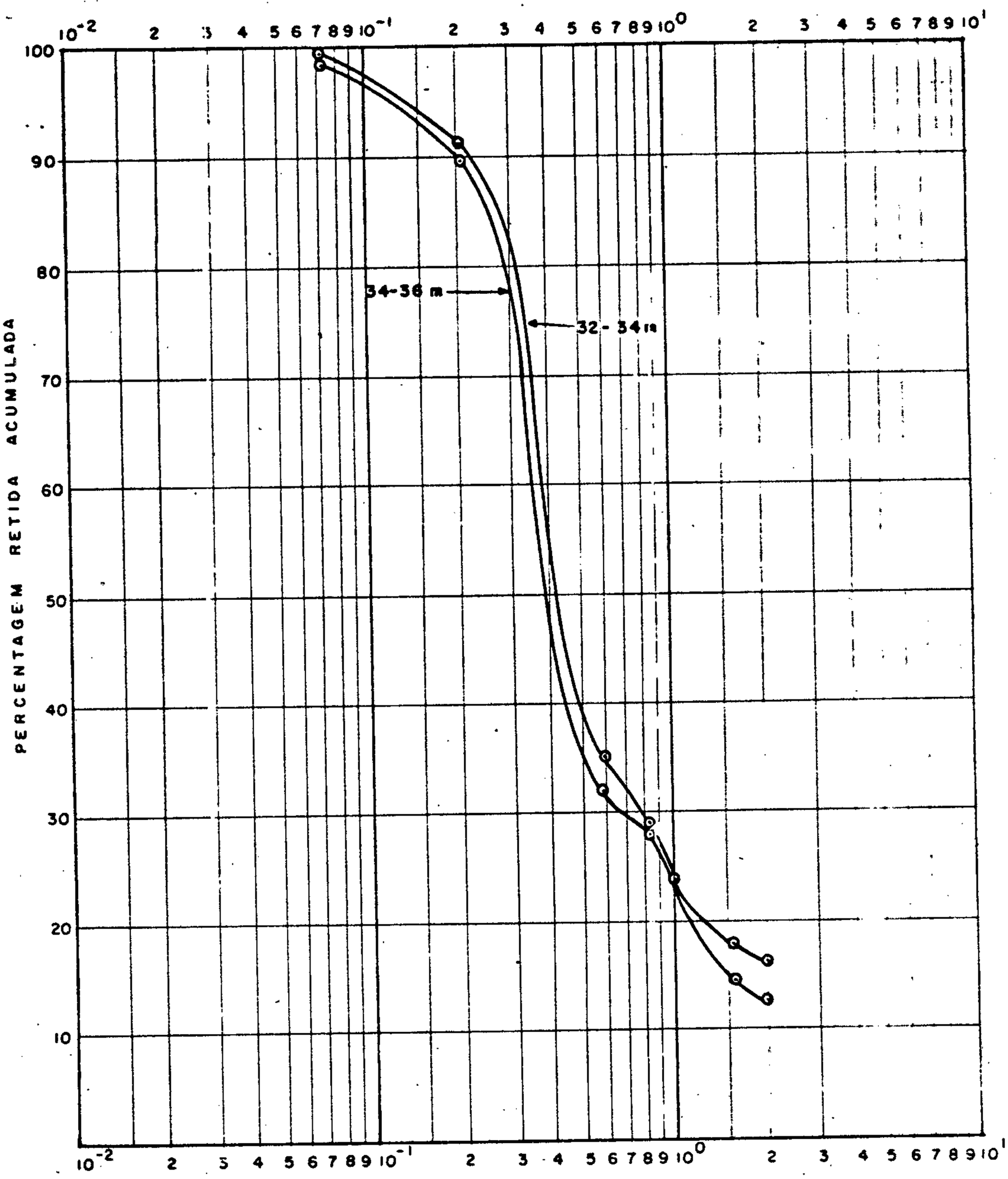
POÇO: BOMBEAMENTO

PROFUNDIDADE: 32 - 34 m.
34 - 36 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO: AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	12,96	16,39		
12	1,68	14,96	17,67		
18	1,00	23,73	23,57		
20	0,84	28,83	27,14		
30	0,59	35,31	31,99		
60	0,21	91,30	89,77		
270	0,074	98,90	98,07		
PROFUNDIDADE (m)		32-34	34-36		

Fig. I.9

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

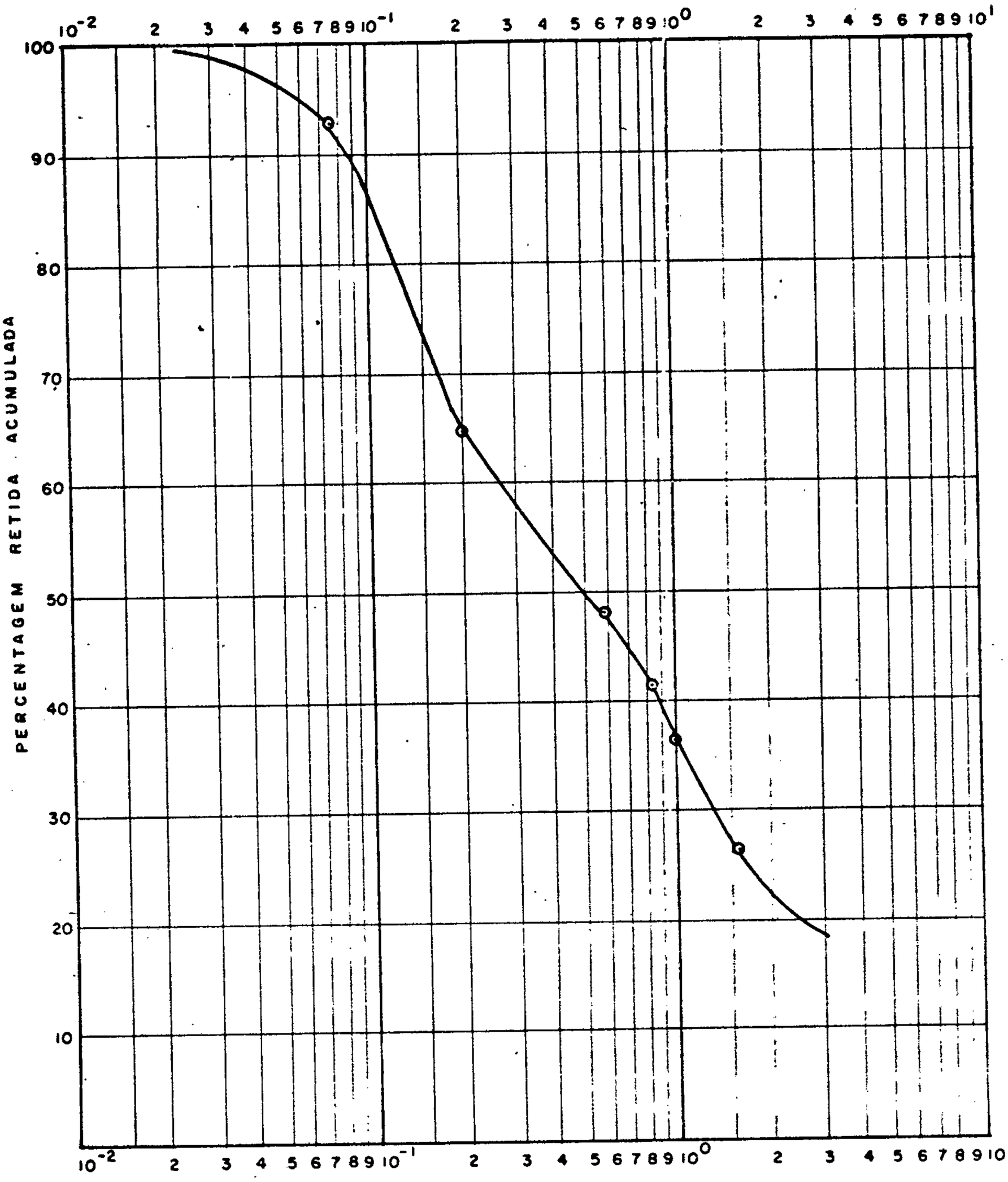
POÇO: PIEZÔMETRO C.2

PROFUNDIDADE: 80 - 82 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA
Nº	m m	
10	2,00	21,20
12	1,68	26,07
18	1,00	36,31
20	0,84	41,65
30	0,59	47,60
60	0,21	64,21
270	0,074	93,31
PROFUNDIDADE (m)		80-82

Fig. I.10

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

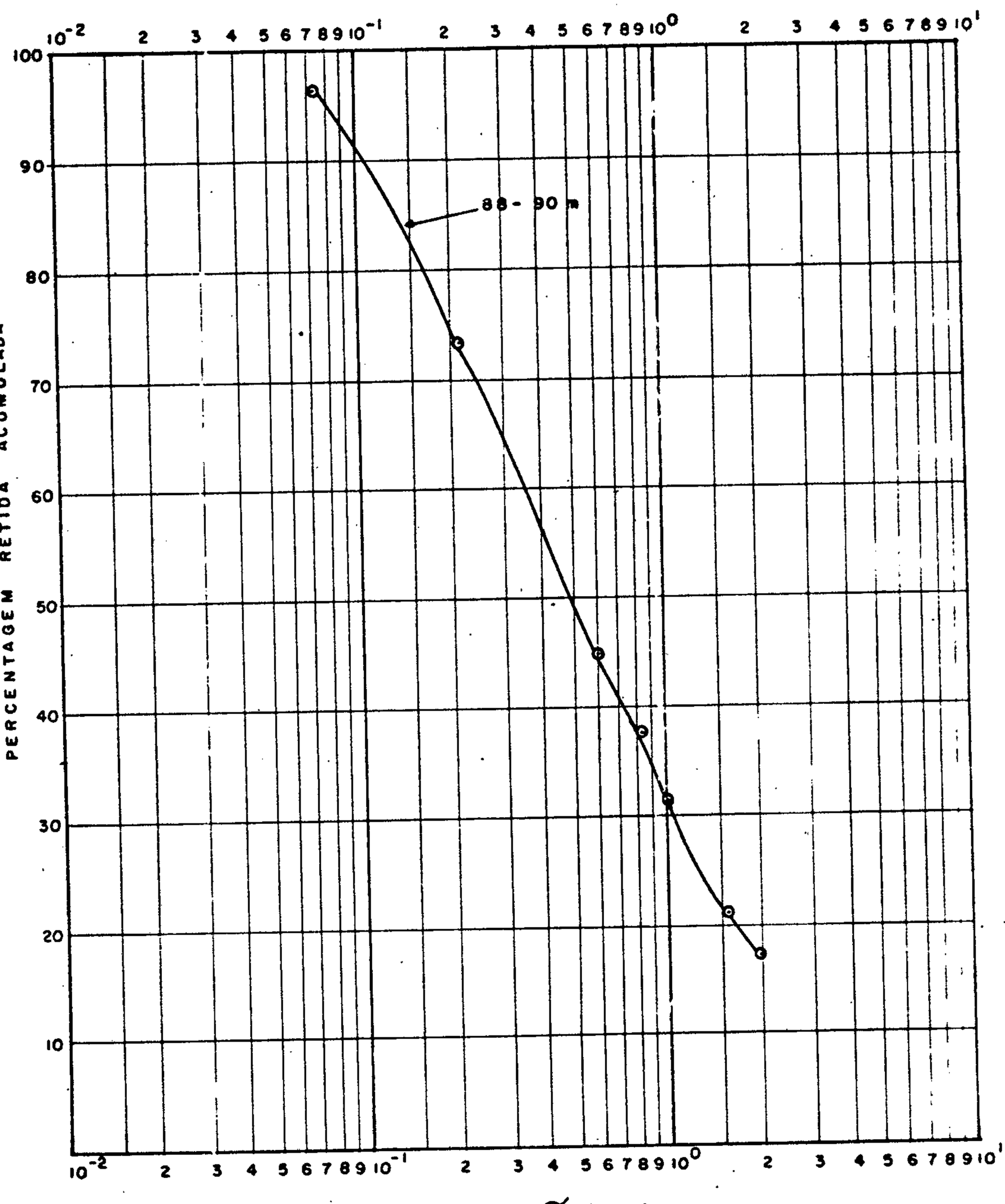
POÇO : PIEZOMETRO - C.2

PROFUNDIDADE : 88 - 90 m

PROJETO : FAZENDINHA

MUNICÍPIO : NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO : AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	17,73			
12	1,68	21,63			
18	1,00	31,75			
20	0,84	37,47			
30	0,59	44,88			
60	0,21	72,91			
270	0,074	96,56			
PROFUNDIDADE (m)		88-90			

Fig. I.11

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

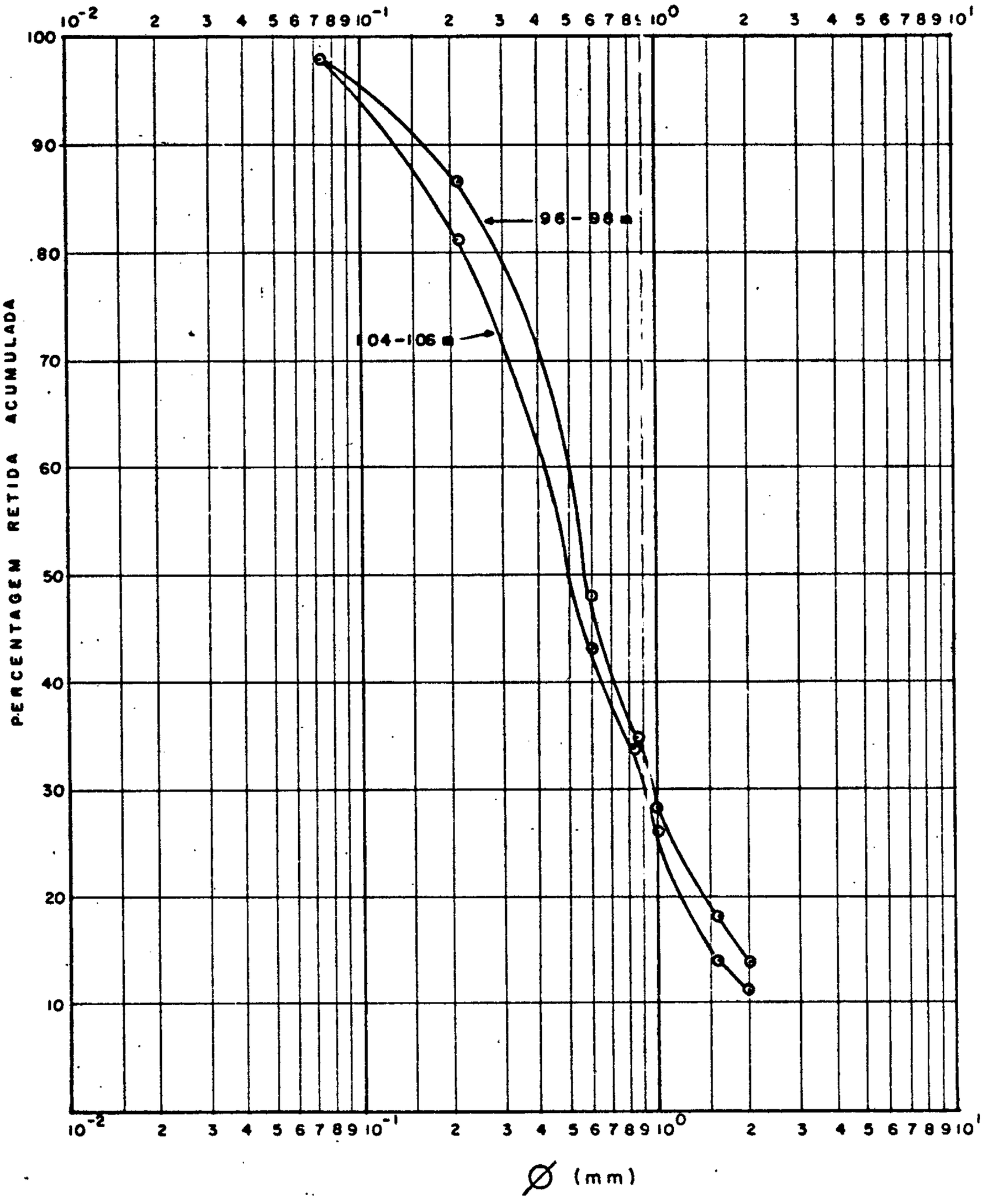
POÇO: PIEZÔMETRO C-2

PROFUNDIDADE: 96 - 98 m.
104 - 106 m.

PROJETO: FAZENDINHA

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE

ESTADO: AMAZONAS



ABERTURA DA PENEIRA		PERCENTAGEM RETIDA ACUMULADA			
Nº	m m				
10	2,00	11,17	15,94		
12	1,68	14,16	18,17		
18	1,00	25,64	27,51		
20	0,84	34,98	33,87		
30	0,59	48,26	42,96		
60	0,21	86,18	81,42		
270	0,074	98,22	97,94		
PROFUNDIDADE (m)		96-98	104-106		

Fig. I.12

ANEXO II - GRÁFICOS DOS ESTUDOS ESPECIAIS COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - X_1$ PROJETO: PROFAZ PROF.DO POÇO: 22,12m

LOCAL: FAZENDINHA PROF.PERFILADA: 10,9 m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM DATA: 25/10/83 N.E.: 7,82m

PROFUNDIDADE (m) | CONCENTRAÇÃO DO TRAÇADOR (C/S) | OBSERVAÇÃO

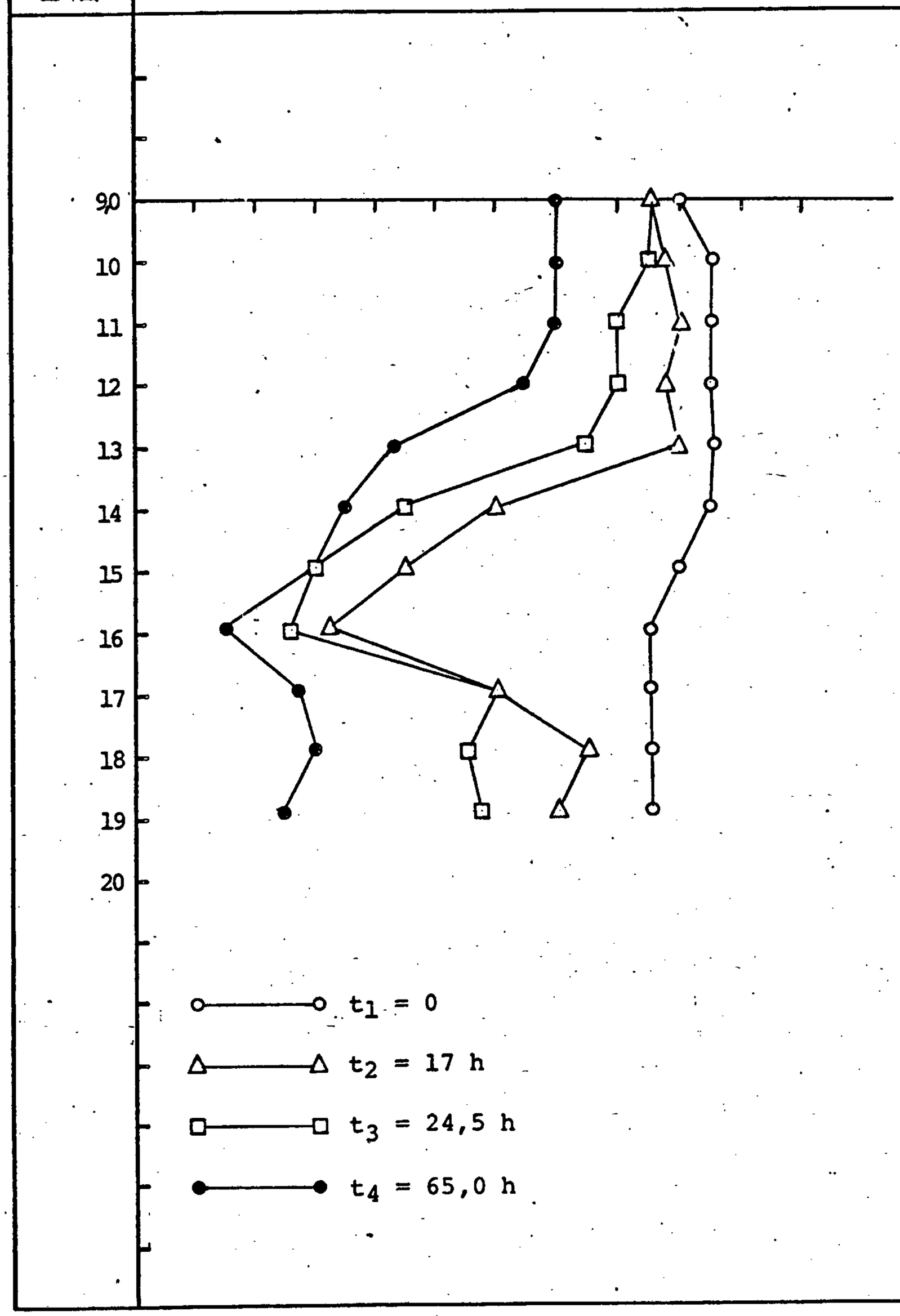


FIGURA II.1

ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - X_2$ PROJETO: PROFAZ PROF. DO POÇO: 24,14m

LOCAL: FAZENDINHA PROF. PERFILADA: 14,00m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM DATA: 01/11/83 N.E.: 6,65m

PROFUNDIDADE (m)

CONCENTRAÇÃO DO TRAÇADOR (C/S)

OBSERVAÇÃO

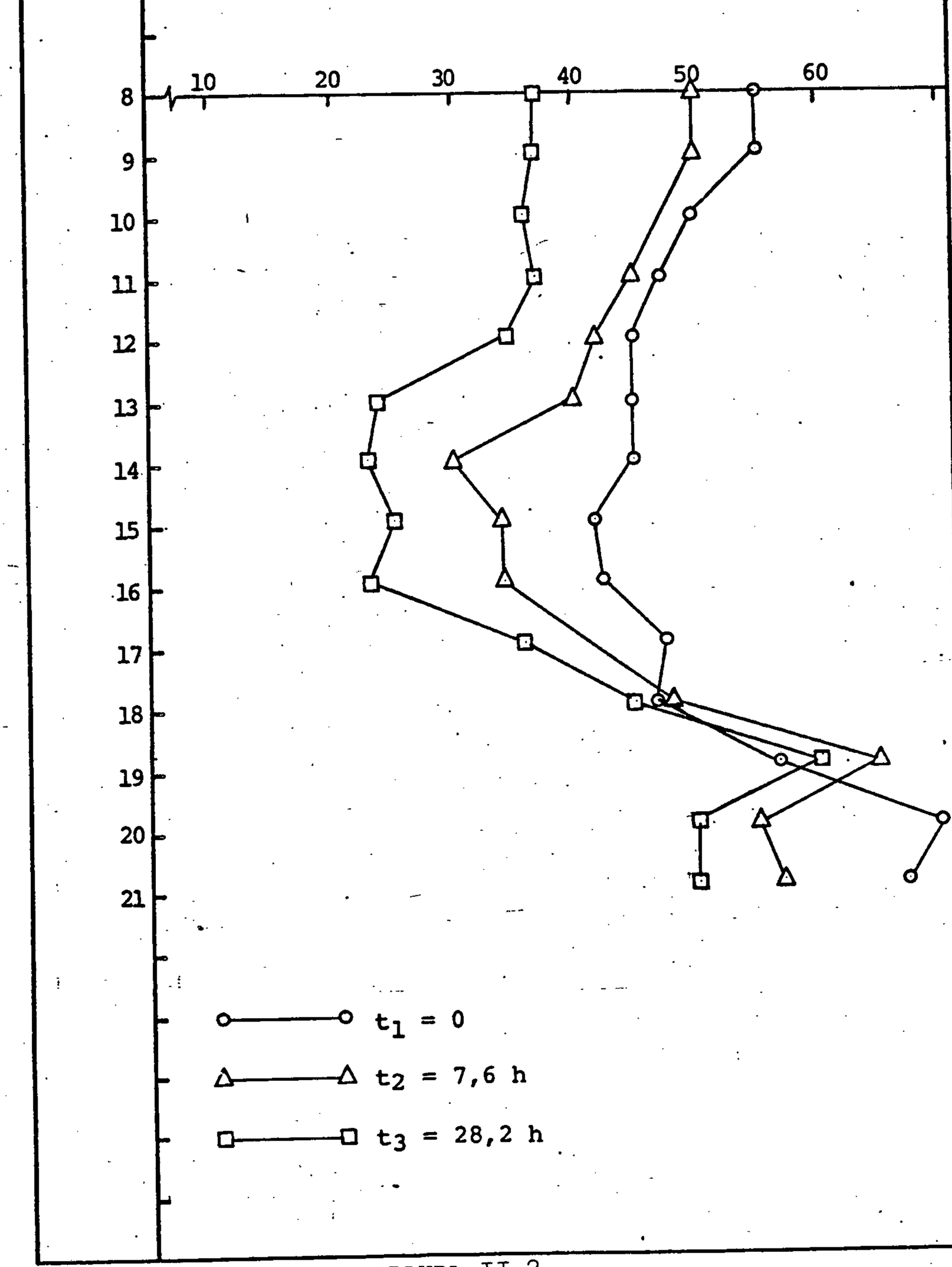


FIGURA II.2

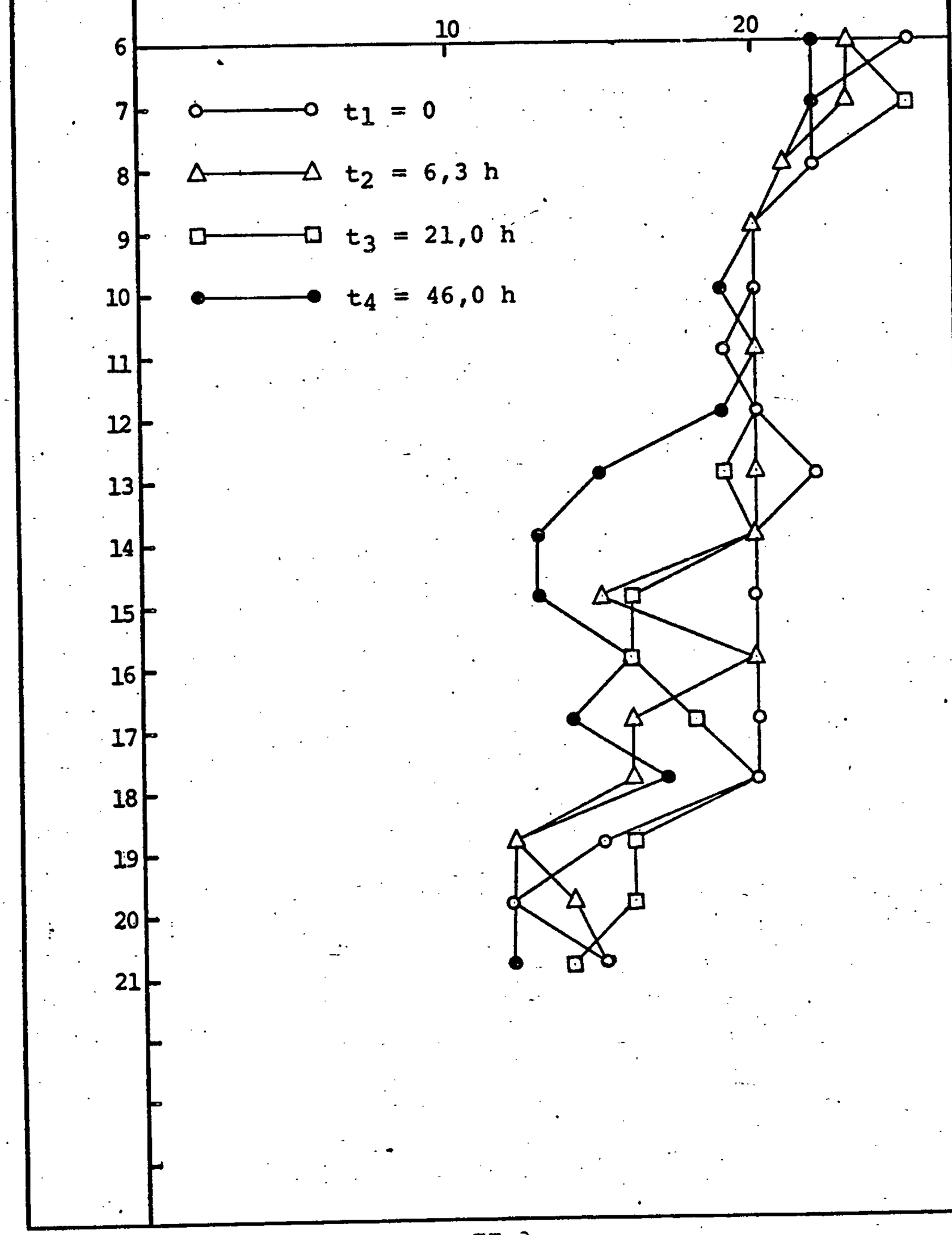
ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - X_3$ PROJETO: PROFAZ PROF. DO POÇO: 21,95m

LOCAL: FAZENDINHA PROF. PERFILADA: 15,00m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM DATA: 24/10/83 N.E.: 4,52m

PROFUNDIDADE (m) | CONCENTRAÇÃO DO TRAÇADOR (C/S) | OBSERVAÇÃO



Fluxo Horizontal
T1/T0 = 380 h
V = 0,73 cm/dia

FIGURA II.3

ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - X_4$ PROJETO: PROFAZ PROF.DO POÇO: 22,7 m

LOCAL: FAZENDINHA PROF.PERFILADA: 16,00m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM DATA: 24/10/83 N.E.: 6,70m

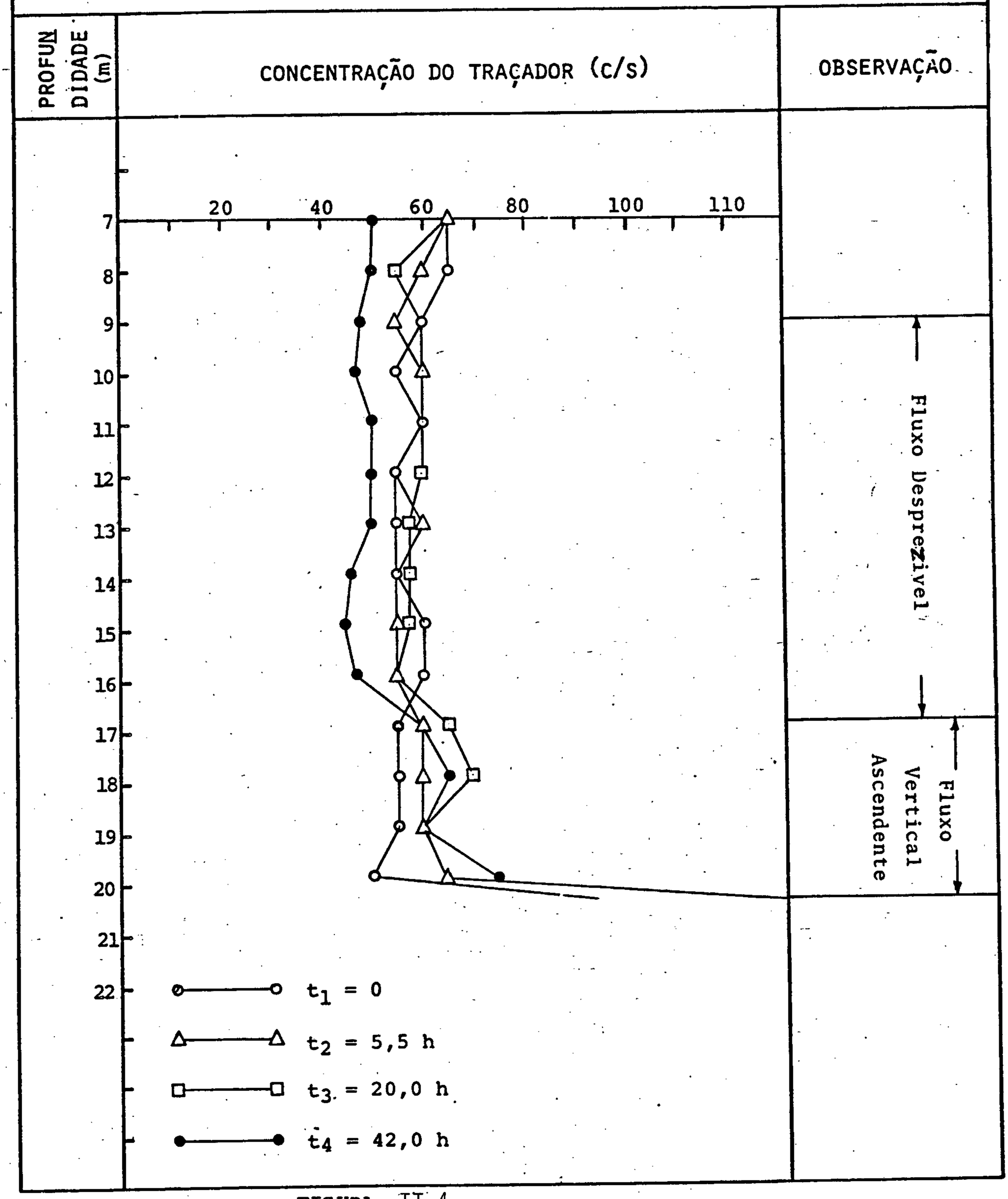


FIGURA II.4

ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - Y_1$ PROJETO: PROFAZ PROF. DO POÇO: 20,96m

LOCAL: FAZENDINHA PROF. PERFILADA: 14,00m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM DATA: 27/10/83 N.E.: 6,05m

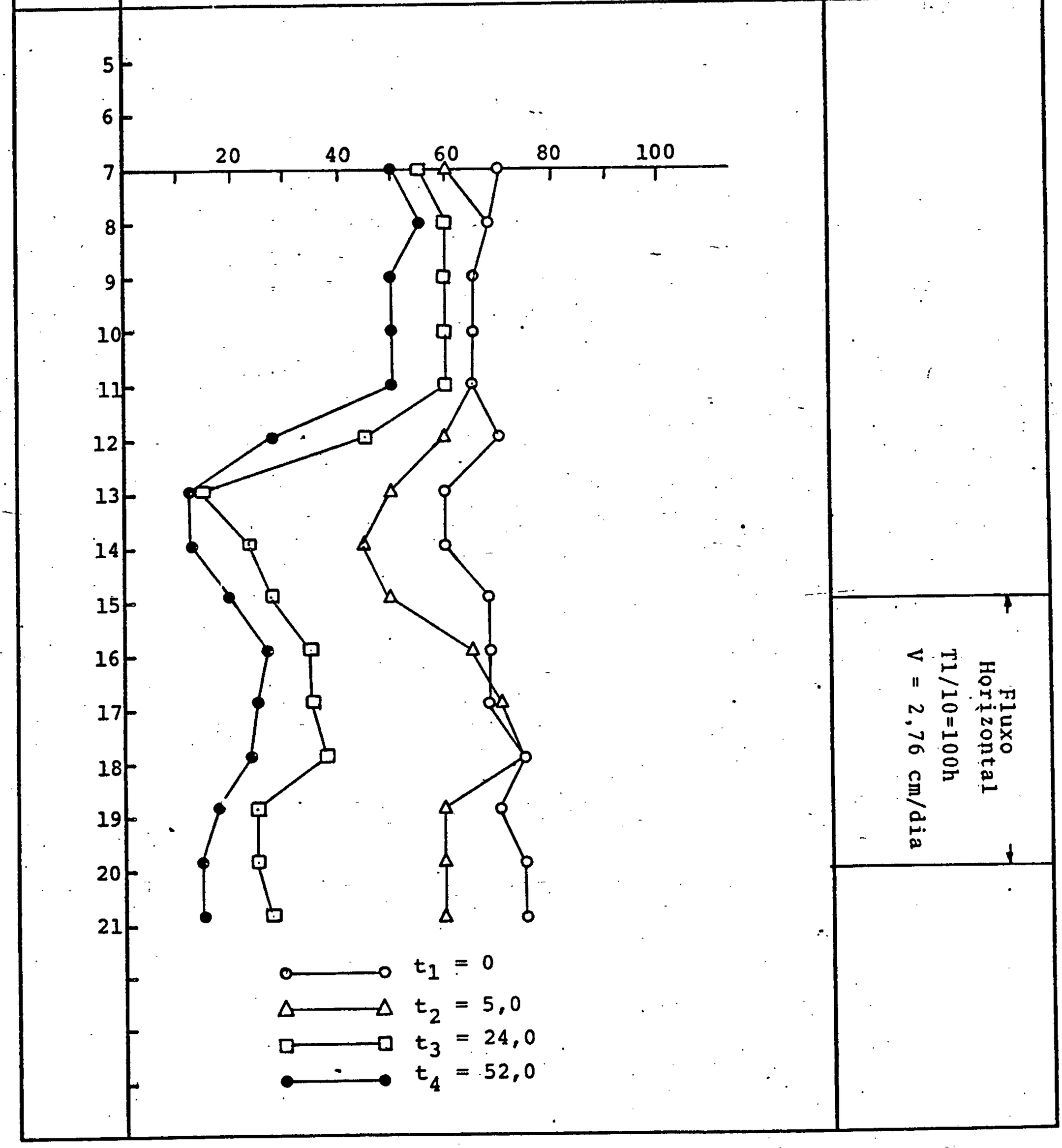


FIGURA II.5

ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - Y_2$ | PROJETO: PROFAZ | PROF. DO POÇO: 18,25m

LOCAL: FAZENDINHA | PROF. PERFILADA: 11,00m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM | DATA: 25/10/83 | N.E.: 6,82m

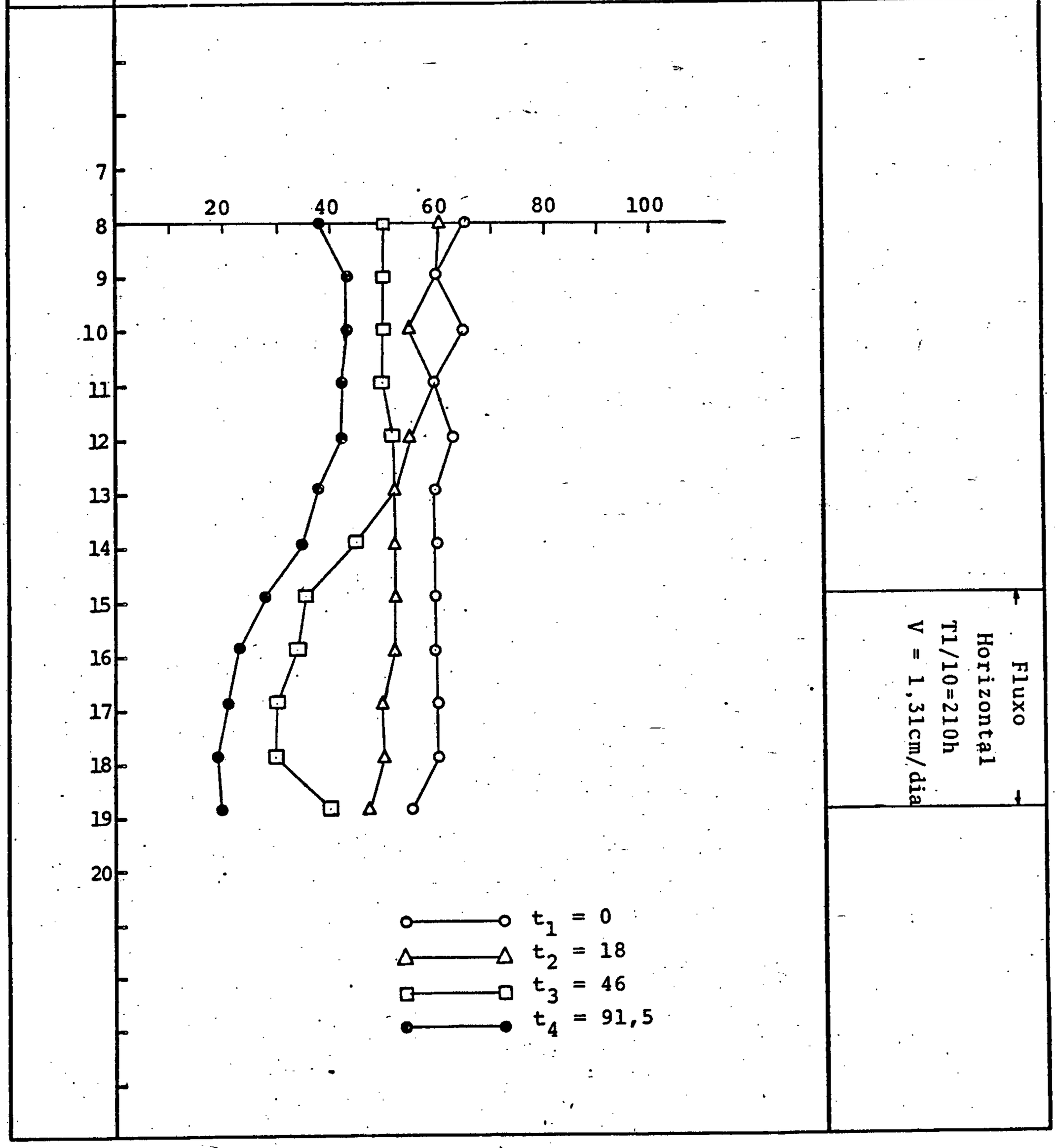


FIGURA II.6

ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - Y_3$ PROJETO: PROFAZ PROF. DO POÇO: 24,60m

LOCAL: FAZENDINHA PROF. PERFILADA: 16,00m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM DATA: 24/10/83 N.E.: 7,80m

PROFUNDIDADE (m) | CONCENTRAÇÃO DO TRAÇADOR (C/S) | OBSERVAÇÃO

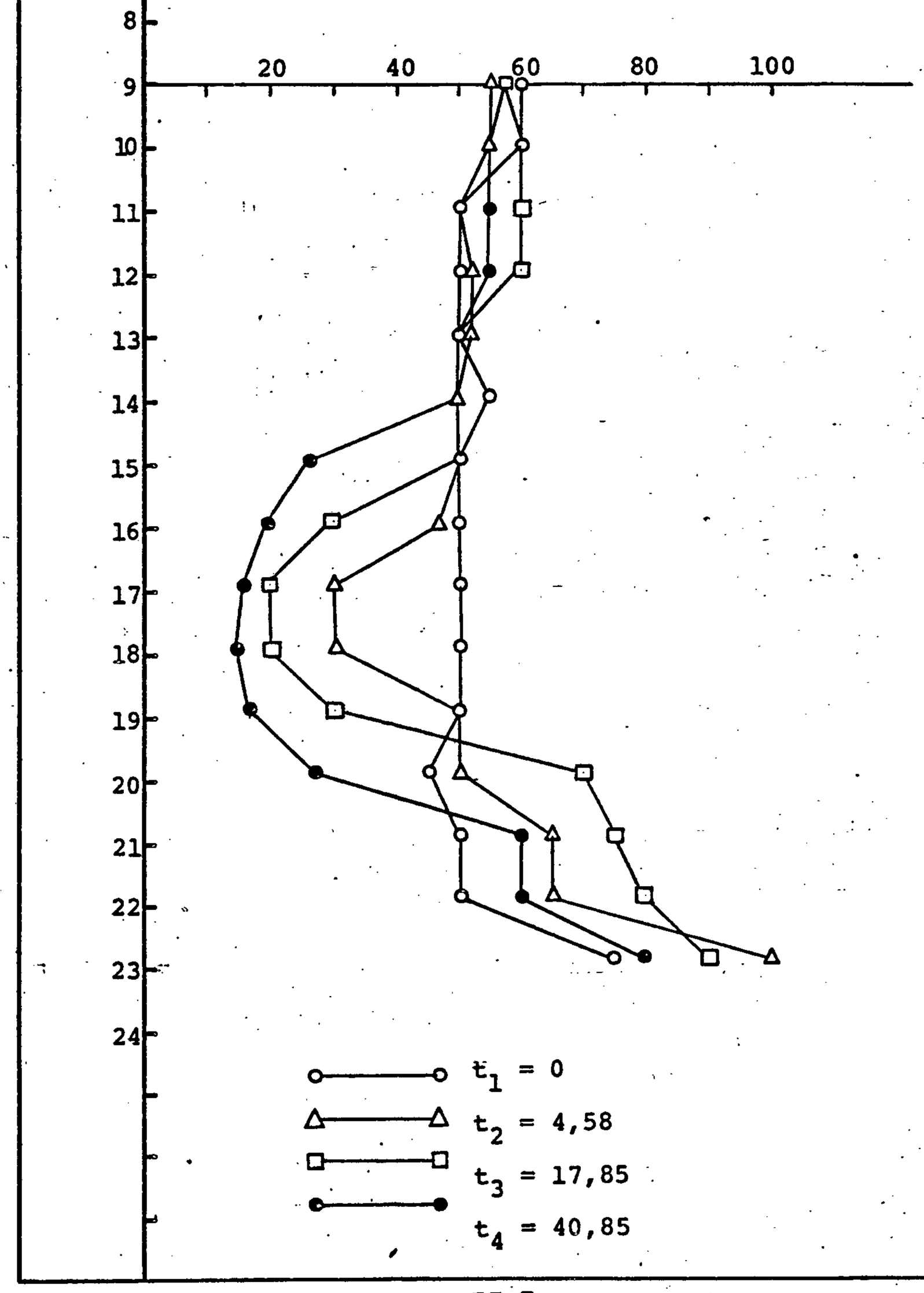


FIGURA II.7

ENSAIO DE DILUIÇÃO COM TRAÇADORES RADIOATIVOS

Nº DE ORDEM: $P_z - Y_4$ PROJETO: PROFAZ PROF. DO POÇO: 25,10m

LOCAL: FAZENDINHA PROF. PERFILADA: 17,00m

MUNICÍPIO: Nova Olinda do Norte AM DATA: 24/10/83 N.E.: 8,20m

PROFUNDIDADE (m)	CONCENTRAÇÃO DO TRAÇADOR (C/S)	OBSERVAÇÃO

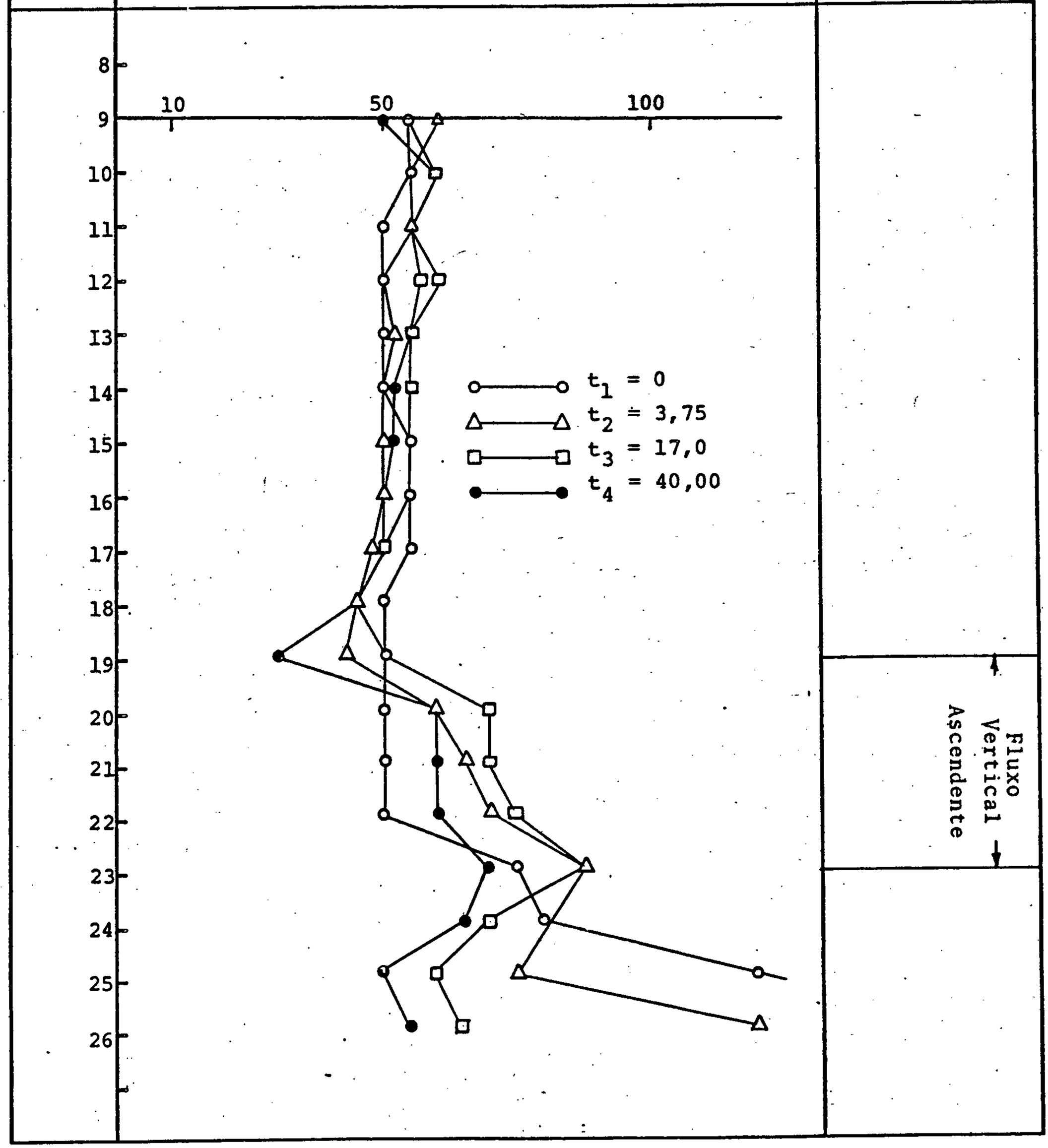
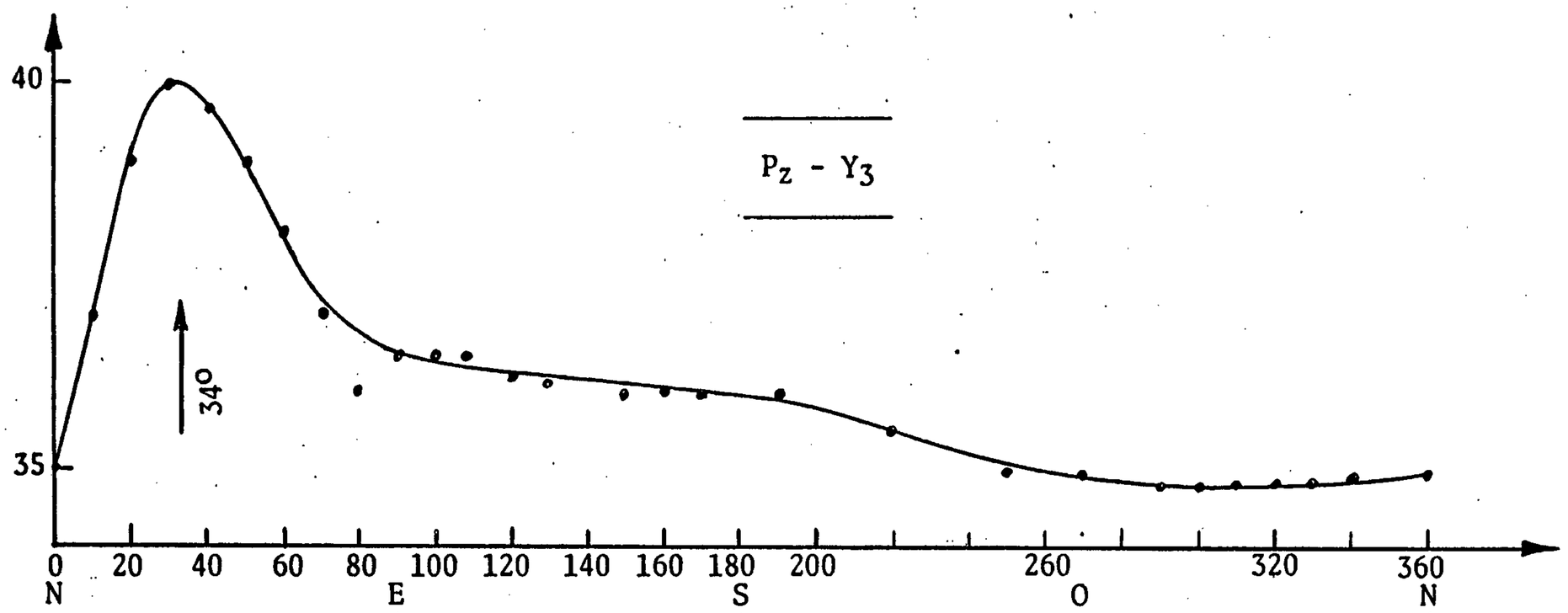


FIGURA II.8



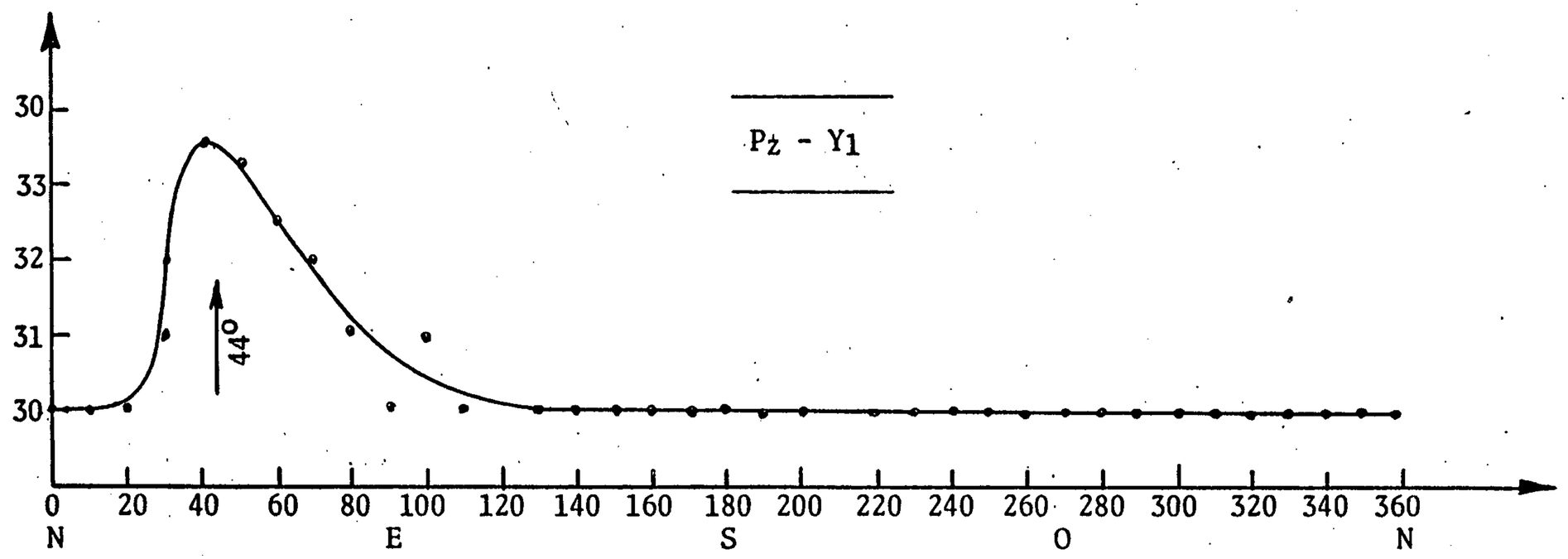


FIGURA II.9 - Direção e sentido do fluxo

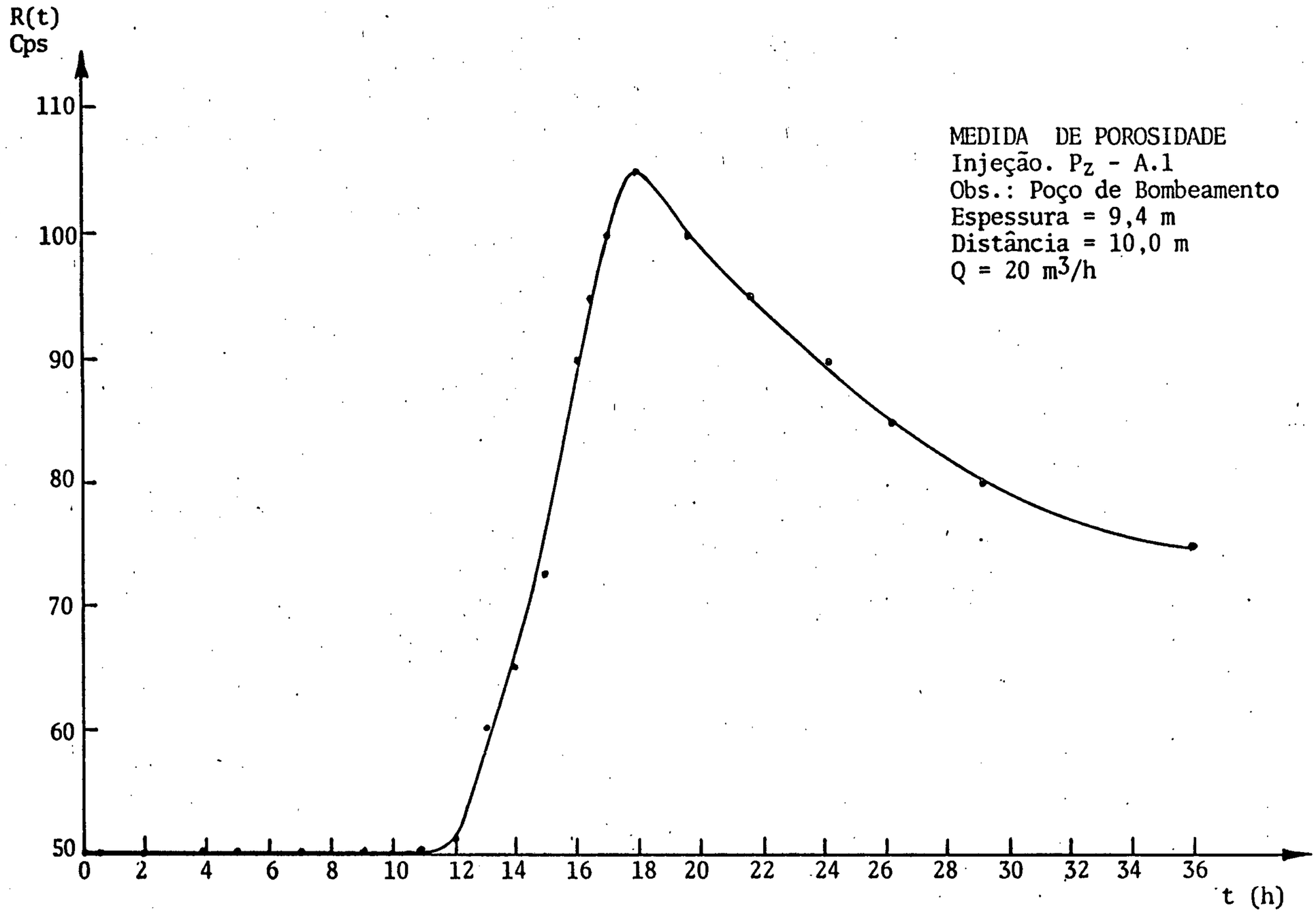

R(t)
Cps
110
100
90
80
70
60
50
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
t (h)
MEDIDA DE POROSIDADE
Injeção. Pz - A.1
Obs.: Poço de Bombeamento
Espessura = 9,4 m
Distância = 10,0 m
Q = 20 m3/h

FIGURA II.10

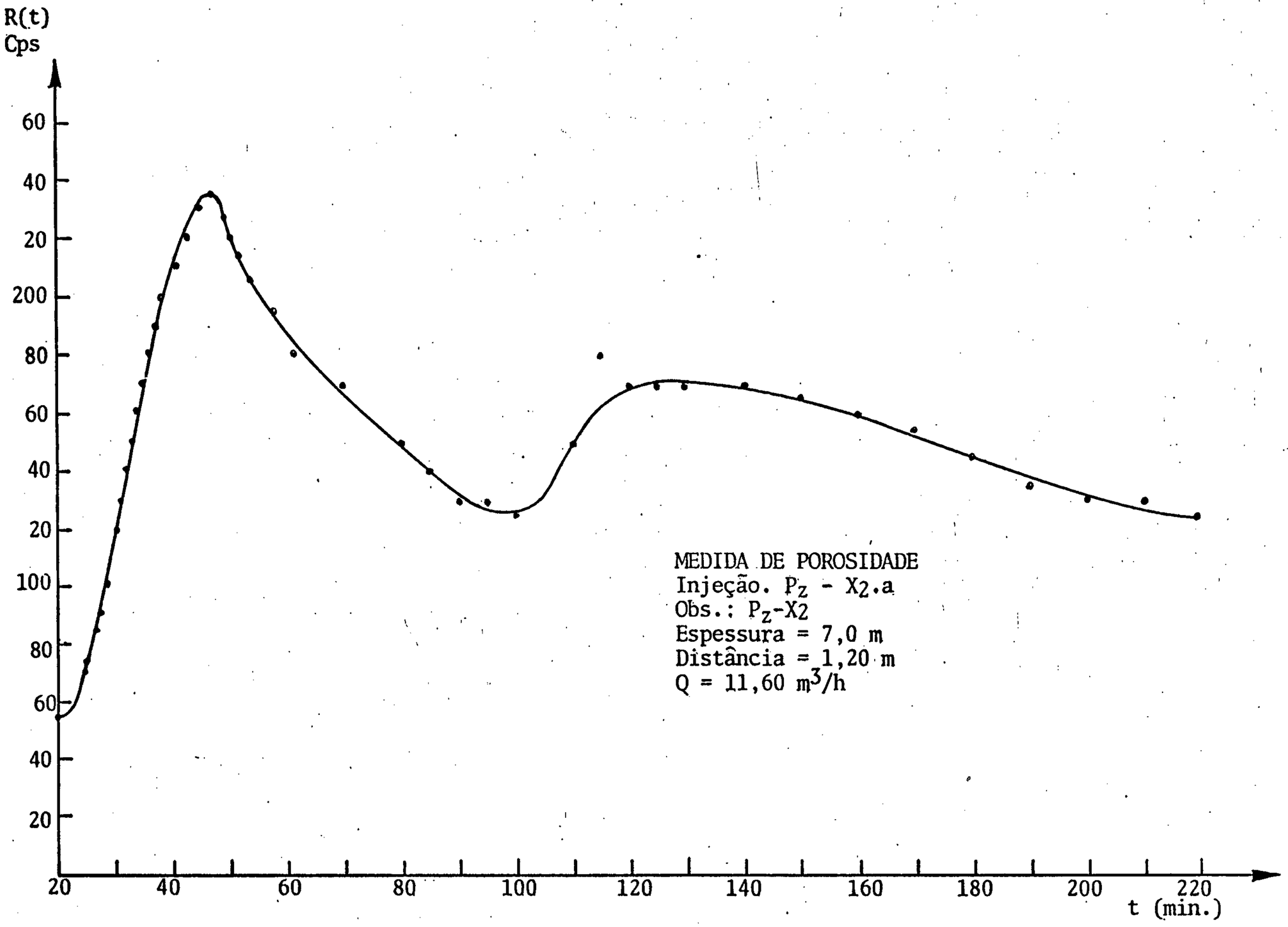
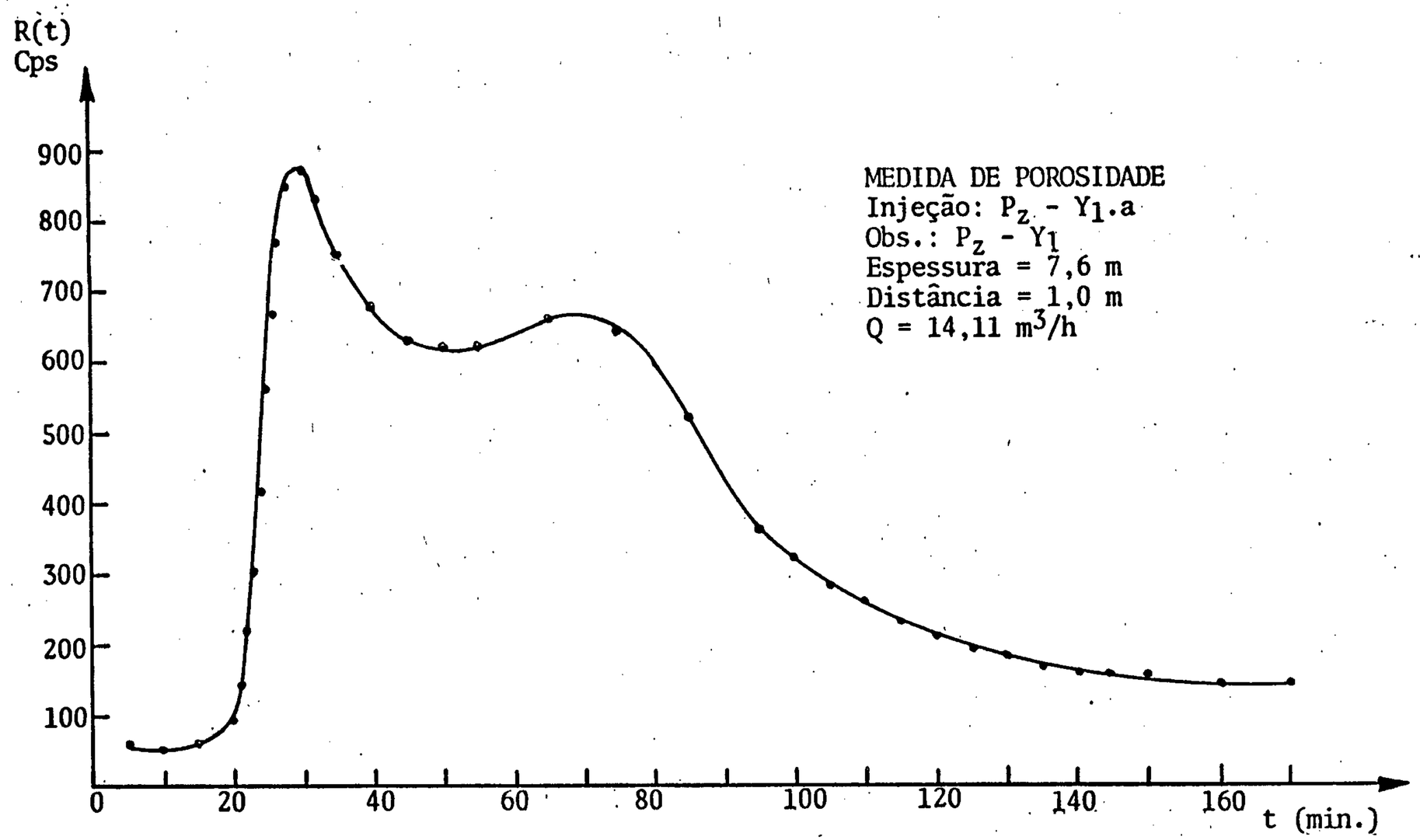

R(t)
Cps
60
40
20
200
80
60
40
20
100
80
60
40
20
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
t (min.)
MEDIDA DE POROSIDADE
Injeção. Pz - X2.a
Obs.: Pz-X2
Espessura = 7,0 m
Distância = 1,20 m
Q = 11,60 m3/h

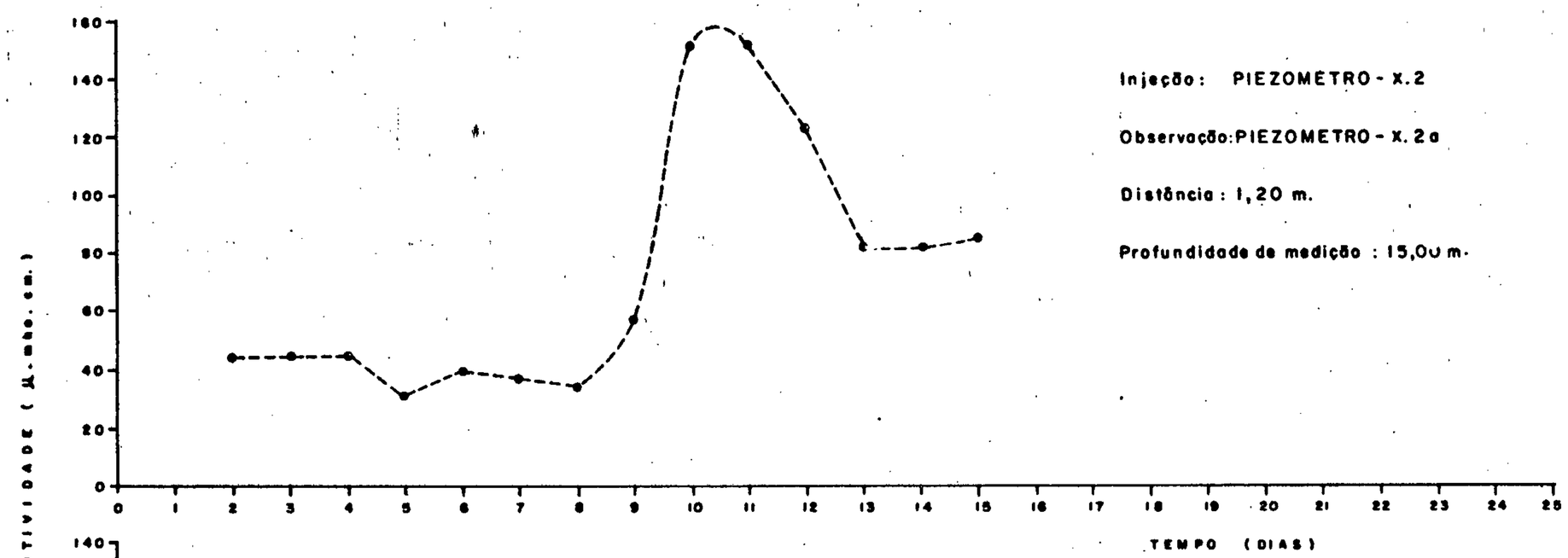
FIGURA II.11



MEDIDA DE POROSIDADE
Injeção: P_z - Y_1.a
Obs.: P_z - Y_1
Espessura = 7,6 m
Distância = 1,0 m
Q = 14,11 m^3/h

FIGURA II.12

Fig.II.13 - GRÁFICOS PARA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE REAL

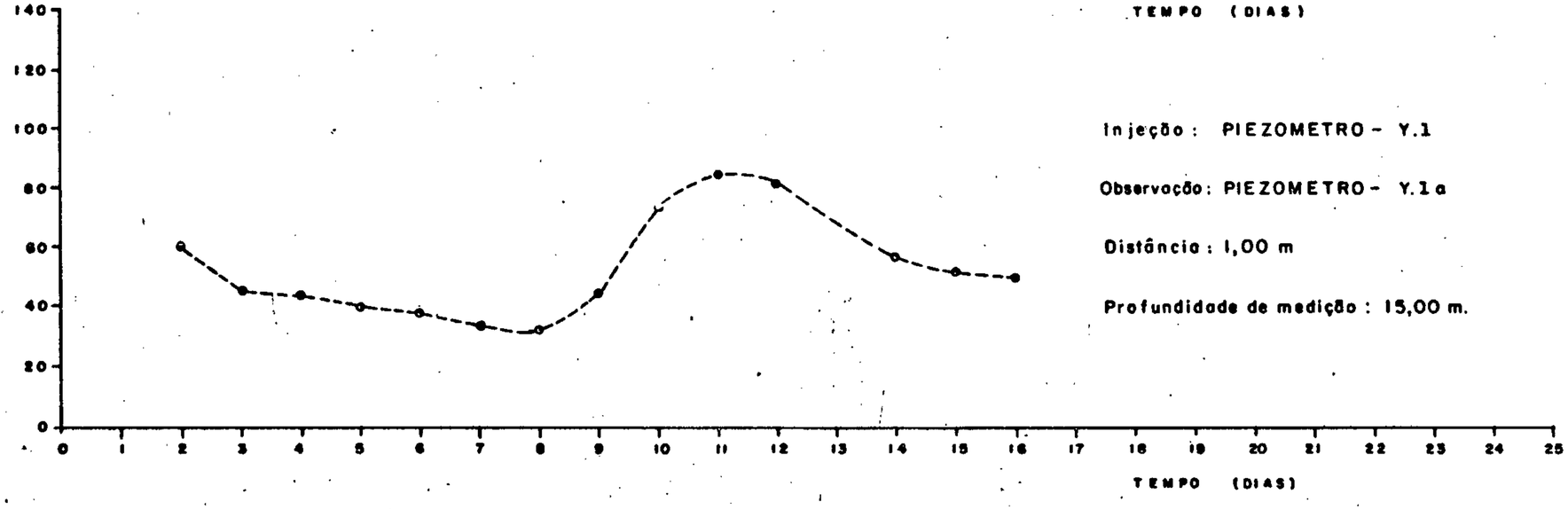


Injeção: PIEZOMETRO - x.2

Observação: PIEZOMETRO - x.2a

Distância : 1,20 m.

Profundidade de medição : 15,00 m.



Injeção : PIEZOMETRO - Y.1

Observação: PIEZOMETRO - Y.1a

Distância : 1,00 m

Profundidade de medição : 15,00 m.

ANEXO III - TABELAS E GRÁFICOS DO ENSAIO DE BOMBEAMENTO NA UNIDADE AQUÍFERA SUPERIOR

TESTE DE BOMBEAMENTO
UNIDADE AQUÍFERA SUPERIOR

PROJETO: Fazendinha

FORMAÇÃO: Alter do Chão

POÇO BOMBEADO: P.B. 1ª Etapa MUNICÍPIO: Nova Olinda INÍCIO: 24.10.83 HORA: 8h 40'

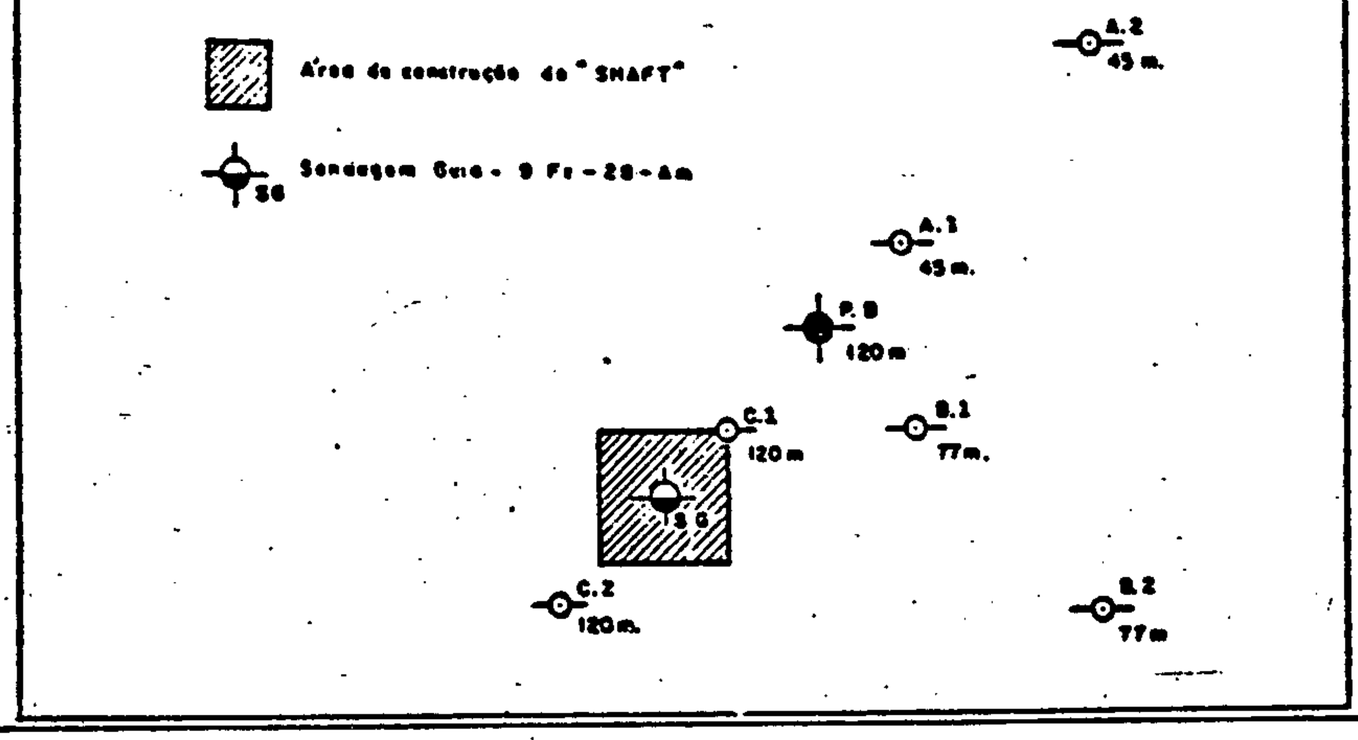
PIEZÔMETROS: A.1; A.2 LOCALIDADE: Fazendinha CONCLUSÃO: 28.10.83 HORA: 8h 40'

DISTÂNCIAS POÇO BOMBEADO — PIEZOMETROS { A.1: 8,93m ; A.2: 29,61m

COORDENADAS POÇO BOMBEADO { X: 9.594.487,5 ; Y: 283.512,5 ; Z: 49,650m

OBSERVAÇÃO:

CROQUIS DE SITUAÇÃO



EQUIPAMENTO UTILIZADO		
BOMBEAMENTO	MEDIÇÃO DA VAZÃO	MEDIÇÃO DE NÍVEL D'ÁGUA
Bomba submersa Haupt-Pleuger Q63-6 + V6-57	Tubo de Pitot Descarga: 3" Orifício: 2"	Medidor elétrico Altronic

VALORES MEDIOS OBTIDOS			
		TRANSMISSIBILIDADE (m^2/s)	Porosidade eficaz	PERMEABILIDADE (m/s)
JACOB	RECUPERAÇÃO			
	REBAIXAMENTO			
BOULTON		$2,45.10^{-3}$ $1,77.10^{-3}$ $2,65.10^{-3}$ $1,61.10^{-3}$	$26,6.10^{-2}$ $15,2.10^{-2}$	
MÉDIA		$2,12.10^{-3}$	$20,9.10^{-2}$	$1,63.10^{-4}$

TABELAS: III.1, III.2, III.3, III.4, III.5, III.6

GRÁFICOS: III.1a, III.2a, III.3a, III.4a, III.5a, III.6a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA III.1

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm $20m^3/h$ INÍCIO 24.10.83 HORA 8.40'

☐ PIEZOMETRO (S) – NE 7,692m CONCLUSÃO 28.10.83 HORA 8.40'

☐ r_1 = – ND 11,724m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2 = TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
0,5	9,109	1,267	76,59	5,55				Hto (Distancia do Nível
1	9,628	1,786	76,59	5,55				Estático ao Referencial
2	10,150	2,308	76,59	5,55				de Medida)
3	10.510	2,668	76,59	5,55				
4	10,662	2,820	76,59	5,55				A.R. (Altura do Referen
5	10.762	2,920	76,59	5,55				cial de Medida)
6	10.813	2,971	76,59	5,55				A.R.=0,150m
7	10.844	3,002	76,59	5,55				NE=Hto - A.R. = 7,692m
8	10.872	3,030	76,59	5,55				Tubo de Pitot(Vazão)
9	10.897	3,055	76,59	5,55				
10	10.918	3,076	76,59	5,55				D=3" ; K=0,707
12	10.946	3,104	76,59	5,55				d=2"
14	10.967	3,125	76,59	5,55				$Q=20m^3/h$ $A^2=4,108.10^{-6}$
16	10.985	3,143	76,59	5,55				
18	11.000	3,158	76,59	5,55				
20	11.014	3.172	76,59	5,55				
25	11.053	3,211	76,59	5,55				
30	11.079	3,237	76,59	5,55				$h = \frac{Q^2}{4,43^2.A^2.K^2}$
35	11.159	3,317	76,59	5,55				
40	11.219	3,377	76,59	5,55				
50	11.284	3,442	76,59	5,55				$K^2 = 0,499849$
60	11.327	3,485	76,59	5,55				
70	11.352	3,510	76,59	5,55				
80	11.374	3,532	76,59	5,55				
90	11.386	3,544	76,59	5,55				h = 0,76 59m = 76,59cm
100	11.413	3,571	76,59	5,55				Q = 20m3/h
120	11.439	3,597	76,59	5,55				
140	11.458	3,616	76,59	5,55				BOMBA SUBMERSA
160	11.495	3,653	76,59	5,55				
180	11.507	3,665	76,59	5,55				Marca: HAUPT PLEUGER
200	11.528	3,686	76,59	5,55				Modelo: Q63-6+V6-57
250	11.556	3,714	76,59	5,55				
300	11.574	3.732	76,59	5,55				
350	11.599	3,757	76,59	5,55				
400	11.617	3,775	76,59	5,55				
500	11.643	3,801	76,59	5,55				
600	11.665	3,823	76,59	5,55				
700	11.694	3,852	76,59	5,55				
800	11.718	3,876	76,59	5,55				
900	11.735	3,893	76,59	5,55				
1000	11.742	3,900	76,59	5,55				
1200	11.762	3,920	76,59	5,55				
1400	11.785	3,943	76,59	5,55				
1600	11.798	3,956	76,59	5,55				
1800	11.802	3,960	76,59	5,55				
2000	11.815	3,973	76,59	5,55				
2400	11.856	4,014	76,59	5,55				
2880	11.874	4,032	76,59	5,55				

$$T = \frac{0{,}183\,Q}{\Delta'} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$(\Delta)_{10} = 0{,}47$ m

$Q = 5{,}55 \cdot 10^{-3}$ m³/s

$T = 3{,}40 \cdot 10^{-3}$ m²/s

s (m)

t (min)

☒ Poço bombeado ☒ Rebaixamento
☐ Piezometro ☐ Recuperação
Método : Jacob ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
POÇO DE BOMBEAMENTO

EL A.B. HÉLIO P. MACEDO

DATA 24-10-83

FIG. III. 1a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: III.2

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☒ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 20m3/h INÍCIO 24.10.83 HORA 8.40'

☐ PIEZOMETRO (S) NE 7,692m CONCLUSÃO 28.10.83 HORA 8.40'

☐ r_1 = — ND 11,724m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2 = — TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
0,5	10,816				5761,0		2,974	H_{to} = 7,842m
1	10,026				2881,0		2,184	
2	9,236				1441,0		1,394	
3	8,854				961,0		1,012	AR = 0,15m
4	8,634				721,0		0,792	
5	8,482				577,0		0,640	NE = H_{to} → AR
6	8,399				481,0		0,557	
7	8,353				412,4		0,511	NE = 7,692m
8	8,333				361,0		0,491	
9	8,317				321,0		0,475	
10	8,296				289,0		0,454	
12	8,287				241,0		0,445	
14	8,281				206,7		0,439	
16	8,267				181,0		0,425	
18	8,261				161,0		0,419	
20	8,256				145,0		0,414	
25	8,240				116,2		0,398	
30	8,227				97,0		0,385	
35	8,219				83,2		0,377	
40	8,207				73,0		0,365	
50	8,190				58,6		0,348	
60	8,182				49,0		0,340	
70	8,168				42,1		0,326	
80	8,159				37,0		0,317	
90	8,149				33,0		0,307	
100	8,141				29,8		0,299	
120	8,132				25,0		0,290	
140	8,117				21,5		0,275	
160	8,108				19,0		0,266	
180	8,099				17,0		0,257	
200	8,088				15,4		0,246	
250	8,072				12,5		0,230	
300	8,056				10,6		0,214	
350	8,033				9,22		0,191	
400	8,027				8,20		0,185	
500	8,014				6,76		0,172	
600	7,996				5,80		0,154	
700	7,985				5,11		0,143	
800	7,978				4,60		0,136	
900	7,964				4,20		0,122	
1000	7,960				3,88		0,118	
1200	-				3,40		-	
1400	7,938				3,05		0,096	
1600	7,938				2,80		0,090	
1800	7,923				2,60		0,081	
2000	7,917				2,44		0,075	
2400	7,912				2,20		0,070	
2880	7,912				2,00		0,070	

$$T = \frac{0{,}183 \cdot Q}{\Delta'} \cdot \log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)$$

$(\Delta')_{10} = 0{,}20$ m

$\log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)_{10} = 1$

$T = 5{,}08 \cdot 10^{-3}$ m²/s

Δ' (m)

$\frac{t}{t'} + 1$

☒ Poço bombeado ☐ Rebaixamento
☐ Piezometro ☐ Recuperação
Método : Jacob ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - S.A

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
POÇO DE BOMBEAMENTO

ELAB HÉLIO P. MACEDO

DATA 24-10-83

FIG XXX . 2a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA III.3

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 20m3/h INÍCIO 24.10.83 HORA 8.40'

☐ PIEZOMETRO (S) A.1 NE 7,566m CONCLUSÃO 28.10.83 HORA 8.40'

☐ r_1= 8,93m ND 8.406m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO(t') 2880

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
0,5	8.032	0,108						H_{to}= (Distancia do Referencial de Medida ao Nível Estático)
1	8.112	0,188						
2	8.212	0,288						
3	8.272	0,348						
4	8.304	0,380						H_{to}= 7,924m
5	8.325	0,401						
6	8.339	0,415						
7	8.350	0,426						A.R.(Altura do Referencial de Medida)
8	8.357	0,433						
9	8.362	0,438						
10	8.366	0,442						A.R. = 0,358m
12	8.374	0,450						
14	8.379	0,455						
16	8.383	0,459						NE = H_{to} = - AR = 7,566m
18	8.386	0,462						
20	8.392	0,468						
25	8.398	0,474						
30	8.406	0,482						
35	8.416	0,492						
40	8.427	0,503						
50	8.439	0,515						
60	8.448	0,524						
70	8.457	0,533						
80	8.462	0,538						
90	8.467	0,543						
100	8.473	0,549						
120	8.485	0,561						
140	8.498	0,574						
160	8.505	0,581						
180	8.513	0,589						
200	8.520	0,596						
250	8.541	0,617						
300	8.557	0,633						
350	8.576	0,652						
400	8.585	0,661						
500	8.607	0,683						
600	8.626	0,702						
700	8.641	0,717						
800	8.657	0,733						
900	8.668	0,744						
1000	8.676	0,752						
1200	8.690	0,766						
1400	8.706	0,782						
1600	8.719	0,795						
1800	8.723	0,799						
2000	8.738	0,814						
2400	8.754	0,830						
2880	8.764	0,840						

$$T_o = \frac{Q}{4\pi\Delta} \cdot W\left(\mu o, \frac{R}{D}\right)$$

$T_o = 2{,}45.10^{-3}\ m^2/s$

$$S_o = \frac{4.T.\mu o.t}{r^2}$$

$S_o = 1{,}44.10^{-3}$

$W(\mu o) = 10^0$

$\frac{1}{\mu o} = 10^0$

$\Delta = 0{,}18\ m$

$t = 0{,}195\ m$

$$T_y = \frac{Q}{4.\pi.\Delta} \cdot W\left(\mu y, \frac{R}{D}\right)$$

$T_y = 1{,}77.10^{-3}\ m^2/s$

$$\mu = \frac{4.Ty.\mu y.t}{r^2}$$

$\mu = 26{,}6.10^{-2}$

$W(\mu y) = 10^0$

$\frac{1}{\mu y} = 10^0$

$\Delta = 0{,}25\ m$

$t = 50\ min.$

$\frac{R}{D} = 0{,}315$

$\frac{R}{D} = 0{,}315$

t (min)

☐ Poço bombeado ☒ Rebaixamento

☒ Piezometro - A.1 ☐ Recuperação

Metodo : Boulton - Prickett ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO

PIEZOMETRO - A. 1

ELAB. HÉLIO MACEDO

DATA 26-10-83

FIG III. 3a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: III.4

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 20m3/h INÍCIO 24.10.83 HORA 8.40'

☒ PIEZOMETRO (S) A.1 NE 7,566m CONCLUSÃO 28.10.83 HORA 8.40'

☐ r_1 = 8,93m ND 8,406m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2 = TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
0,5	8,715				5761,0		0,791	H_{to} = 7,924m
1	8,646				2881,0		0,722	
2	8,528				1441,0		0,604	
3	8,455				961,0		0,531	AR = 0,358m
4	8,409				721,0		0,485	
5	8,380				577,0		0,456	
6	8,355				481,0		0,431	NE = H_{to} - A.R. = 7,566m
7	8,341				412,4		0,417	
8	8,333				361,0		0,409	
9	8,323				321,0		0,399	
10	8,319				289,0		0,395	
12	8,311				241,0		0,387	
14	8,304				206,7		0,380	
16	8,301				181,0		0,377	
18	8,296				161,0		0,372	
20	8,293				145,0		0,369	
25	8,285				116,2		0,361	
30	8,277				97,0		0,353	
35	8,272				83,2		0,348	
40	8,267				73,0		0,343	
50	8,257				58,6		0,333	
60	8,245				49,0		0,321	
70	8,238				42,1		0,314	
80	8,232				37,0		0,308	
90	8,225				33,0		0,301	
100	8,217				29,8		0,293	
120	8,204				25,0		0,280	
140	8,195				21,5		0,271	
160	8,187				19,0		0,263	
180	8,178				17,0		0,254	
200	8,169				15,4		0,245	
250	8,149				12,5		0,225	
300	8,137				10,6		0,213	
350	8,122				9,22		0,198	
400	8,114				8,30		0,190	
500	8,095				6,76		0,171	
600	8,082				5,80		0,158	
700	8,072				5,11		0,148	
800	8,065				4,60		0,141	
900	8,052				4,20		0,128	
1000	8,046				3,88		0,122	
1200	-				-		-	
1400	8,022				3,05		0,098	
1600	8,019				2,80		0,095	
1800	8,009				2,60		0,085	
2000	8,002				2,44		0,078	
2400	7,998				2,20		0,074	
2880	7,996				2,00		0,072	

$$T = \frac{0{,}183.Q}{\Delta'} \cdot \log\left(\frac{t}{t'}+1\right)$$

$(\Delta')_{10} = 0{,}205\,m$

$\log\left(\frac{t}{t'}+1\right)_{10} = 1$

$T = 4{,}95.10^{-3}\ m^2/s$

Δ' (m)

$\frac{t}{t'}+1$

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro A.1
- Método : Jacob
- ☐ Reboixamento
- ☐ Recuperação
- ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO A.1

ELAB. HÉLIO MACEDO

DATA : 24-10-83

FIG. III.4a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: III.5

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 20m3/h INÍCIO 24.10.83 HORA 8.40'

☒ PIEZOMETRO (S) A.2 NE 5,829m CONCLUSÃO 28.10.83 HORA 8.40'

☐ r_1= 29,61m ND 6,402m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão $Q_{(c^3m)}^{h}$	Vazão $Q_{L/seg}$	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
0,5	6,279	0,023						H_{to} = (Distancia do Referencial de Medida ao Nível Estático)
1	6,311	0,055						
2	6,369	0,113						
3	6,408	0,152						
4	6,433	0,177						
5	6,450	0,194						
6	6.464	0,208						A.R = (Altura do Referencial de Medida)
7	6,472	0,216						
8	6,479	0,223						
9	6,483	0,227						
10	6,488	0,232						A.R.= 0,427m
12	6,496	0,240						
14	6,500	0,244						
16	6,506	0,250						
18	6.500	0,253						H_{to} = 6,256m
20	6,511	0,255						
25	6,516	0,260						
30	6,524	0,268						NE = H_{to} - A.R.
35	6,529	0,273						
40	6.535	0,279						
50	6.546	0,290						NE = 5,829m
60	6,556	0,300						
70	6,560	0,304						
80	6,566	0,310						
90	6,570	0,314						
100	6,576	0,320						
120	6,585	0,329						
140	6,595	0,339						
160	6,603	0,347						
180	6,609	0,353						
200	6.615	0,359						
250	6,629	0,373						
300	6.647	0,391						
350	6.658	0,402						
400	6,667	0,411						
500	6,678	0,431						
600	6,704	0,448						
700	6,721	0,465						
800	6,734	0,478						
900	6,742	0,486						
1000	6,748	0,492						
1200	6,762	0,506						
1400	6,778	0,522						
1600	6,785	0,529						
1800	6,791	0,535						
2000	6,800	0,544						
2400	6,819	0,563						
2880	6,829	0,573						

$$T_o = \frac{Q}{4\,\pi\,\Delta}\, W\left(\mu_o, \frac{R}{D}\right)$$

$T_o = 2{,}65 \cdot 10^{-3}\ m^2/s$

$$S_o = \frac{4\,T_o\,\mu_o\,t}{r^2}$$

$S_o = 4{,}9 \cdot 10^{-4}$

$W(\mu_o) = 10^0$

$\frac{1}{\mu_o} = 10^0$

$\Delta = 0{,}165\ m$

$t = 0{,}68\ m$

$\frac{R}{D} = 0{,}6$

$W(\mu_y) = 10^0$

$\frac{1}{\mu_y} = 10^0$

$\Delta = 0{,}275\ m$

$t = 346\ min.$

$$T_y = \frac{Q}{4\,\pi\,\Delta}\, W\left(\mu_y, \frac{R}{D}\right)$$

$T_y = 1{,}61 \cdot 10^{-3}\ m^2/s$

$$\mu = \frac{4\,T_y\,\mu_y\,t}{r^2}$$

$\mu = 15{,}2 \cdot 10^{-2}$

t (min)

☐ Poço bombeado ☒ Rebaixamento

☐ Piezometro - A.2 ☐ Recuperação

Método : Boulton - Prickett ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO

PIEZOMETRO A.2

ELAB HELIO MACEDO

DATA 24-10-83

FIG III.5e

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: III.6

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 20m3/h INÍCIO 24.10.83 HORA 8.40'

☐ PIEZOMETRO (S) A.2 NE 5,829 CONCLUSÃO 28.10.83 HORA 8.40'

☐ r_1= 29,61m ND 6,402m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{r'}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
0,5					5761,0		0,562	H_{to} = 6,256m
1					2881,0		0,537	
2					1441,0		0,482	
3					961,0		0,437	A.R. = 0,427m
4					721,0		0,407	
5					577,0		0,387	
6					481,0		0,370	NE = H_{to} - A.R.
7					412,4		0,358	
8					361,0		0,349	
9					321,0		0,344	NE = 5,829m
10					289,0		0,338	
12					241,0		0,330	
14					206,7		0,325	
16					181,0		0,320	
18					161,0		0,316	
20					145,0		0,314	
25					116,2		0,306	
30					97,0		0,301	
35					83,2		0,297	
40					73,0		0,292	
50					58,6		0,283	
60					49,0		0,276	
70					42,1		0,271	
80					37,0		0,266	
90					33,0		0,260	
100					29,8		0,255	
120					25,0		0,245	
140					21,5		0,238	
160					19,0		0,230	
180					17,0		0,223	
200					15,4		0,217	
250					12,5		0,201	
300					10,6		0,187	
350					9,22		0,177	
400					8,30		0,169	
500					6,76		0,155	
600					5,80		0,143	
700					5,11		0,130	
800					4,60		0,126	
900					4,20		0,115	
1000					3,88		0,108	
1200					3,40		-	
1400					3,05		0,088	
1600					2,80		0,079	
1800					2,60		0,075	
2000					2,44		0,071	
2400					2,20		0,064	
2880					2,00		0,057	

$$T = \frac{0{,}183.Q}{\Delta'} \cdot \log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)$$

$$(\Delta')_{10} = 0{,}185\ m$$

$$\log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)_{10} = 1$$

$$T = 5{,}49.10^{-3}\ m^2/s$$

Δ' (m)

$\frac{t}{t'} + 1$

☐ Poço bombeado ☐ Rebaixamento

☒ Piezometro A.2 ☐ Recuperação

Método : ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO A.2

ELAB. HÉLIO MACEDO

DATA : 24-10-83

FIG. XII.6a

ANEXO IV - TABELAS E GRÁFICOS DO ENSAIO DE BOMBEAMENTO NA UNIDADE AQUÍFERA INTERMEDIÁRIA

TESTE DE BOMBEAMENTO
UNIDADE AQUÍFERA INTERMEDIÁRIA

PROJETO: Fazendinha

FORMAÇÃO: Alter do Chão

POÇO BOMBEADO: P.B.-2ªEtapa MUNICÍPIO: Nova Olinda INÍCIO: 07.11.83 HORA: 10h 20'

PIEZÔMETROS: B.1; B.2 LOCALIDADE: Fazendinha CONCLUSAO: 11.11.83 HORA: 10h 20'

DISTÂNCIAS POÇO BOMBEADO — PIEZOMETROS

B.1: 10,04m

B.2: 29,92m

COORDENADAS POÇO BOMBEADO

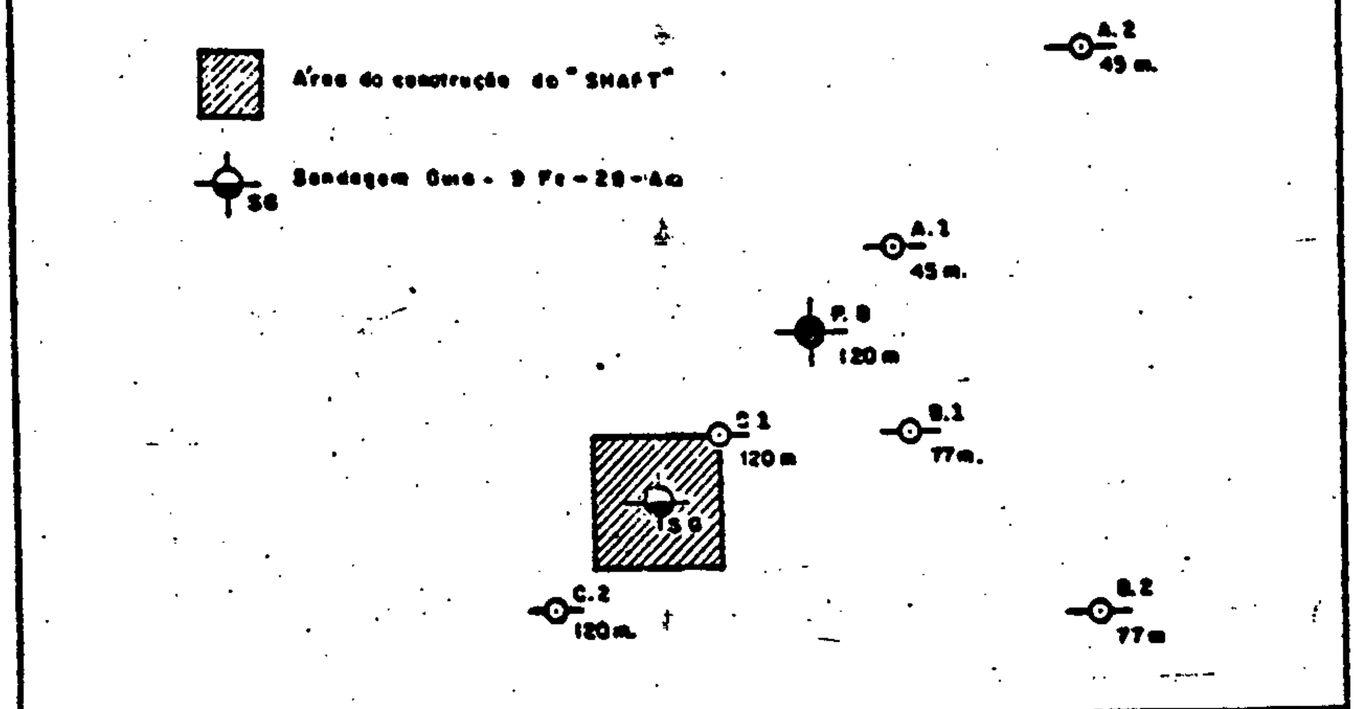
X: 9.594.487,5

Y: 283.512,5

Z: 49,650m

OBSERVAÇÃO:

CROQUIS DE SITUAÇÃO



EQUIPAMENTO UTILIZADO

BOMBEAMENTO	MEDIÇÃO DA VAZÃO	MEDIÇÃO DE NÍVEL D'ÁGUA
Bomba submersa Darka - 3"	Tubo de Pitot Descarga: 1 1/2" Orifício: 3/4"	Medidor elétrico Altronic

VALORES MÉDIOS OBTIDOS

		TRANSMISSIBILIDADE (m²/s)	ARMAZENAMENTO	PERMEABILIDADE (m/s)
JACOB	RECUPERAÇÃO	$3,11.10^{-5}$ $3,24.10^{-5}$ $3,36.10^{-5}$		
	REBAIXAMENTO	$2,99.10^{-5}$ $3,13.10^{-5}$	$6,64.10^{-5}$ $9,25.10^{-5}$	
Papad./ Cooper		$2,41.10^{-5}$	$6,5.10^{-5}$	
MÉDIA		3.10^{-5}	$7,4.10^{-5}$	$7,5.10^{-6}$

TABELAS: IV.1, IV.2, IV.3, IV.4, IV.5, IV.6

GRÁFICOS: IV.1a, IV.2a, IV.3a, IV.4a, IV.5a, IV.6a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: IV.1

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☒ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 3m3/h INÍCIO 07.11.83 HORA 10.20'

☐ PIEZOMETRO (S) NE 9,01m CONCLUSÃO 11.11.83 HORA 10.20'

☐ r_1= ND 52,18m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão $Q_{(c^3m)}^{h}$	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
-	-	-	-	-				Hto = 10,010m (Distan-
1	11,051	1,041	104,1	0,8333				cia do Referencial de
1,5	11,341	1,331	104,1	0,8333				Medida ao Nível Estático
2	11,672	1,662	104,1	0,8333				
2,5	12,141	2,131	104,1	0,8333				
4	12,970	2,960	104,1	0,8333				AR = 1,00m (Altura do
6	14,255	4,245	104,1	0,8333				Referencial de Medida)
7	14,914	4,904	104,1	0,8333				
8	15,510	5,500	104,1	0,8333				
9	16,125	6,115	104,1	0,8333				NE = Hto - AR = 9,01m
10	16,710	6,700	104,1	0,8333				
12	18,128	8,118	104,1	0,8333				
14	18,942	8,932	104,1	0,8333				Tubo de Pitot(VAZÃO)
16	19,960	9,950	104,1	0,8333				
18	20,949	10,939	104,1	0,8333				
20	21,878	11,868	104,1	0,8333				
25	24,075	14,065	104,1	0,8333				D = $1^{1/2}$" K = 0,647
30	25,964	15,954	104,1	0,8333				
35	27,727	17,717	104,1	0,8333				
40	29,275	19,265	104,1	0,8333				d = 3/4" d/D = 0,500
50	31,968	21,958	104,1	0,8333				
60	34,230	24,220	104,1	0,8333				
70	36,152	26,142	104,1	0,8333				$A^2 = 8,12 \cdot 10^{-8}$
80	37,766	27,756	104,1	0,8333				
90	39,120	29,110	104,1	0,8333				$h = \frac{Q^2}{4,43^2 \cdot A^2 K^2}$
100	40,219	30,209	104,1	0,8333				
120	42,087	32,077	104,1	0,8333				
140	43,410	33,400	104,1	0,8333				
160	44,468	34,458	104,1	0,8333				h = 1,041m
180	45,180	35,170	104,1	0,8333				
200	45,819	35,809	104,1	0,8333				BOMBA SUBMERSA
250	46,883	36,873	104,1	0,8333				
300	47,607	37,597	104,1	0,8333				Marca: DARKA (220v-3HP)
350	48,116	38,106	104,1	0,8333				Diametro: 3"
400	48,636	38,626	104,1	0,8333				Prof.Instalação: 65,00m
500	49,196	39,186	104,1	0,8333				
600	49,671	39,661	104,1	0,8333				
700	49,993	39,983	104,1	0,8333				
800	49,679	39,687	104,1	0,8333				
900	50,527	40,517	104,1	0,8333				
1000	50,891	40,881	104,1	0,8333				
1200	51,254	41,244	104,1	0,8333				
1400	51,510	41,500	104,1	0,8333				Queda de tensão do gera-
1600	51,759	41,749	104,1	0,8333				dor aos 800'
1800	52,012	42,002	104,1	0,8333				
2000	52,218	42,208	104,1	0,8333				
2400	52,728	42,718	104,1	0,8333				
2880	53,180	43,170	104,1	0,8333				

CURVA PADRÃO DE THEIS

$\alpha = 10^{-4}$

$\alpha = 6{,}5.10^{-5}$

$\alpha = 10^{-5}$

s (m)

t (min)

$T = \frac{Q}{4\pi\Delta} \cdot F(u,\alpha)$

$Q = 0{,}833.10^{-3}\ m^3/s$

$T = 2{,}41.10^{-5}\ m^2/s$

$S = \frac{r_f^2}{r_p^2} \cdot \alpha$

$r_p = r_f$

$S = 6{,}5.10^{-5}$

$F(r,\alpha) = 2$

$\frac{1}{r} = 2.10^6$

$\Delta = 5{,}50\ m$

$t = 320\ min.$

$\alpha = 6{,}5.10^{-5}$

☒ Poço bombeado ☒ Rebaixamento

☐ Piezometro ☐ Recuperação

Método : Papadópulos - Cooper ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO

POÇO DE BOMBEAMENTO

ELAB HELIO MACEDO

DATA 07-11-83

FIG XX 30

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: IV.2

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

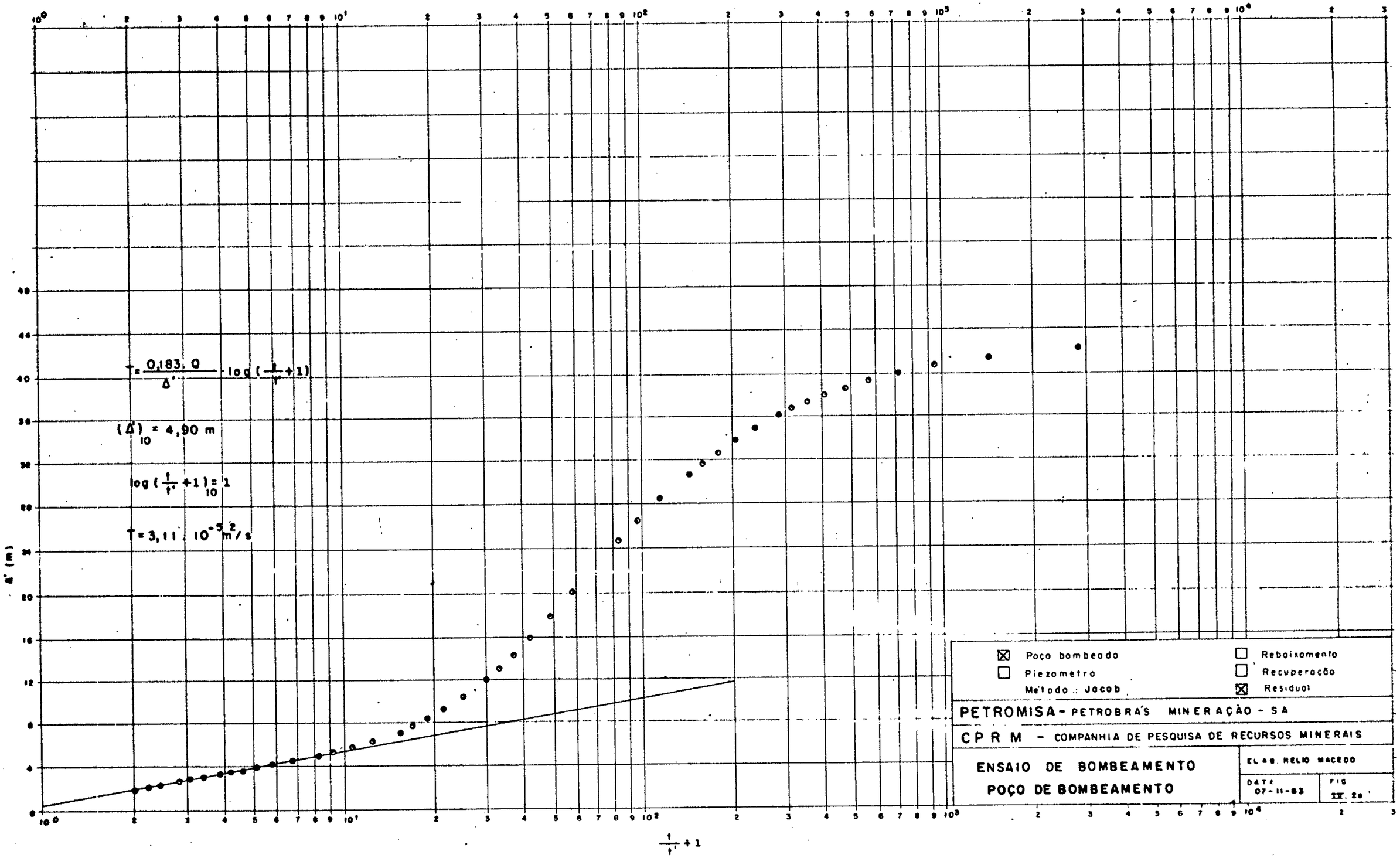
☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 3m3/h INÍCIO 07.11.83 HORA 10.20'

☐ PIEZOMETRO (S) _____ NE 9,01m CONCLUSÃO 11.11.83 HORA 10.20'

☐ r_1 = _____ ND 52,18m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2 = _____ TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1					2881,0		42,295	H_{to} = 10,01m
2					1441,0		41,560	
3					961,0		40,799	
4					721,0		40,097	A.R = 1,00m
5					577,0		39,417	
6					481,0		38,746	NE = H_{to} = A.R
7					412,4		38,074	
8					361,0		37,435	
9					321,0		36,823	NE = 9,01m
10					289,0		36,219	
12					241,0		35,042	
14					206,7		33,917	
16					181,0		32,847	
18					161,0		31,809	
20					145,0		30,811	
25					116,2		28,526	
30					97,0		26,475	
35					83,2		24,740	
40					73,0		22,991	
50					58,6		20,170	
60					49,0		17,844	
70					42,1		15,934	
80					37,0		14,386	
90					33,0		13,100	
100					29,8		12,022	
120					25,0		10,366	
140					21,5		9,180	
160					19,0		8,293	
180					17,0		7,620	
200					15,4		7,115	
250					12,5		6,240	
300					10,6		5,673	
350					9,22		5,270	
400					8,20		4,954	
500					6,76		4,477	
600					5,80		4,152	
700					5,11		3,873	
800					4,60		3,663	
900					4,20		3,476	
1000					3,88		3,347	
1200					3,40		3,098	
1400					3,05		2,854	
1600					2,80		2,664	
1800					2,60		2,518	
2000					2,44		2,374	
2400					2,20		2,124	
2880					2,00		1,878	


$T = \frac{0,183 \cdot Q}{\Delta'} \cdot \log\left(\frac{t}{t'}+1\right)$
$(\Delta)_{10} = 4,90\ m$
$\log\left(\frac{t}{t'}+1\right)_{10} = 1$
$T = 3,11 \cdot 10^{-5}\ m^2/s$
Δ' (m)
$\frac{t}{t'}+1$
Poço bombeado
Piezometro
Método : Jacob
Reboixamento
Recuperação
Residual
PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - S A
C P R M - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
ENSAIO DE BOMBEAMENTO
POÇO DE BOMBEAMENTO
EL AB. HELIO MACEDO
DATA 07-11-83
FIG XX. 26

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA IV.3

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 3m3/h INÍCIO 07.11.83 HORA 10.20'

☐ PIEZOMETRO (S) B1 NE 8,989m CONCLUSÃO 11.11.83 HORA 10.20'

☐ r_1= 10,04m NO 25,457m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1	9,350	0,008						Hto= 9,342m
2	9,360	0,018						
3	9,385	0,043						AR = 0,353m
4	9,429	0,087						
5	9,491	0,149						
6	9,554	0,212						NE = Hto - A.R.
7	9,640	0,298						
8	9,719	0,377						
9	9,820	0,478						NE = 8,989m
10	9,914	0,572						
12	10,134	0,792						
14	10,422	1,080						
16	10,567	1,225						
18	10,798	1,456						
20	11,032	1,690						
25	11,592	2,250						
30	12,110	2,768						
35	12,626	3,284						
40	13,005	3,753						
50	13,942	4,600						
60	14,682	5,340						
70	15,321	5,979						
80	15,892	6,550						
90	16,395	7,053						
100	16,842	7,500						
120	17,597	8,2550						
140	18,197	8,8550						
160	18,704	9,3620						
180	19,112	9,770						
200	19,462	10,120						
250	20,132	10,790						
300	20,632	11,290						
350	21,016	11,674						
400	21,350	12,008						
500	21,858	12,516						
600	22,232	12,890						
700	22,556	13,214						
800	22,696	13,354						
900	23,062	13,720						
1000	23,317	13,975						
1200	23,731	14,389						
1400	24,054	14,712						
1600	24,315	14,973						
1800	24,585	15,243						
2000	24,842	15,500						
2400	25,335	15,993						
2880	25,810	16,468						

$$T = \frac{0{,}183 \cdot Q}{\Delta} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$Q = 0{,}833 \cdot 10^{-3}\ m^2/s$

$T = 2{,}99 \cdot 10^{-5}\ m^2/s$

$$S = \frac{2{,}25\, T \cdot t_0}{R^2}$$

$t_0 = 1{,}66$ min.

$R = 10{,}04$ m

$S = 6{,}64 \cdot 10^{-5}$

Δ (m)

t (min)

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro - B.1
- Método : Jacob
- ☒ Reboisamento
- ☐ Recuperação
- ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO - B.1

ELAB. HELIO MACEDO

DATA : 07-11-83

FIG. XX.3a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA IV.4

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 3m3/h INÍCIO 09.11.83 HORA 10.20'

☐ PIEZOMETRO (S) B1 NE 8,989m CONCLUSÃO 11.11.83 HORA 10.20'

☐ r_1 = 10,04m ND 25,457m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2 = TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão (cm/h)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1					2881,0		16,557	Hto = 9,342m
2					1441,0		16,515	
3					961,0		16,493	
4					721,0		16,489	A.R. = 0,353m
5					577,0		16,450	
6					481,0		16,396	
7					412,4		16,328	NE = Hto - A.R.
8					361,0		16,256	
9					321,0		16,175	
10					289,0		16,126	NE = 8,989
12					241,0		15,942	
14					206,7		15,742	
16					181,0		15,522	
18					161,0		15,288	
20					145,0		15,079	
25					116,2		14,561	
30					97,0		14,033	
35					83,2		13,552	
40					73,0		13,096	
50					58,6		12,076	
60					49,0		11,371	
70					42,1		10,681	
80					37,0		10,080	
90					33,0		9,549	
100					29,8		9,086	
120					25,0		8,290	
140					21,5		7,681	
160					19,0		7,204	
180					17,0		6,804	
200					15,4		6,465	
250					12,5		5,870	
300					10,6		5,420	
350					9,22		5,059	
400					8,20		4,804	
500					6,76		4,382	
600					5,80		4,072	
700					5,11		3,826	
800					4,60		3,626	
900					4,20		3,464	
1000					3,88		3,290	
1200					3,40		3,042	
1400					3,05		2,831	
1600					2,80		2,646	
1800					2,60		2,485	
2000					2,44		2,342	
2400					2,20		2,090	
2880					2,00		1,854	

$$T = \frac{0{,}183\ Q}{\Delta'} \cdot \log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)$$

$(\Delta')_{10} = 4{,}70\ m$

$\log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)_{10} = 1$

$T = 3{,}24 \cdot 10^{-5}\ m^2/s$

Δ' (m)

$\frac{t}{t'} + 1$

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro - B.1
- Método : Jacob
- ☐ Reboisamento
- ☐ Recuperação
- ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO - B.1

ELAB. HELIO MACEDO

DATA : 07-11-83

FIG. IX.4a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: IV.5

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 3m3/h INÍCIO 07.11.83 HORA 10.20'

☐ PIEZOMETRO (S) B2 NE 8,60m CONCLUSÃO 11.11.83 HORA 10.20'

☐ r_1= 29,92m ND 19,467m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1	9,030	-						
2	9,030	-						
3	9,030	-						H_{to} = 9,030m
4	9,033	0,003						
5	9,040	0,010						
6	9,054	0,024						A.R. = 0,430m
7	9,068	0,038						
8	9,079	0,049						NE = H_{to} - A.R.
9	9,094	0,064						
10	9,113	0,083						
12	9,160	0,130						NE = 8,60m
14	9,211	0,181						
16	9,270	0,240						
18	9,336	0,306						
20	9,405	0,375						
25	9,588	0,558						
30	9,780	0,750						
35	9,974	0,944						
40	10,169	1,139						
50	10,548	1,518						
60	10,900	1,870						
70	11,234	2,204						
80	11,535	2,505						
90	11,818	2,788						
100	12,080	3,050						
120	12,548	3,518						
140	12,948	3,918						
160	13,290	4,260						
180	13,590	4,560						
200	13,854	4,824						
250	14,394	5,364						
300	14,813	5,783						
350	15,146	6,116						
400	15,438	6,408						
500	15,898	6,868						
600	16,257	7,227						
700	16,578	7,5480						
800	16,782	7,752						
900	17,045	8,015						
1000	17,299	8,269						
1200	17,705	8,675						
1400	18,028	8,998						
1600	18,335	9,305						
1800	18,593	9,563						
2000	18,849	9,819						
2400	19,363	10,333						
2880	19,897	10,867						

$$T = \frac{0{,}183.\,Q}{\Delta} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$(\Delta)_{10} = 4{,}87\ m$

$Q = 0{,}833.\,10^{-3}\ m^3/s$

$T = 3{,}13.\,10^{-5}\ m^2/s$

$S = \frac{2{,}25.\,T.\,t_0}{R^2}$

$t_0 = 19{,}6\ min$

$R = 29{,}92\ m$

$S = 9{,}25.\,10^{-5}$

s (m)

t (min)

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro - B.2
- Método : Jacob
- ☒ Rebaixamento
- ☐ Recuperação
- ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO

PIEZOMETRO - B.2

ELAB HELIO MACEDO

DATA : 07-11-83

FIG. XX.8a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA IV.6

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 3m3/h INÍCIO 09.11.83 HORA 10.20'

☐ PIEZOMETRO (S) B2 NE 8,60m CONCLUSÃO 11.11.83 HORA 10.20'

☐ r_1= 29,92m ND 19,467m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão Q^h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1					2881,0		10,867	
2					1441,0		10,868	H_{to} = 9,030 m
3					961,0		10,867	
4					721,0		10,863	
5					577,0		10,859	A.R. = 0,430m
6					481,0		10,854	
7					412,4		10,848	
8					361,0		10,834	NE = H_{to} - A.R.
9					321,0		10,823	
10					289,0		10,810	
12					241,0		10,774	NE = 8,60m
14					206,7		10,732	
16					181,0		10,684	
18					161,0		10,630	
20					145,0		10,572	
25					116,2		10,404	
30					97,0		10,234	
35					83,2		10,036	
40					73,0		9,871	
50					58,6		9,479	
60					49,0		9,154	
70					42,1		8,818	
80					37,0		8,530	
90					33,0		8,217	
100					29,8		7,951	
120					25,0		7,480	
140					21,5		7,078	
160					19,0		6,740	
180					17,0		6,4481	
200					15,4		6,187	
250					12,5		5,670	
300					10,6		5,311	
350					9,22		4,980	
400					8,20		4,760	
500					6,76		4,372	
600					5,80		4,058	
700					5,11		3,843	
800					4,60		3,644	
900					4,20		3,450	
1000					3,88		3,320	
1200					3,40		3,064	
1400					3,05		2,866	
1600					2,80		2,684	
1800					2,60		2,527	
2000					2,44		2,386	
2400					2,20		2,134	
2880					2,00		1,891	

$$T = \frac{0{,}183\ Q}{\Delta'} \cdot \log\left(\frac{t}{r} + 1\right)$$

$(\Delta')_{10} = 4{,}53\ m$

$\log\left(\frac{t}{r} + 1\right)_{10} = 1$

$T = 3{,}36 \cdot 10^{-5}\ m^2/s$

Δ' (m)

$\frac{t}{r} + 1$

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro - B. 2
- Método : Jacob
- ☐ Reboisamento
- ☐ Recuperação
- ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO - B. 2

EL A.B. HELIO MACEDO

DATA : 07-11-83

FIG. IX.6a

ANEXO V - TABELAS E GRÁFICOS DO ENSAIO DE BOMBEAMENTO NA UNIDADE AQUÍFERA INFERIOR

TESTE DE BOMBEAMENTO

UNIDADE AQUÍFERA INFERIOR

PROJETO: Fazendinha

FORMAÇÃO: Alter do Chão

POÇO BOMBEADO: P.B.-3ªEtapa MUNICÍPIO: Nova Olinda INÍCIO: 17.11.83 HORA: 8h

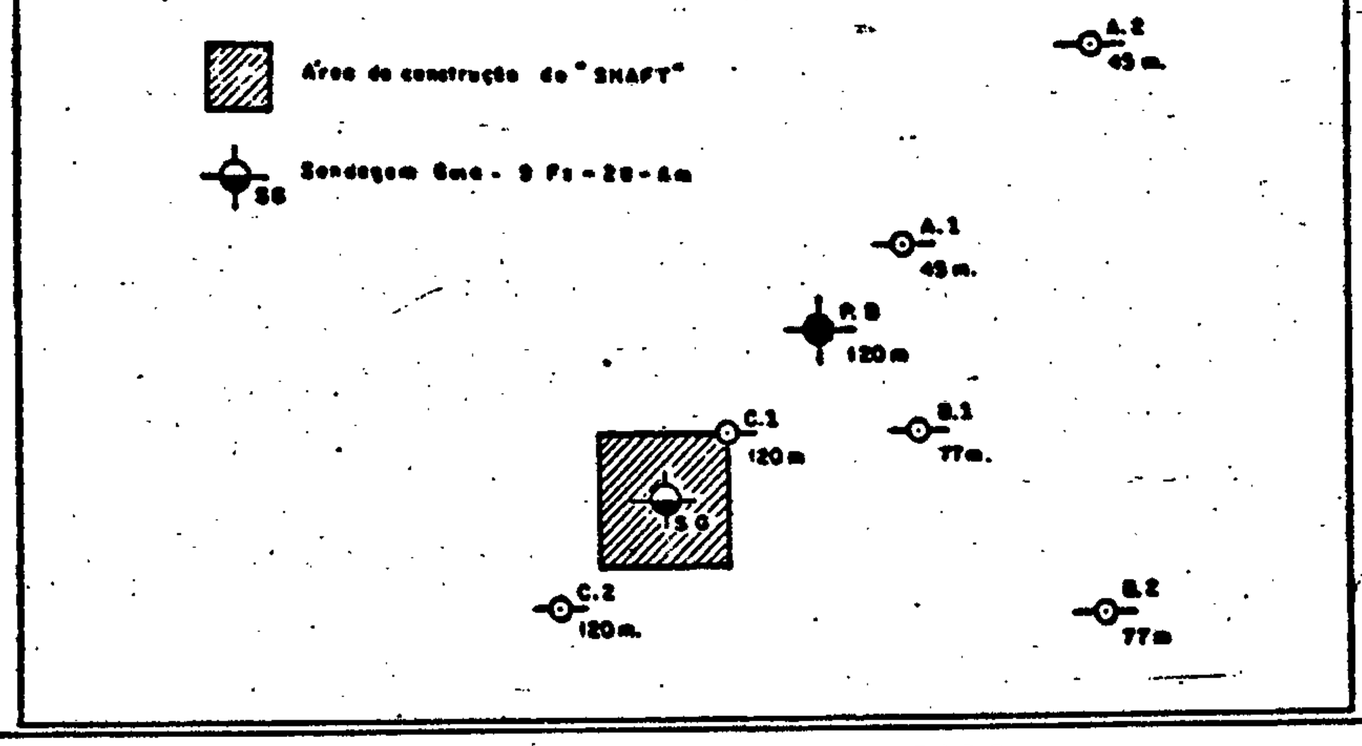
PIEZÔMETROS C.1; C.2 LOCALIDADE: Fazendinha CONCLUSÃO: 21.11.83 HORA: 8h

DISTÂNCIAS POÇO BOMBEADO — PIEZOMETROS
- C.1: 10,19m
- C.2: 28,72m

COORDENADAS POÇO BOMBEADO
- X: 9.594.487,5
- Y: 283.512,5
- Z: 49,650m

OBSERVAÇÃO:

CROQUIS DE SITUAÇÃO



EQUIPAMENTO UTILIZADO		
BOMBEAMENTO	MEDIÇÃO DA VAZÃO	MEDIÇÃO DE NÍVEL D'ÁGUA
Bomba submersa Haupt-Pleuger Q63-6 + V6-57	Tubo de Pitot Descarga: 5" Orifício: 3"	Medidor elétrico Altronic

VALORES MEDIOS OBTIDOS			
	TRANSMISSIBILIDADE (m²/s)	ARMAZENAMENTO	PERMEABILIDADE (m/s)
JACOB RECUPERAÇÃO	$1,15.10^{-3}$ $1,13.10^{-3}$ $1,18.10^{-3}$		
JACOB REBAIXAMENTO	$1,14.10^{-3}$ $1,16.10^{-3}$ $1,22.10^{-3}$	$1,25.10^{-4}$ $1,04.10^{-4}$	
MÉDIA	$1,16.10^{-3}$	$1,14.10^{-4}$	$3,86.10^{-5}$

TABELAS: V.1, V.2; V.3, V.4, V.5, V.6

GRÁFICOS: V.1a, V.2a, V.3a, V.4a, V.5a, V.6a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: V.1

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. — Qm 40m3/h — INÍCIO 17.11.83 — HORA 8.00'

☐ PIEZOMETRO (S) — — NE 9,415mm — CONCLUSÃO 21.11.83 — HORA 8.00'

☐ r_1° — ND 23,032m — TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2° — TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão h (cm)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$		OBSERVAÇÕES
1	17,854	7,334	66,2	11,11				Hto = 10,52m (Distancia
2	18,436	7,9160	66,2	11,11				do Referencial de Medida
3	18,833	8,313	66,2	11,11				ao Nível Estático)
4	19,094	8,574	66,2	11,11				
5	19,290	8,770	66,2	11,11				A.R. 1,105m (Altura do
6	19,426	8,906	66,2	11,11				Referencial de Medida)
7	19,553	9,033	66,2	11,11				
8	19,638	9,118	66,2	11,11				NE = Hto - AR
9	19,786	9,266	66,2	11,11				NE = 9,415m
10	19,851	9,331	66,2	11,11				
12	19,944	9,424	66,2	11,11				Tubo de Pitot (VAZÃO)
14	20,048	9,528	66,2	11,11				
16	20,163	9,643	66,2	11,11				D = 5"
18	20,254	9,734	66,2	11,11				d = 3"
20	20,340	9,820	66,2	11,11				
25	20,600	10,080	66,2	11,11				K = 0,676
30	20,660	10,140	66,2	11,11				
35	20,773	10,253	66,2	11,11				$A^2 = 2,0797 \cdot 10^{-5}\ m^2$
40	20,853	10,333	66,2	11,11				
50	21,024	10,504	66,2	11,11				$Q = 40m^3/h$
60	21,183	10,663	66,2	11,11				
70	21,354	10,834	66,2	11,11				
80	21,513	10,993	66,2	11,11				
90	21,561	11,041	66,2	11,11				$h = \frac{Q^2}{4,43^2 . K^2 . A^2} = 0,662m$
100	21,693	11,173	66,2	11,11				
120	21,815	11,295	66,2	11,11				
140	21,911	11,391	66,2	11,11				
160	21,995	11,475	66,2	11,11				
180	22,073	11,553	66,2	11,11				h = 0,662m
200	22,144	11,624	66,2	11,11				
250	22,290	11,770	66,2	11,11				BOMBA SUBMERSA
300	22,449	11,929	66,2	11,11				
360	22,583	12,063	66,2	11,11				Prof: 55m
400	22,698	12,178	66,2	11,11				Marca: HAUPT PLEUGER
500	22,827	12,307	66,2	11,11				Modelo: Q63-6+V6-57
600	22,925	12,405	66,2	11,11				6 estagios
700	23,059	12,539	66,2	11,11				
800	23,215	12,695	66,2	11,11				
900	23,281	12,761	66,2	11,11				
1000	23,349	12,829	66,2	11,11				
1200	23,478	12,958	66,2	11,11				
1400	23,613	13,093	66,2	11,11				
1600	23,719	13,199	66,2	11,11				
1800	23,798	13,278	66,2	11,11				
2000	23,874	13,354	66,2	11,11				
2400	24,007	13,487	66,2	11,11				
2880	24,137	13,617	66,2	11,11				

$$T = \frac{0{,}183 \cdot Q}{\Delta} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$(\Delta)_{10} = 1{,}77\ m$

$\left(\log \frac{t_2}{t_1}\right)_{10} = 1$

$Q = 11{,}11 \cdot 10^{-3}\ m^3/s$

$T = 1{,}14 \cdot 10^{-3}\ m^2/s$

Δ (m)

t (min)

☒ Poço bombeado ☒ Rebaixamento
☐ Piezometro ☐ Recuperação
Método : Jacob ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
POÇO DE BOMBEAMENTO

EL AB. HELIO MACEDO

DATA : 17-11-83

FIG. V 2a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: V.2

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 40m³/h INÍCIO 17.11.83 HORA 8.00'

☐ PIEZOMETRO (S) _____ NE 9,415m CONCLUSÃO 21,11,83 HORA 8.00'

☐ r_1= _____ ND 23,032m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= _____ TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão (c/h m)	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1					2881,0		6,130	Hto = 10,52m
2					1441,0		5,494	
3					961,0		5,152	A.R. = 1,105m
4					721,0		4,897	
5					577,0		4,705	NE = Hto - AR
6					481,0		4,555	
7					412,4		4,414	
8					361,0		4,308	NE = 9,415m
9					321,0		4,225	
10					289,0		4,139	
12					241,0		3,988	
14					206,7		3,872	
16					181,0		3,768	
18					161,0		3,676	
20					145,0		3,608	
25					116,2		3,424	
30					97,0		3,293	
35					83,2		3,168	
40					73,0		3,076	
50					58,6		2,910	
60					49,0		2,768	
70					42,1		2,654	
80					37,0		2,567	
90					33,0		2,474	
100					29,8		2,395	
120					25,0		2,268	
140					21,5		2,152	
160					19,0		2,052	
180					17,0		1,969	
200					15,4		1,888	
250					12,5		1,726	
300					10,6		1,592	
350					9,22		1,481	
400					8,20		1,376	
500					6,76		1,226	
600					5,80		1,106	
700					5,11		1,020	
800					4,60		0,950	
900					4,20		0,884	
1000					3,88		0,834	
1200					3,40		0,732	
1400					3,05		0,652	
1600					2,80		0,607	
1800					2,60		0,542	
22000					2,44		0,484	
2400					2,20		0,434	
2880					2,00		0,375	

$$T = \frac{0{,}183.\,Q}{\Delta'} \log\left(\frac{t}{t'}+1\right)$$

$(\Delta')_{10} = 1{,}76\ m$

$\log\left(\frac{t}{t'}+1\right)_{10}$

$Q = 11{,}11.10^{-3}\ m^3/s$

$T = 1{,}15.10^{-3}\ m^2/s$

Δ' (m)

$\frac{t}{t'}+1$

☒ Poço bombeado ☐ Rebaixamento
☐ Piezometro ☐ Recuperação
Método : Jacob ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - S A

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
POÇO DE BOMBEAMENTO

ELAB. HELIO MACEDO

DATA : 17-11-83

FIG. X.2a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA V.3

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B — Qm $40m^3/h$ — INÍCIO 17.16.83 — HORA 8.00'

☐ PIEZOMETRO (S) C1 — NE 9,416m — CONCLUSÃO 21.11.83 — HORA 8.00'

☐ r_1= 10,19m — ND 17,266m — TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= — TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão $(c^h m)$	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1	11,681	1,731						Hto = 9,95m
2	12,260	2,310						
3	12,614	2,664						
4	12,862	2,912						A.R. = 0,534m
5	13,056	3,106						
6	13,205	3,255						
7	13,332	3,382						NE = Hto - A.R. = 9,416m
8	13,438	3,488						
9	13,537	3,587						
10	13,616	3,666						
12	13,753	3,803						
14	13,870	3,92						
16	13,975	4,025						
18	14,066	4,116						
20	14,151	4,201						
25	14,322	4,372						
30	14,457	4,507						
35	14,572	4,622						
40	14,676	4,726						
50	14,835	4,885						
60	14,985	5,035						
70	15,127	5,177						
80	15,226	5,276						
90	15,305	5,355						
100	15,400	5,450						
120	15,548	5,598						
140	15,630	5,680						
160	15,725	5,775						
180	15,804	5,854						
200	15,874	5,924						
250	16,033	6,083						
300	16,171	6,221						
350	16,310	6,360						
400	16,376	6,426						
500	16,550	6,600						
600	16,637	6,687						
700	16,791	6,841						
800	16,929	6,979						
900	16,990	7,040						
1000	17,062	7,112						
1200	17,169	7,219						
1400	17,285	7,335						
1600	17,405	7,455						
1800	17,466	7,516						
2000	17,531	7,581						
2400	17,681	7,731						
2880	17,800	7,850						

$$T = \frac{0{,}183.Q}{\Delta} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$(\Delta)_{10} = 1{,}74$ m

$Q = 11{,}111.10^{-3}\ m^3/s$

$T = 1{,}16.10^{-3}\ m^2/s$

$S = \frac{2{,}25.T.t_0}{r^2}$

$t_0 = 8{,}3.10^{-2}$ min

$R = 10{,}19$ m

$S = 1{,}25.10^{-4}$

s (m)

t (min)

☐ Poço bombeado ☒ Rebaixamento

☒ Piezometro - C.1 ☐ Recuperação

Método : Jacob ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO - C.1

EL AB. HELIO MACEDO

DATA : 17 - 11 - 83

FIG. V.3a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA V.4

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 40m³/h INÍCIO 17.11.83 HORA 8.00'

☐ PIEZOMETRO (S) C1 NE 9,416m CONCLUSÃO 21.11.83 HORA 8.40'

☐ r_1= 10,19m ND 17,226m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão $\frac{h}{cm}$	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1					2881,0		6,102	Hto = 9,95m
2					1441,0		5,495	
3					961,0		5,148	
4					721,0		4,894	A.R. = 0,534m
5					577,0		4,703	
6					481,0		4,552	
7					412,4		4,426	NE = Hto - A.R.
8					361,0		4,315	
9					321,0		4,221	
10					289,0		4,136	NE = 9,416m
12					241,0		4,00	
14					206,7		3,87	
16					181,0		3,766	
18					161,0		3,678	
20					145,0		3,595	
25					116,2		3,424	
30					97,0		3,29	
35					83,2		3,172	
40					73,0		3,073	
50					58,6		2,903	
60					49,0		2,770	
70					42,1		2,654	
80					37,0		2,557	
90					33,0		2,469	
100					29,8		2,390	
120					25,0		2,251	
140					21,5		2,147	
160					19,0		2,049	
180					17,0		1,962	
200					15,4		1,882	
250					12,5		1,720	
300					10,6		1,587	
350					9,22		1,470	
400					8,20		1,376	
500					6,76		1,226	
600					5,80		1,102	
700					5,11		1,012	
800					4,60		0,940	
900					4,20		0,878	
1000					3,88		0,826	
1200					3,40		0,723	
1400					3,05		0,653	
1600					2,80		0,598	
1800					2,60		0,553	
2000					2,44		0,497	
2400					2,20		0,447	
2880					2,00		0,371	

$$T = \frac{0{,}183 \cdot Q}{\Delta'} \log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)$$

$(\Delta')_{10} = 1{,}80\ m$

$\log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)_{10} = 1$

$T = 1{,}13 \cdot 10^{-3}\ m^2/s$

$\Delta'(m)$

$\frac{t}{t'} + 1$

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro - C.1
- Método : Jacob
- ☐ Reboixamento
- ☐ Recuperação
- ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - S.A

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO - C. 1

ELAB. HELIO MACEDO

DATA : 17-11-83

FIG. 4a

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: V.5

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☐ RESIDUAL (Δ') ☒ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm $40m^3/h$ INÍCIO 17.11.83 HORA 8.00'

☐ PIEZOMETRO (S) C2 NE 9,406m CONCLUSÃO 21.11.83 HORA 8.00'

☐ r_1= 28,72m ND 15,549m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2= TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão $Q_{(cm)}^{h}$	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
- 1	10,280	0,594						Hto = 9,686m
2	10,642	0,956						
3	10,920	1,234						A.R. = 0,280m
4	11,118	1,432						
5	11,313	1,627						NE = Hto - A.R.
6	11,419	1,733						
7	11,532	1,846						NE = 9,406m
8	11,626	1,940						
9	11,711	2,025						
10	11,796	2,110						
12	11,921	2,235						
14	12,026	2,340						
16	12,129	2,443						
18	12,215	2,529						
20	12,294	2,608						
25	12,459	2,773						
30	12,586	2,900						
35	12,702	3,016						
40	12,799	3,113						
50	12,959	3,273						
60	13,096	3,410						
70	13,223	3,537						
80	13,326	3,640						
90	13,405	3,719						
100	13,488	3,802						
120	13,616	3,930						
140	13,728	4,042						
160	13,826	4,140						
180	13,912	4,226						
200	13,977	4,291						
250	14,136	4,450						
300	14,271	4,585						
350	14,393	4,707						
400	14,474	4,788						
500	14,641	4,955						
600	14,717	5,031						
700	14,864	5,178						
800	14,986	5,300						
900	15,056	5,370						
1000	15,126	5,440						
1200	15,233	5,547						
1400	15,330	5,644						
1600	15,430	5,744						
1800	15,508	5,822						
2000	15,565	5,879						
2400	15,709	6,023						
2880	15,829	6,143						

$$T = \frac{0{,}183 \cdot Q}{\Delta} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$(\Delta)_{10} = 1{,}66$ m

$Q = 11{,}111 \cdot 10^{-3}\ m^3/s$

$T = 1{,}22 \cdot 10^{-3}\ m^2/s$

$$S = \frac{2{,}26 \cdot T \cdot t_0}{r^2}$$

$t_0 = 5{,}2 \cdot 10^{-1}$ min

$R = 28{,}72$ m

$S = 1{,}04 \cdot 10^{-4}$

Δ (m)

t (min)

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro - C.2
- Método : Jacob
- ☒ Rebaixamento
- ☐ Recuperação
- ☐ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - S.A

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO

PIEZOMETRO - C.2

ELAB HELIO MACEDO

DATA : 17 - 11 - 83

FIG. N° 60

TESTE DE BOMBEAMENTO

TABELA: V.6

☐ RECUPERAÇÃO (R) ☒ RESIDUAL (Δ') ☐ REBAIXAMENTO (Δ)

☐ POÇO BOMBEADO P.B. Qm 40m³/h INÍCIO 17.11.83 HORA 8.40'

☐ PIEZOMETRO (S) C2 NE 9,406m CONCLUSÃO 21.11.83 HORA 8.40'

☐ r_1 = 28,72m NO 15,549m TEMPO DE BOMBEAMENTO (t) 2880'

☐ r_2 = TEMPO DE RECUPERAÇÃO (t') 2880'

t (t') (min)	Ht (t') (m)	Δ (R) (m)	Vazão $Q_{(c/m)}^{h}$	Vazão Q L/seg	$\frac{t}{t'}+1$	$\frac{t}{r^2}$	Δ' (m)	OBSERVAÇÕES
1					2881,0		5,601	
2					1441,0		5,188	
3					961,0		4,898	H_{to} = 9,686m
4					721,0		4,696	
5					577,0		4,53	
6					481,0		4,397	A.R. = 0,280m
7					412;4		4,282	
8					361,0		4,180	NE = H_{to} - A.R.
9					321,0		4,096	
10					289,0		4,017	
12					241,0		3,885	NE = 9,686m
14					206,7		3,772	
16					181,0		3,673	
18					161,0		3,588	
20					145,0		3,511	
25					116,2		3,348	
30					97,0		3,214	
35					83,2		3,104	
40					73,0		3,006	
50					58,6		2,844	
60					49,0		2,712	
70					42,1		2,600	
80					37,0		2,501	
90					33,0		2,419	
100					29,8		2,344	
120					25,0		2,214	
140					21,5		2,103	
160					19,0		2,008	
180					17,0		1,923	
200					15,4		1,848	
250					12,5		1,688	
300					10,6		1,557	
350					9,22		1,452	
400					8,20		1,356	
500					6,76		1,206	
600					5,80		1,087	
700					5,11		0,997	
800					4,60		0,925	
900					4,20		0,868	
1000					3,88		0,810	
1200					3,40		0,710	
1400					3,05		0,640	
1600					2,80		0,594	
1800					2,60		0,531	
2000					2,44		0,480	
2400					2,20		0,428	
2880					2,00		0,365	

$T = \frac{0,183.Q}{\Delta'} \cdot \log\left(\frac{t}{t'} + 1\right)$

$\log\left(\frac{t}{t'} + 1\right) = 1$

$(\Delta')_{10} = 1,72\ m$

$T = 1,18.10^{-3}\ m^2/s$

$T = \frac{0,183.Q}{\Delta'}$

$\Delta' = 1,72\ m$

$Q = 11,111.10^{-3}\ m^3/s$

Δ' (m)

$\frac{t}{t'} + 1$

- ☐ Poço bombeado
- ☒ Piezometro - C.2
- Método :
- ☐ Rebaixamento
- ☐ Recuperação
- ☒ Residual

PETROMISA - PETROBRÁS MINERAÇÃO - SA

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ENSAIO DE BOMBEAMENTO
PIEZOMETRO - C. 2

EL 48 HÉLIO MACEDO

DATA : 17-11-83

FIG. X.64

ANEXO VI - CERTIFICADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO AMAZONAS "COSAMA"

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA — DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO

LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICO

PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA: C.P.R.M

TIPO DA AMOSTRA. Água de poço

DATA DA COLETA DA AMOSTRA: HORA:

DATA DA ENTRADA NO LABORATÓRIO: HORA:

RESPONSÁVEL PELA COLETA: O interessado

VI.1 Unidade Aquífera Superior

PADRÕES DE POTABILIDADE

PPM ou mg/l	BRASIL		Saúde Pública U. S. A.		Organização Mundial da Saúde			OMS Europeia	
	Recom.	Tolerado	Recom	Tolerado	Permitido	Excesso	Máximo	Recom.	Tolerado
Amônia	—	0,03	—	—	—	—	—	0.5	—
Alcalinidade Total	370	—	370	—	370	—	—	370	—
" Hidroxido	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" Carbonato	120	—	120	—	120	—	—	120	—
" Bicarbonato	250	—	250	—	250	—	—	250	—
Cálcio	—	—	—	—	75	200	—	—	—
Cloretos	—	250	250	—	200	600	—	350	—
Cloro Residual	0,3	1,0	0,3	1,2	0,3	1,5	2,0	0,3	1,0
Cor	10	30	15	—	—	—	50	—	—
Dureza em (Ca Co3)	100	200	—	—	—	—	—	—	—
Ferro	—	0,3	0,3	—	0,3	1,0	—	0,1	—
Fluoretos *	1,0	1,5	0,8-1,7	16,34	—	—	—	1,5	—
Magnésio **	—	—	—	—	50	150	—	125 **	—
Manganês	—	0,1	0,05	—	0,1	0,5	—	0,1	—
Nitrato	—	10	10	—	—	—	—	10	—
Nitrito	—	0,2	—	0,2	—	—	—	—	0,2
pH Mínimo	O,O Na ausencia de Alcalinidade Caustica.								
O_2 Dissolvido Mín.	—	—	—	—	—	—	—	50	—
O_2 Consumido	—	2,5	2,5	—	2,5	—	—	2,5	5,0
Odor	Ausencia de Odor Objetável.								
Sabor	Ausencia de Sabor Objetável								
Sulfatos **	—	250	250	—	200	400	—	200	—
Turbidez	5,0	10	6.0	—	25	—	—	—	—

* Varia com a Temperatura Média Anual

** Em. Presença de 250 mg/l de SO_4 o Mg não deve passar de 30.

RESULTADOS ANALÍTICOS

CARACTERISTICAS FISICAS	Cor	162,5	ppm
	Turbidez	15,5	ppm
	Odor	De Hidrocarboneto	
	Sabor	Idem	
CARACTERISTICAS QUÍMICAS	pH	5,7	
	Gás Carbônico	40,6	ppm
	Alcalinidade - Hidróxidos	0,0	ppm
	Carbonatos	0,0	ppm
	Bicarbonatos	10,0	ppm
	Dureza em têrmos de CaCo3	8,0	ppm
	Cálcio	0,8	ppm
	Magnésio	1,4	ppm
	Oxigênio Dissolvido	-	
	Oxigênio Consumido	0,4	ppm
	Fluoretos	-	
	Cloretos	1,0	ppm
	Sulfatos	-	
	Ferro	3,0	ppm
	Manganês	-	
	Nitratos	-	
	Nitritos	-	
	Amônia	Ausente	
	Alumina Residual	-	
	Cloro Residual	-	
	Gás sulfídrico	Ausente	
CONCLUSÃO			

Manaus, 22 / 11 / 83

Companhia de Saneamento do Amazonas

Analista

Visto

Químico Ivo Mata Vital

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO AMAZONAS "COSAMA"

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA — DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO

LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUIMICO

PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA: C.P.R.M

TIPO DA AMOSTRA. Água de Poço

DATA DA COLETA DA AMOSTRA: 15.11.83 HORA: 10:00

DATA DA ENTRADA NO LABORATÓRIO: 16.11.83 HORA: 09:30

RESPONSÂVEL PELA COLETA: O interessado

VI.2 Unidade Aquífera Intermediária

PADRÕES DE POTABILIDADE

PPM ou mg/l	BRASIL		Saúde Pública U. S. A.		Organização Mundial da Saúde			OMS Europeia	
	Recom.	Tolerado	Recom	Tolerado	Permitido	Excesso	Máximo	Recom.	Tolerado
Amônia	—	0,03	—	—	—	—	—	0,5	—
Alcalinidade Total	370	—	370	—	370	—	—	370	—
« Hidroxido	—	—	—	—	—	—	—	—	—
« Carbonato	120	—	120	—	120	—	—	120	—
« Bicarbonato	250	—	250	—	250	—	—	250	—
Cálcio	—	—	—	—	75	200	—	—	—
Cloretos	—	250	250	—	200	600	—	350	—
Cloro Residual	0,3	1,0	0,3	1,2	0,3	1,6	2,0	0,3	1,0
Cor	10	20	15	—	—	—	50	—	—
Dureza em (Ca Co3)	100	200	—	—	—	—	—	—	—
Ferro	—	0,3	0,3	—	0,3	1,0	—	0,1	—
Fluoretos *	1,0	1,5	0,8-1,7	16,34	—	—	—	1,5	—
Magnésio **	—	—	—	—	50	130	—	125 **	—
Manganês	—	0,1	0,05	—	0,1	0,5	—	0,1	—
Nitrato	—	10	10	—	—	—	—	10	—
Nitrito	—	0,2	—	0,2	—	—	—	—	0,2
pH Mínimo	O,O Na ausencia de Alcalinidade Caustica								
O2 Dissolvido Mim.	—	—	—	—	—	—	—	50	—
O2 Consumido	—	2,5	2,5	—	2,5	—	—	2,5	5,0
Odor	Ausencia de Odor Objetável								
Sabor	Ausencia de Sabor Objetável								
Sulfatos **	—	250	250	—	200	400	—	200	—
Turbidez	5,0	10	5.0	—	25	—	—	—	—

* Varia com a Temperatura Média Anual

** Em. Presença de 250 mg/l de S04 o Mg não deve passar de 30

RESULTADOS ANALÍTICOS

CARACTERISTICAS FISICAS	Cor	2,5 ppm
	Turbidez	0,13 "
	Odor	HIDROCARBONETO
	Sabor	HIDROCARBONETO
CARACTERISTICAS QUÍMICAS	pH	7,5
	Gás Carbônico	8,0 ppm
	Alcalinidade - Hidróxidos	0,0 "
	Carbonatos	0,0 "
	Bicarbonatos	230,0 "
	Dureza em têrmos de CaCo3	102,0 "
	Cálcio	32,0 "
	Magnésio	5,3 "
	Oxigênio Dissolvido	0,3 "
	Oxigênio Consumido	1,0 "
	Fluoretos	0,0 "
	Cloretos	—
	Sulfatos	—
	Ferro	—
	Manganês	—
	Nitratos	—
	Nitritos	—
	Amônia	Ausente
	Alumina Residual	—
	Cloro Residual	—
	Gás sulfídrico	Ausente
CONCLUSÃO		

Manaus, 26 / 11 / 83

Companhia de Saneamento do Amazonas

Analista

Visto.

Quim. Ivo Maia Vital

DIVISÃO DE TRATAMENTO

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO AMAZONAS "COSAMA"

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA — DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO

LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUIMICO

VI.3 Unidade Aquífera Inferior

PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA: C.P.R.M

TIPO DA AMOSTRA. Água de Poço

DATA DA COLETA DA AMOSTRA: HORA:

DATA DA ENTRADA NO LABORATÓRIO: HORA:

RESPONSÁVEL PELA COLETA: O interessado

PADRÕES DE POTABILIDADE

PPM ou mg/l	BRASIL		Saúde Pública U. S. A.		Organização Mundial de Saúde			OMS Europeia	
	Recom.	Tolerado	Recom	Tolerado	Permitido	Excesso	Máximo	Recom.	Tolerado
Amônia	—	0,03	—	—	—	—	—	0.5	—
Alcalinidade Total	370	—	370	—	370	—	—	370	—
« Hidroxido	—	—	—	—	—	—	—	—	—
« Carbonato	120	—	120	—	120	—	—	120	—
« Bicarbonato	250	—	250	—	250	—	—	250	—
Cálcio	—	—	—	—	75	200	—	—	—
Cloretos	—	250	250	—	200	600	—	350	—
Cloro Residual	0,3	1,0	0,3	1,2	0,3	1,6	2,0	0,3	1,0
Cor	10	20	15	—	—	—	50	—	—
Dureza em ($CaCo_3$)	100	200	—	—	—	—	—	—	—
Ferro	—	0,3	0,3	—	0,3	1,0	—	0,1	—
Fluoretos *	1,0	1,5	0,8-1,7	16,34	—	—	—	1,5	—
Magnésio **	—	—	—	—	50	130	—	125**	—
Manganês	—	0,1	0,05	—	0,1	0,5	—	0.1	—
Nitrato	—	10	10	—	—	—	—	10	—
Nitrito	—	0,2	—	0,2	—	—	—	—	0,2
pH Mínimo	0,0 Na ausencia de Alcalinidade Caustica								
O_2 Dissolvido Mín.	—	—	—	—	—	—	—	50	—
O_2 Consumido	—	2,5	2,5	—	2,5	—	—	2,5	5,0
Odor	Ausencia de Odor Objetável								
Sabor	Ausencia de Sabor Objetável								
Sulfatos **	—	250	250	—	200	400	—	200	—
Turbidez	5,0	10	5,0	—	25	—	—	—	—

* Varia com a Temperatura Média Anual

** Em Presença de 250 mg/l de SO_4 o Mg não deve passar de 30

RESULTADOS ANALÍTICOS

CARACTERISTICAS FISICAS	Cor	2,5 ppm
	Turbidez	0,10 "
	Odor	HIDROCARBONETO
	Sabor	HIDROCARBONETO
CARACTERISTICAS QUÍMICAS	pH	7,6
	Gás Carbônico	5,0 ppm
	Alcalinidade - Hidróxidos	0,0 "
	Carbonatos	0,0 "
	Bicarbonatos	140,0 "
	Dureza em têrmos de $CaCo_3$	62,0 "
	Cálcio	16,9 "
	Magnésio	4,8 "
	Oxigênio Dissolvido	—
	Oxigênio Consumido	3,2 "
	Fluoretos	—
	Cloretos	3,3 "
	Sulfatos	—
	Ferro	0,10 "
	Manganês	—
	Nitratos	—
	Nitritos	—
	Amônia	Ausente
	Alumina Residual	—
	Cloro Residual	—
	Gás sulfídrico	Ausente
CONCLUSÃO		

Manaus, 26 / 11 / 83

Companhia de Saneamento do Amazonas

Analista

Visto

Quim. Ivo Maia Vital

DIVISÃO DE TRATAMENTO

ANEXO VII - PERFILAGENS ELÉTRICAS

VII.1 - POÇO DE BOMBEAMENTO - 1ª ETAPA

PERFIS: GAMA-CALIPER - DENSIDADE

VII.2 - POÇO DE BOMBEAMENTO - 2ª ETAPA

VII.2 - PERFIS: GAMA-CALIPER - 2ª ETAPA

PERFILAGEM

GAMA-RESISTÊNCIA-POTENCIAL ESPONTÂNEO A 1

CPRM

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PRÓFAZ

FURO POÇO DE BOMBEAMENTO

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	GAMA	RESISTÊNCIA	POT. ESP.
Corrida nº / Esc. Prof.	01 / 1:200		
Data	05 / 10 / 83		
Primeira Leitura	43,50 m		
Ultima Leitura	0,00 m		
Metragem Perfilada	43,50 m		
Profundidade Alcançada	44,80 m		
Profundidade Perfuração	45,00 m		
Sapata Perfilagem	m		
Sapata Perfuração	m		
Sensibilidade	5 cps/div	ohm/div	mV/div
Erro Percentual	%PE =		
Constante de Tempo	TC = 1,0 s		
Vel. de Registro	5,0 m/min	m/min	m/min
Broca ou Coroa 23"	5,00 m		
Broca ou Coroa 17 1/2"	45,00 m		
Revestimento 23"	5,00 m		
Revestimento	m		
Tempo de Operação	1 h min	h min	h min
Outros Perfis	DENSIDADE	CALIPER	
Repres. do Cliente			
OPERADOR	Penido Stella		

MOD. 107 NE 7530.0212.4161

dobrar aqui

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS:
Y 283.500 Norte Sul
X 9.594.500 Leste Oeste
Do MC 57º
ELEVAÇÃO DA B.F.:
m acima / abaixo
Do

DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA

TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº

SONDA Nº
Diâmetro do Cristal 1/2" pol.
Comprimento do Cristal 1 1/2" pol.
Tempo Morto μseg
Fator K
Dist. Detetor - Ext. Int. 130 cm

CALIBRADOR
Nº 5000
Valor 5000 Cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de Água

Dens.	Viscosidade	9.0 lb/gal	40 s
P. H.	Filtrado	10	c.c./30min
Resist. Lama		a	°c
Resist. Filtrado		a	°c
Resist. Reboco		a	°c
Nivel do Fluido		0.00	m

REPERFILAGENS

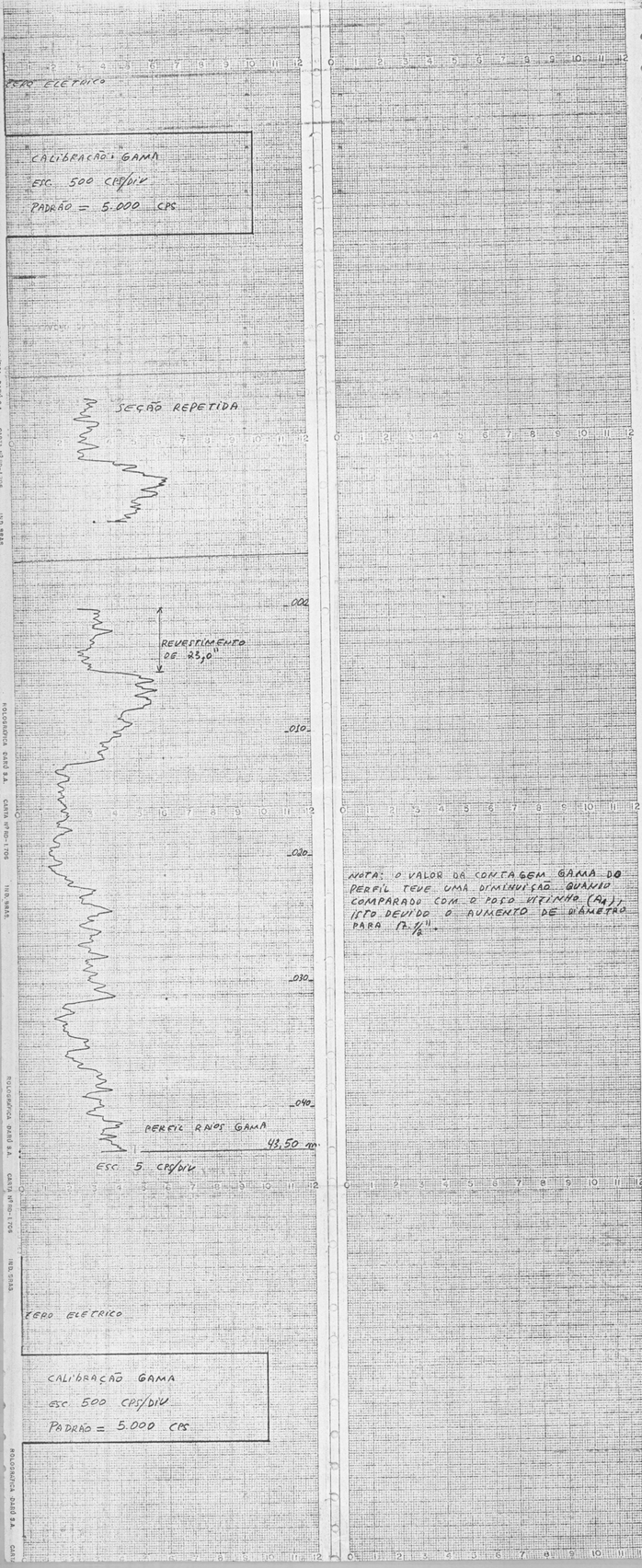
SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min
cps/div	m	m		s	m/min

OBSERVAÇÃO

→| |← cps/div DE m A m
→| |← mV/div DE m A m

PROF.

→| |← ohm/div DE m A m
→| |← ohm/div DE m A m



NOTA: O VALOR DA CONTAGEM GAMA DO PERFIL TEVE UMA DIMINUIÇÃO QUANDO COMPARADO COM O POÇO VIZINHO (A1), ISTO DEVIDO O AUMENTO DE DIÂMETRO PARA 17 1/2".

PERFILAGEM

CPRM

DENSIDADE – CALIPER

A 2

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO POÇO DE BOBEAMENTO

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.		03 1:200
Data		05 10 83
Primeira Leitura	m	42,00 m
Ultima Leitura	m	0,80 m
Metragem Perfilada	m	41,20 m
Profundidade Alcançada	m	42,00 m
Profundidade Perfuração	m	45,00 m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	g/cm³ div	pol div
Constante de Tempo	TC = s	
Vel. de Registro	m/min	5,0 m/min
Broca ou Coroa 23"	a m	a 5,00 m
Broca ou Coroa 22"	a m	a 45,00 m
Revestimento 23"	a m	a 5,00 m
Revestimento	a m	a m
Tempo de Operação	h min	1 h min
Outros Perfis	Raios Gama	Densidade
Repres. do Cliente		
OPERADOR	Penido Stella	

MOD. 058 NE 7530.0212.4145

dobrar aqui

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: 1 282.500 Norte Sul; X 9.594.500 Leste Oeste

Do MC 578

ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima abaixo

Do

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº 5000 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO: Densidade g/cm³; Contagem cps

BLOCO ACRÍLICO: Densidade g/cm³; Contagem cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de agua

Dens.	Viscosidade	9,0 lb/gal 40 s
P. H.	Filtrado	10 c.c./30min
Resist. Lama		a °C
Resist. Filtrado		a °C
Resist. Reboco		a °C
Nivel do Fluído		0,00 m

OBSERVAÇÃO Sonda caliper topou em 42,00 m.
O perfil Caliper foi corrido apos o alargamento para 22".

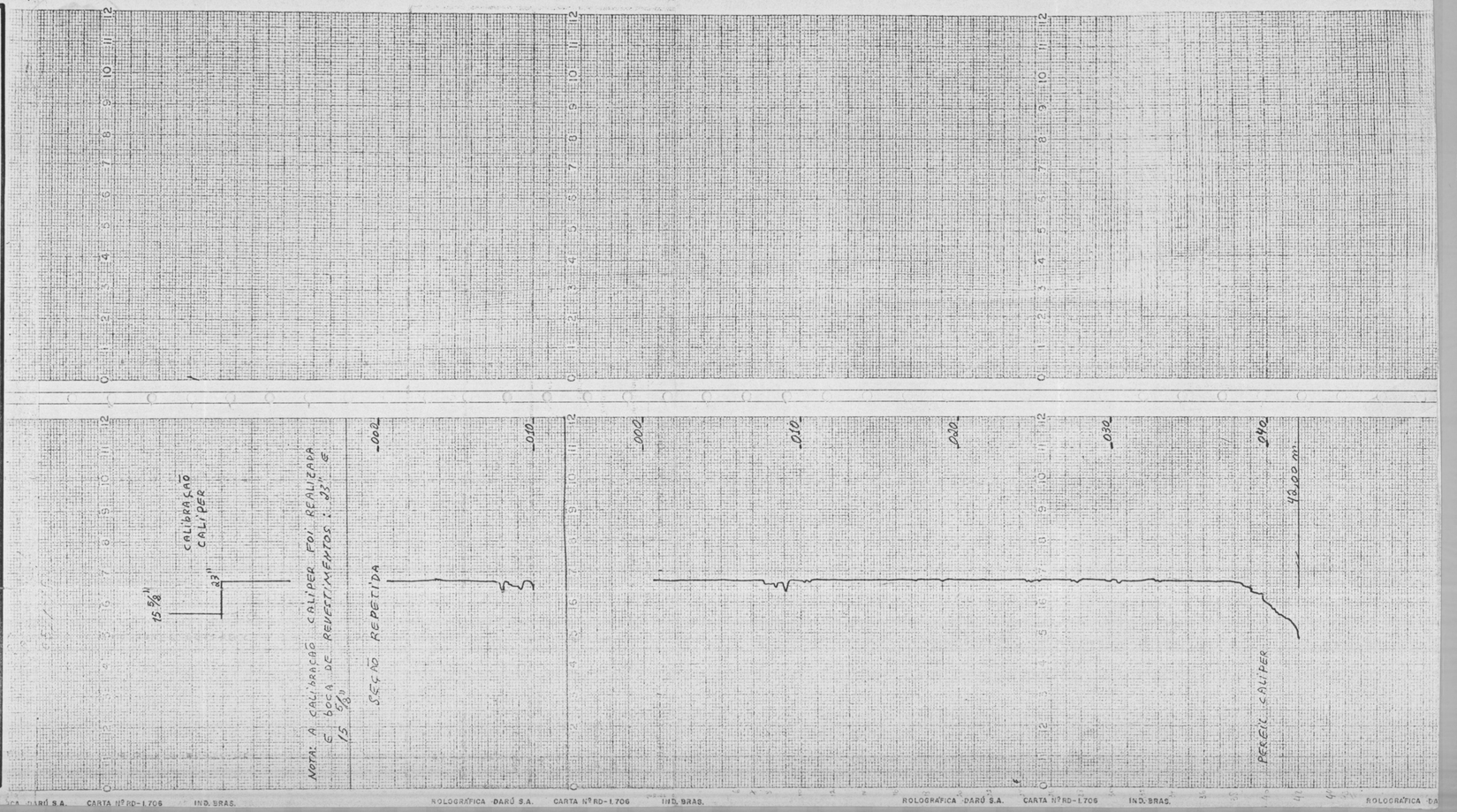
PROF. m m

g/cm³ div DE mA

g/cm³ div DE mA

pol. div DE mA

pol. div DE mA



ROLOGRÁFICA DARÚ S.A. CARTA Nº RD-1.706 IND. BRAS.

CPRM

PERFILAGEM

DENSIDADE — CALIPER

3

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO POÇO DE BOMBEAMENTO

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.	02 1:200	
Data	05 10 83	
Primeira Leitura	44,00 m	m
Ultima Leitura	0,00 m	m
Metragem Perfilada	44,00 m	m
Profundidade Alcançada	44,00 m	m
Profundidade Perfuração	45,00 m	m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	200 Cps/Div g/cm³/div	pol/div
Constante de Tempo	TC = 1,0 s	
Vel. de Registro	5,0 m/min	m/min
Broca ou Coroa 23"	° 5,00 m	° m
Broca ou Coroa 17 1/2"	° 45,00 m	° m
Revestimento 23"	° 5,00 m	° m
Revestimento	° m	° m
Tempo de Operação	0 h 45 min	h min
Outros Perfis	Raios Gama	Caliper
Repres. do Cliente		
OPERADOR	Penido Stella	

MOD. 056 — NE 7530.0212.4145

dobrar aqui — dobrar aqui

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de água

Densidade	9,0 g/cm³	Viscosidade	40 s (c.c. 500ml)
P. H.		Filtrado	10 cc %
Resist. Lama		Resist. Filtrado	cc %
Resist. Reboco		Nível do Fluído	0,00 m

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO MOUNT SOPRIS Nº 2004 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	2,5 g/cm³	PROF. m
	Contagem	cps	
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	2,5 g/cm³	
	Contagem	cps	

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: Norte Sul
Y 9.294.000 Leste Oeste
X 710.500

Do nível do terreno
Do ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima / abaixo

OBSERVAÇÃO

g/cm³/div	DE	m	mA
g/cm³/div	DE	m	mA
pol/div	DE	m	mA
pol/div	DE	m	mA

NOTA: A ZONA DENSIDADE KAR ENCONTRA-SE NA PAREDE DO REVESTIMENTO DIÂMETRO = 23,0" E SEU GRANDE

ZERO ELÉTRICO

CALIBRAÇÃO GAMA
ESC. 500 CPS/DIV
PADRÃO = 5.000 CPS

SEÇÃO REPETIDA

REVESTIMENTO 23,0"

ESC. 200 CPS/DIV

DENSIDADE (g/cm³)

ROLOGRÁFICA DARÓ S.A. CARTA Nº RD-1706 IND. BRAS.

PERFILAGEM

CPRM

GAMA-RESISTÊNCIA-POTENCIAL ESPONTÂNEO A

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO POÇO DE BOBEAMENTO 2ª FASE

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	GAMA	RESISTÊNCIA	POT. ESP.
Corrida nº / Esc. Prof.	01 / 1:200		
Data	01 / 11 / 83		
Primeira Leitura	76,00 m		m
Ultima Leitura	35,00 m		m
Metragem Perfilada	40,00 m		m
Profundidade Alcançada	77,30 m		m
Profundidade Perfuração	77,00 m		m
Sapata Perfilagem	m		m
Sapata Perfuração	m		m
Sensibilidade	5 cps/div	ohm/div	mV/div
Erro Percentual	%PE =		
Constante de Tempo	TC = 1,0 s		
Vel. de Registro	5 m/min	m/min	m/min
Broca ou Coroa 16 1/2"	a 45,00 m	a m	a m
Broca ou Coroa 15"	a 77,00 m	a m	a m
Revestimento 16"	a 45,00 m	a m	a m
Revestimento	a m	a m	a m
Tempo de Operação	1 h 40 min	h min	h min
Outros Perfis	CALIPER		
Repres. do Cliente			
OPERADOR	Penido Stella		

MOD. 107 — NE 7530.0212.4161

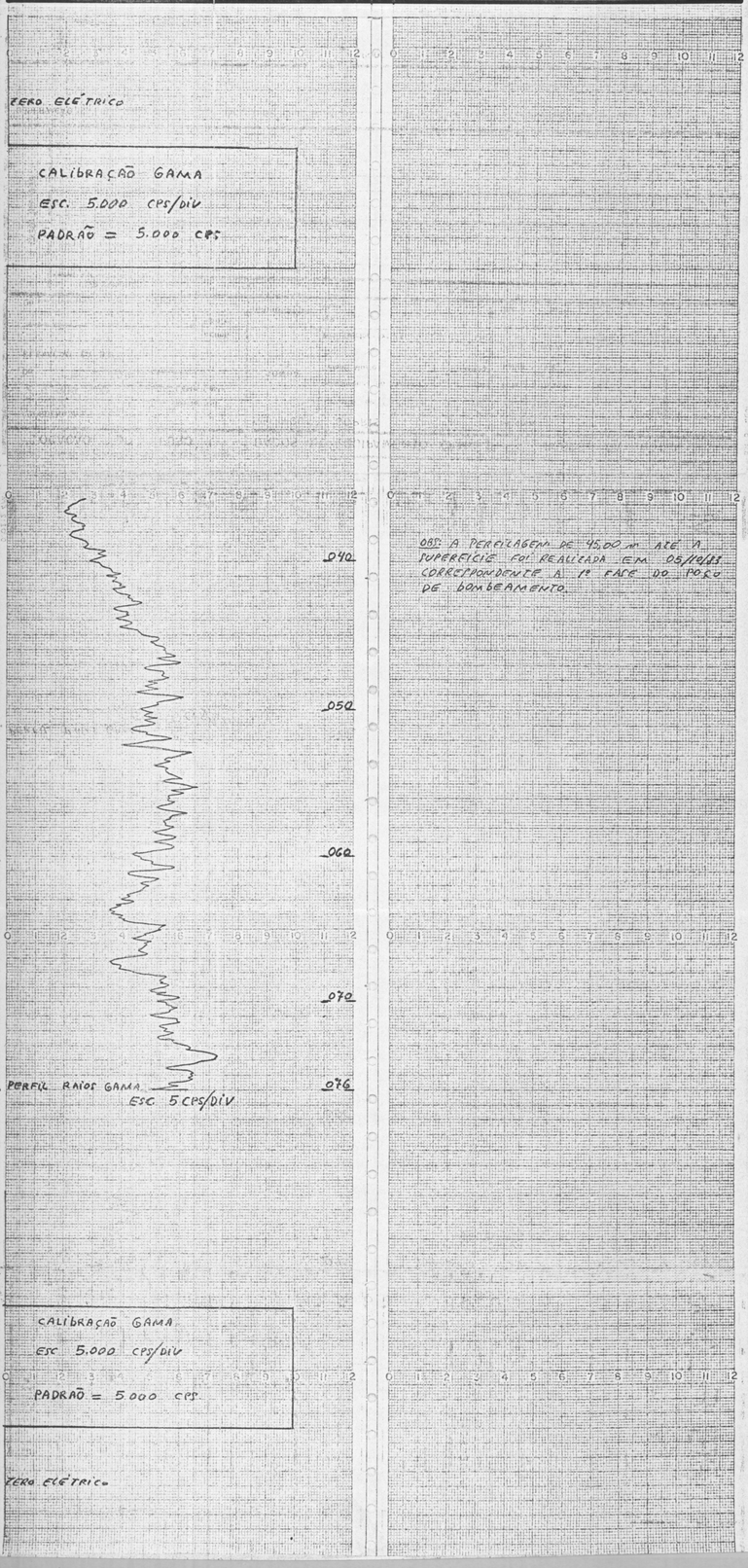
dobrar aqui

LOCAÇÃO DO FURO	DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA	DADOS DA LAMA
COORDENADAS: Y 283.500 Norte Sul; X 9.594.500 Leste Oeste; Do MC = 57º	TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº	Natureza: base agua
ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima / abaixo; Do	SONDA Nº: Diâmetro do Cristal pol.; Comprimento do Cristal pol.; Tempo Morto μseg; Fator K; Dist. Detetor - Ext. Int. 130 cm	Dens. / Viscosidade: 8.1 lb/gal; 40 s
	CALIBRADOR: Nº 5000; Valor 5000 cps	P.H. / Filtrado: c.c./30min
		Resist. Lama: a °c
		Resist. Filtrado: a °c
		Resist. Reboco: a °c
		Nivel do Fluido: m

REPERFILAGENS	SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min
	cps/div	m	m		s	m/min

OBSERVAÇÃO a 1ª fase do poço de bombeamento foi perfilada em 05/10/83 de 45,00 até a superficie.

→ | | ←	cps/div	DE	m A	m	PROF.	→ | | ←	ohm/div	DE	m A m
→ | | ←	mV/div	DE	m A	m		→ | | ←	ohm/div	DE	m A m



PERFILAGEM

CPRM

DENSIDADE — CALIPER

A 5

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO POÇO DE BOBEAMENTO 2ª FASE

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.		02 11 1:200
Data		01 11 83
Primeira Leitura	m	75,00 m
Ultima Leitura	m	35,00 m
Metragem Perfilada	m	40,00 m
Profundidade Alcançada	m	75,00 m
Profundidade Perfuração	m	77,00 m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	g/cm³ div	pol div
Constante de Tempo	TC = s	
Vel. de Registro	m/min	5 m/min
Broca ou Coroa 16"	a m	a 45,00 m
Broca ou Coroa 15"	a m	a 77,00 m
Revestimento 16"	a m	a 45,00 m
Revestimento	a m	a m
Tempo de Operação	h min	h min
Outros Perfis		Raios Gama
Repres. do Cliente		
OPERADOR	Penido Stella	

MOD. 058 NE 7530.0212.4145

dobrar aqui

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: Norte Sul
Y 283.500
X 9.594.500 Leste Oeste
Do MC= 579

ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima abaixo

Do

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº 5000 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de Água

Dens.	Viscosidade	lb/gal
P. H.	Filtrado	8,1 40 c.c./30min
Resist. Lama		a °C
Resist. Filtrado		a °C
Resist. Reboco		a °C
Nível do Fluído		m

OBSERVAÇÃO A perfilagem de 45 metros até a superficie foi realizada em 05/10/83 que corresponde a 1ª fase do poço de Bombeamento.

↓	g/cm³ div	DE	mA	m	
↓	g/cm³ div	DE	mA	m	

PROF.

↓	pol. div	DE	mA	m
↓	pol. div	DE	mA	m

OBS: A PERFILAGEM DE 45,00 m ATÉ A SUPERFICIE FOI REALIZADA EM 05/10/83 QUE CORRESPONDE A 1ª FASE DO POÇO DE BOMBEAMENTO.

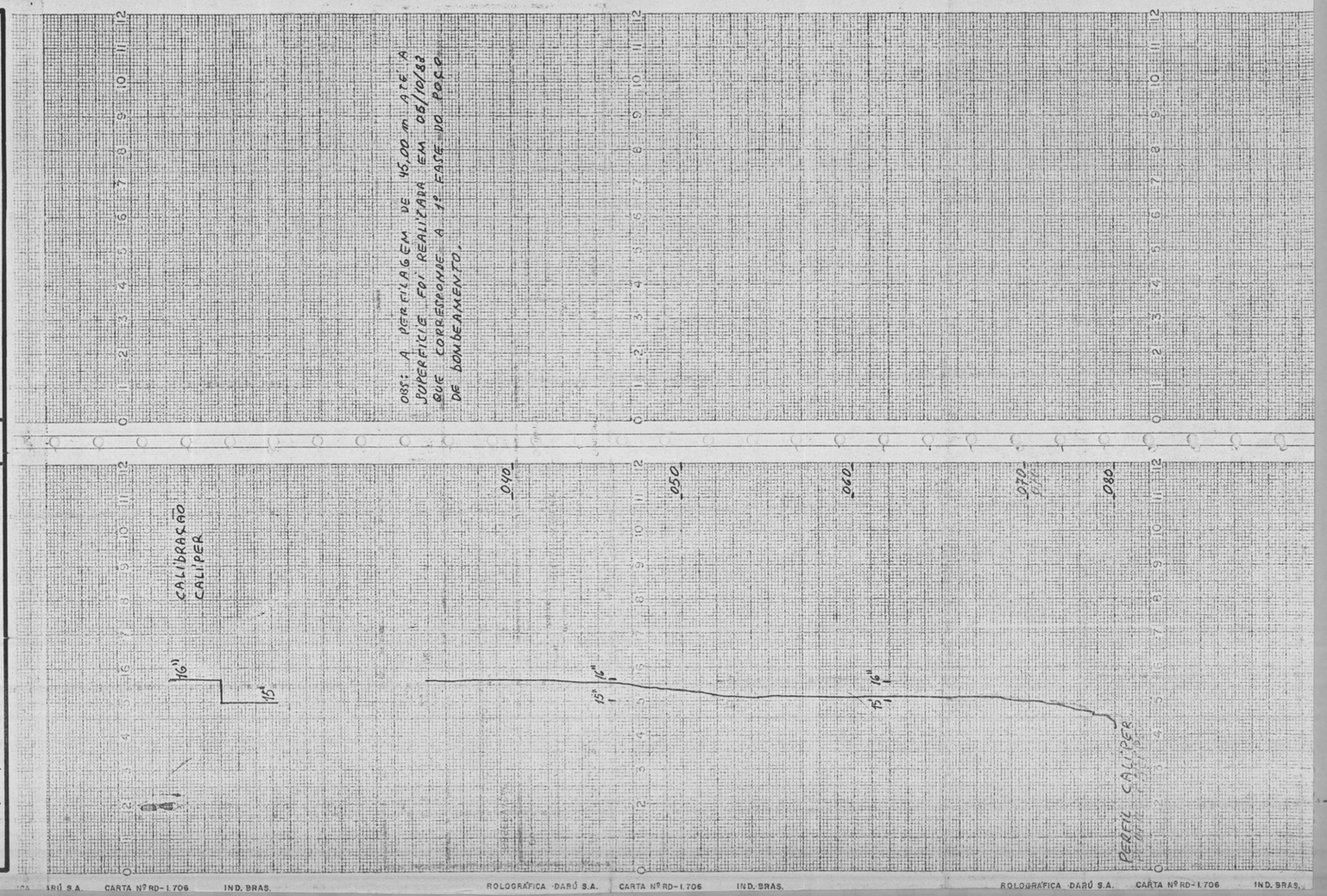
CALIBRAÇÃO CALIPER

16" 15" 15" 16" 15" 16"

040 050 060 070 080

PERFIL CALIPER

ARÚ S.A. CARTA Nº RD-1.706 IND. BRAS. ROLOGRÁFICA DARÚ S.A. CARTA Nº RD-1.706 IND. BRAS. ROLOGRÁFICA DARÚ S.A. CARTA Nº RD-1.706 IND. BRAS.



VII.3 — POÇO DE BOMBEAMENTO - 3ª ETAPA

VII.3 - PERFIS: GAMA-CALIPER

C.P.R.M.

PERFILAGEM

GAMA - RESISTÊNCIA - POTENCIAL ESPONTÂNEO

CLIENTE: PETROMISA

PROJETO: PROAZ

FURO: POÇO DE BOMBEAMENTO 3R FASE

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO: AM

OPERADOR: Ponção Coelho

	Cond. Alt.	Esc.	Prof.
PERFIL CORRIDO	01	1:200	83
GAMA			
RESISTÊNCIA			
POT. ESP.			

	Data	Hora	Prof.	Unidade
Primeira Leitura			12	m
Última Leitura			119,00	m
Intervalo Perfilado			70,00	m
Perfuração Acompanh.			49,00	m
Profundidade Perfurada			120,00	m
Suporte Perfilagem				m
Sapata Perfuração				m
Sensibilidade			5	div
Erro Percentual				% P.E.
Constante de Tempo			1,0	seg
Vel. de Registro			5	m/min
Broca ou Cerco	10 1/2"		77,00/120,00	m
Bloco ou Coroa				m
Revestimento	12 1/4"		77,00	m
Revestimento				m
Posição da Gravação			0	m
Outros Perfis			0,90	m
Registro do Cliente			Caliper	

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS:
X 283.500 Norte Sul
X 9.594.500 Leste Oeste
Do MC = 57º
ELEVAÇÃO DA B.F.:
m acima abaixo
Do

DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA

TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº

SONDA Nº
Diâmetro do Cristal 1 1/2" pol.
Comprimento do Cristal 1 1/2" pol.
Tempo Morto μseg
Fator K
Dist. Detetor - Ext. int. 130 cm

CALIBRADOR
Nº 5000
Valor 5000 cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de água

Dens.	Viscosidade	lb/gal 8,1	35 s
P. H.	Filtrado		c.c./30min
Resist. Lama		a	ºc
Resist. Filtrado		a	ºc
Resist. Reboco		a	ºc
Nível do Fluido			m

REPERFILAGENS

SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
1/2 div	m	m			m/min
1/5 div	m	m			m/min
1/10 div	m	m			m/min
1/20 div	m	m			m/min
1/50 div	m	m			m/min
1/100 div	m	m			m/min
1/200 div	m	m			m/min
1/500 div	m	m			m/min
1/1000 div	m	m			m/min
1/2000 div	m	m			m/min

OBSERVAÇÃO: A perfilagem de 77,00 m até a superfície foi realizada em 01/11/83.

→	← cps/div	DE	m	A	m	PROF.	→ ← ohm/div DE m A m
→	← mV/div	DE	m	A	m		→ ← ohm/div DE m A m

ZERO ELÉTRICO

CALIBRAÇÃO GAMA
ESC. 500 CPS/DIV
PADRÃO = 5.000 CPS

-070-
-080-
-090-
-100-
-110-
-119-

PERFIL RAIOS GAMA
ESC. 5 CPS/DIV

CALIBRAÇÃO GAMA
ESC. 5000 CPS/DIV
PADRÃO = 5.000 CPS

ZERO ELÉTRICO

CPRM

PERFILAGEM

DENSIDADE — CALIPER

4
7

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO POÇO DE BOMBEAMENTO 3º FASE

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.		02 1:200
Data		12 11 83
Primeira Leitura	m	119,00 m
Ultima Leitura	m	70,00 m
Metragem Perfilada	m	49,00 m
Profundidade Alcançada	m	119,00 m
Profundidade Perfuração	m	120,00 m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	g/cm³ div	pol div
Constante de Tempo	TC = s	
Vel. de Registro	m/min	5 m/min
Broca ou Coroa 10 1/2"	a m	77,00/120,00 m
Broca ou Coroa	a m	a m
Revestimento 12 1/4"	a m	77,00 m
Revestimento	a m	a m
Tempo de Operação	h min	0 h 50 min
Outros Perfis		Raios Gama
Repres. do Cliente		
OPERADOR	Penidp Stella	

MOD. 058 NE 7530.0212.4145

dobrar aqui

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: Norte Sul
X 283.500
Y 9.594.500 Leste Oeste
MC 578

Do

ELEVAÇÃO DA B.F.: acima
m abaixo

Do

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº5000 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	g/cm³	
	Contagem	cps	
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	g/cm³	
	Contagem	cps	

OBSERVAÇÃO A perfilagem de 77,00 m até a superfície foi realizada em 01/11/83.

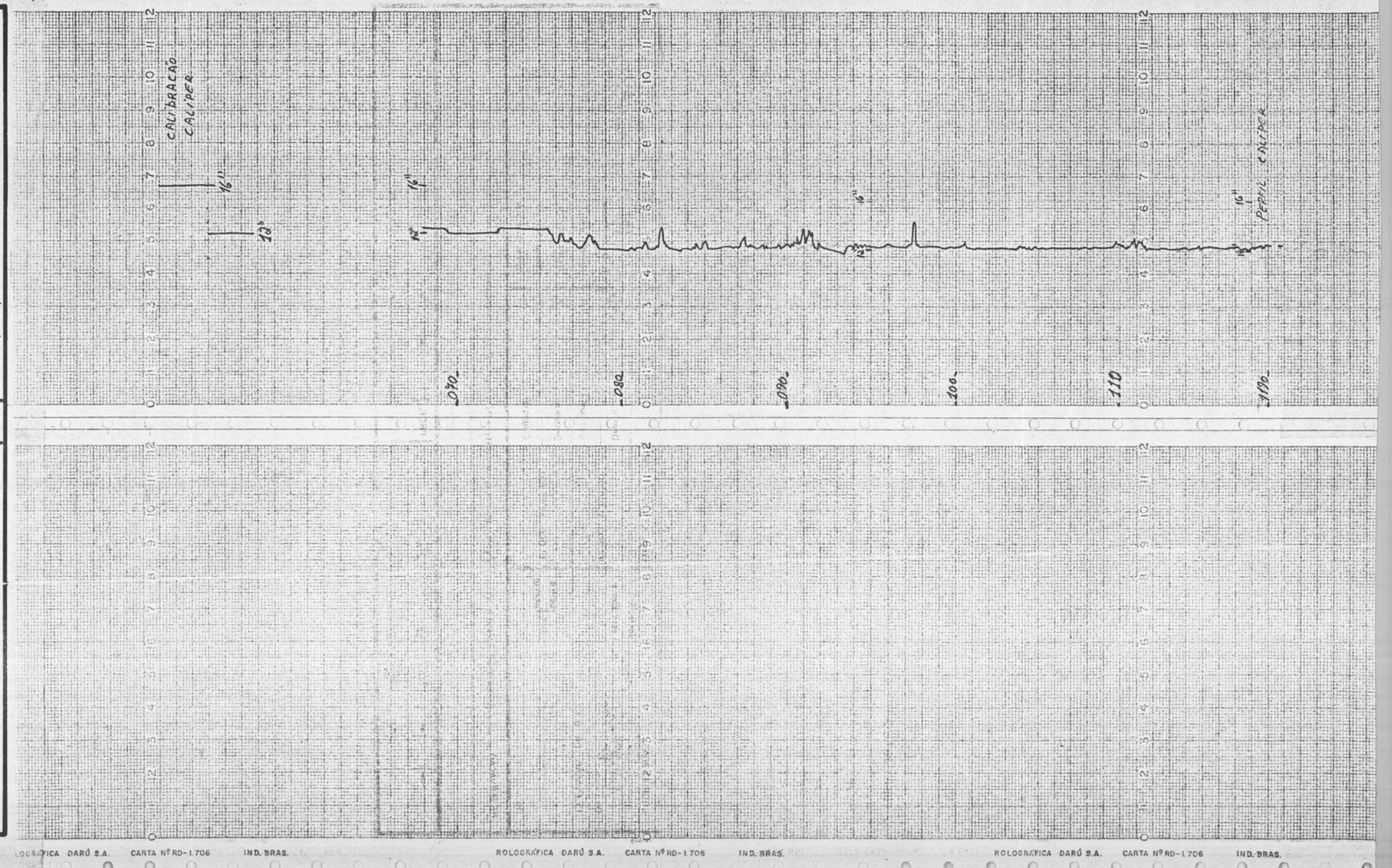
→	g/cm³ div	DE	m	A	m	PROF.
←	g/cm³ div	DE	m	A	m	

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de água

Dens.	lb/gal	8,1	Viscosidade	s c.c. 30min	35
P. H.			Filtrado	%	
Resist. Lama				a °C	
Resist. Filtrado				a °C	
Resist. Reboco				a °C	
Nível do Fluído				a m	

→	pol div	DE	mA	m		
←	pol div	DE	mA	m		



PIEZOMETRO A.1

VII.4 - PIEZOMETRO A.1

PERFIS: GAMA-CALIPER

PERFILAGEM

CPRM

DENSIDADE – CALIPER

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO PIEZOMETRO A-1

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.		02 / 1:200
Data		30 / 08 / 83
Primeira Leitura	m	43,00 m
Ultima Leitura	m	0,00 m
Metragem Perfilada	m	43,00 m
Profundidade Alcançada	m	44,30 m
Profundidade Perfuração	m	45,00 m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	g/cm³ / div	pol. / div
Constante de Tempo	TC = / TC = s	
Vel. de Registro	m / min	5,0 m / min
Broca ou Coroa 15"	a m	a 8,00 m
Broca ou Coroa 9 7/8"	a m	a 45,00 m
Revestimento 10 1/2"	a m	a 8,00 m
Revestimento	a m	a m
Tempo de Operação	h min	0 h 50 min
Outros Perfis		RAIOS GAMA
Repres. do Cliente		
OPERADOR	PENIDO STELLA	

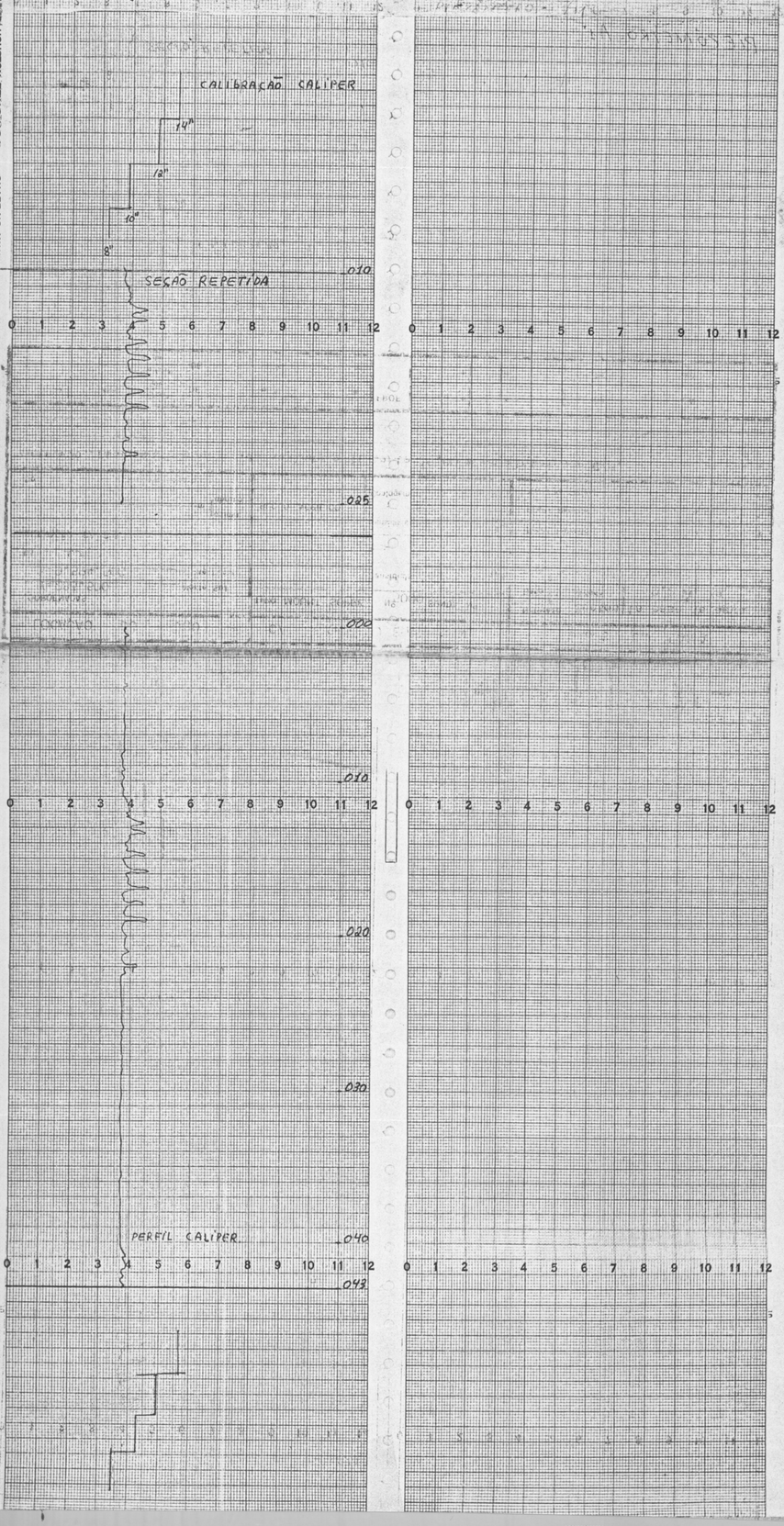
MOD. 058

NE 7580.0212.4/45

LOCAÇÃO DO FURO	CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO	DADOS DA LAMA
COORDENADAS: Y=283.500 Norte Sul; X=9.594.500 Leste Oeste; Do MG-57º; ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima / abaixo; Do	TIPO: MOUNT SOPRIS Nº 5000 SONDA Nº; BLOCO ALUMÍNIO: Densidade g/cm³, Contagem cps; BLOCO ACRÍLICO: Densidade g/cm³, Contagem cps	Natureza: Bentonita base de agua; Dens. Viscosidade 9.2 lb/gal 38 s; P. H. Filtrado 10.5 c.c./30min; Resist. Lama a °C; Resist. Filtrado a °C; Resist. Reboco a °C; Nivel do Fluído m

OBSERVAÇÃO Piezometro construido ao lodo e distante 10,00 m do Piezometro E-2.

→	←	g/cm³ / div	DE	m A	m	PROF.	→	←	pol. / div DE m A m
→	←	g/cm³ / div	DE	m A	m		→	←	pol. / div DE m A m



TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, HOUSTON, TEXAS, U.S.A. CHART NO. U1U1 MADE IN U.S.A.

CPRM

PERFILAGEM

GAMA-RESISTÊNCIA - POTENCIAL ESPONTÂNEO

CLIENTE FERROVIA

PROJETO FERROPAZ

FURO FIXO-0002-A1

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	Corrida nº	Data	Esc.	Prof.
GAMA	01	Primeira Leitura	1:200	30,08
RESISTÊNCIA		Última Leitura		43,00
POT. ESP.		Metragem Perfurada		43,00
		Profundidade Alcançada		44,30
		Profundidade Perfuração		45,00
		Sapato Perfilagem		
		Sapato Perfuração		
		Satisfabilidade		5
		Erro Percentual		
		Gradação do Tempo		
		Vel. de Registro		5,0
		Broca ou Corpo		9 7/8"
		Broca ou Corpo		15,00
		Revestimento		8,00
		Revestimento		3 1/2"
		Tempo de Operação		0 h 45
		Outros Perfis		GALPER
		Repres. do Cliente		
		OPERADOR		FENTO SPESTA

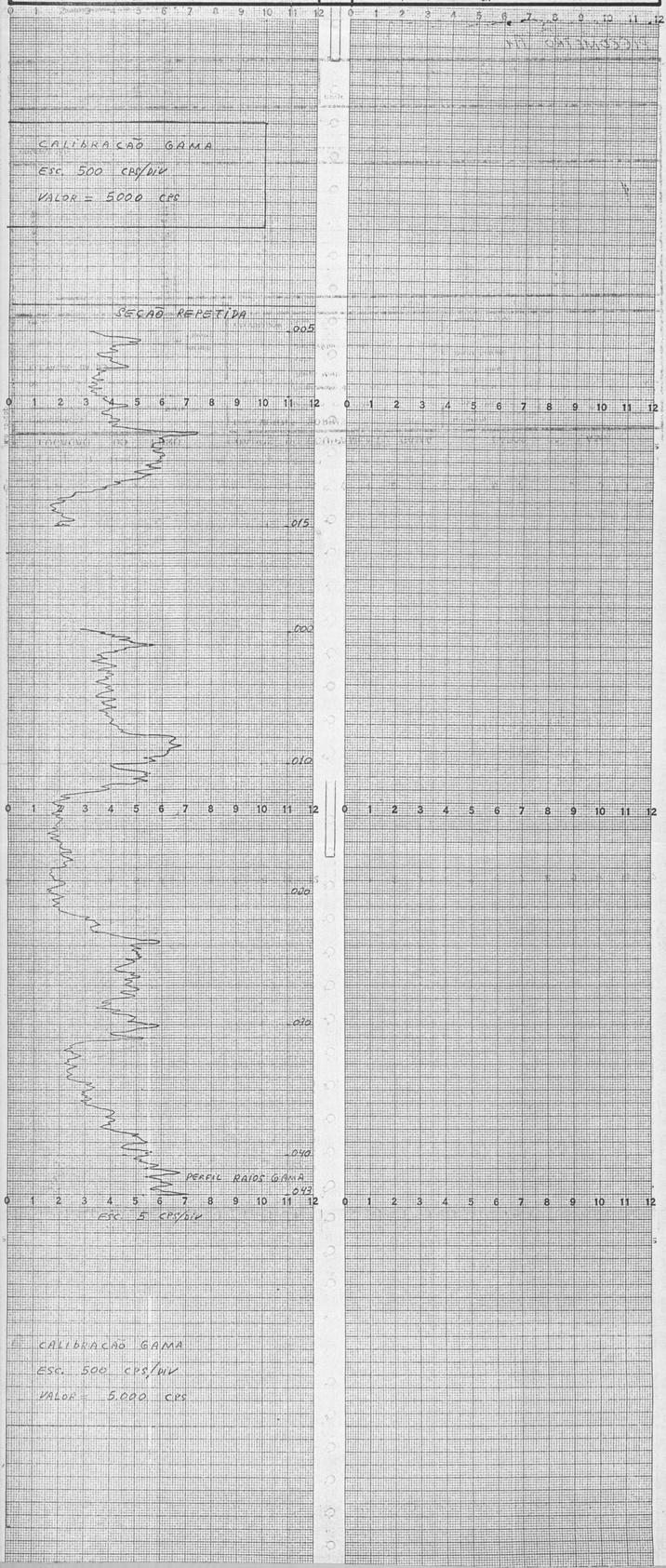
LOCAÇÃO DO FURO	DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA	DADOS DA LAMA
COORDENADAS: Y=283500 Norte Sul; X=9.594.500 Leste Oeste	TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº	Natureza: Bentonita base de agua
Do NC= 570	SONDA Nº: Diâmetro do Cristal 1/2" pol.; Comprimento do Cristal 1 1/2" pol.; Tempo Morto — μseg; Fator K —; Dist. Detetor - Ext int 130 cm	Dens. 9,2 lb/gal; Viscosidade 38 s; P. H. 9.5; Filtrado 12 c.c./30min; Resist. Lama — Ω °c; Resist. Filtrado — Ω °c; Resist. Reboco — Ω °c; Nivel do Fluido — m
ELEVAÇÃO DA B.F.: — m acima/abaixo	CALIBRADOR Nº 5000; Valor 5000 cps	
Do —		

REGISTRADOR

SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
cps/div	"	"		"	m/min
cps/div	"	"		"	m/min
cps/div	"	"		"	m/min
cps/div	"	"		"	m/min
cps/div	"	"		"	m/min
cps/div	"	"		"	m/min
cps/div	"	"		"	m/min
cps/div	"	"		"	m/min
mV/div	"	"		"	m/min

OBSERVAÇÃO Piezometro construido ao lado e distante 10,00 m do piezometro C-2

cps/div DE m A m | mV/div DE m A m | PROF. | ohm/div DE m A m | ohm/div DE m A m



41 FEET LEFT

42 FEET LEFT

CALIBRAÇÃO GAMA
ESC. 500 CPS/DIV
VALOR = 5.000 CPS

REG. 1G7 — NL 7330-0212-4181 — TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, HOUSTON, TEXAS, U.S.A. — CHART NO. U1U1 — MADE IN U.S.A.

VII.5 - PIEZOMETRO A.2

VII.6 - PERFIS: GAMA-CALIPER

C.P.R.M

PERFILAGEM

GAMA-RESISTÊNCIA-POTENCIAL ESPONTÂNEO

CLIENTE: C.P.R.M.

PROJETO: PROPAZ

FURO: PIEZOMETRO - A-2

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO: AM

PERFIL CORRIDO	GAMA	RESISTÊNCIA	POT. ESP.
Corrida até: 01	Exp.: 1:200		
Data: 03	09	83	
Primeira Leitura	42,50		
Última Leitura	0,00		
Metragem Perfilada	42,50		
Profundidade Alcançada	42,80		
Profundidade Perfurada	45,00		
Sapata Perfurada	"	"	"
Sapata Perfurada	5	"	"
Sensibilidade	"	"	"
Esc. Personal	5" = 1'	"	"
Comprim. de Trono	1,0	"	"
Vel. de Registro	5,0	"	"
Bitola ou Cotas	3 5/8"	"	"
Bitola ou Cotas	7 7/8"	"	"
	45,00 m	"	"
Assentamento	12"	"	"
	8,30 m	"	"
Assentamento	"	"	"
Operação	"	"	"
Operação	"	"	"
Obs. Perfil	CALIPER		

REG. 107

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: Y=283,500 Norte Sul

X=9.594,500 Leste Oeste

Do MG= 508

ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima abaixo

Do

DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA

TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº

SONDA Nº

CALIBRADOR

Diâmetro do Cristal 1/2" pol.

Comprimento do Cristal 1 1/2" pol.

Tempo Morto μseg

Fator K

Dist. Detetor - Ext. Int. 330 cm

Nº 5000

Valor 5000 cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Bentonita base de agua

Dens.	Viscosidade	9.2	38
P. H.	Filtrado	10.5	-
Resist. Lama			
Resist. Filtrado			
Resist. Reboco			
Nivel do Fluido			

RESPIRADORES

SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
1/2	"	"		"	
1/4	"	"		"	
1/8	"	"		"	
1/16	"	"		"	
1/32	"	"		"	
1/64	"	"		"	
1/128	"	"		"	
1/256	"	"		"	
1/512	"	"		"	

OBSERVAÇÃO Piezometro Construido ao lado e distante 20,00 do Piezometro A-1

5 cps/div DE 42,50 m A 0,00 m

mV/div DE m A m

PROF.

ohm/div DE m A m

ohm/div DE m A m

FEET LEFT

TERRA ELETRICO

CALIBRAÇÃO GAMA

ESC. 500 CPS/DIV

PADRÃO = 5000 CPS

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

.000

.010

.020

.030

.040

.050

.060

.070

.080

.090

.100

.110

.120

.130

.140

.150

.160

.170

.180

.190

.200

.210

.220

.230

.240

.250

.260

.270

.280

.290

.300

.310

.320

.330

.340

.350

.360

.370

.380

.390

.400

.410

.420

.430

.440

.450

.460

.470

.480

.490

.500

.510

.520

.530

.540

.550

.560

.570

.580

.590

.600

.610

.620

.630

.640

.650

.660

.670

.680

.690

.700

.710

.720

.730

.740

.750

.760

.770

.780

.790

.800

.810

.820

.830

.840

.850

.860

.870

.880

.890

.900

.910

.920

.930

.940

.950

.960

.970

.980

.990

1.000

1.010

1.020

1.030

1.040

1.050

1.060

1.070

1.080

1.090

1.100

1.110

1.120

1.130

1.140

1.150

1.160

1.170

1.180

1.190

1.200

1.210

1.220

1.230

1.240

1.250

1.260

1.270

1.280

1.290

1.300

1.310

1.320

1.330

1.340

1.350

1.360

1.370

1.380

1.390

PERFILAGEM

DENSIDADE – CALIPER

CPRM

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO PIEZOMETRO A-2

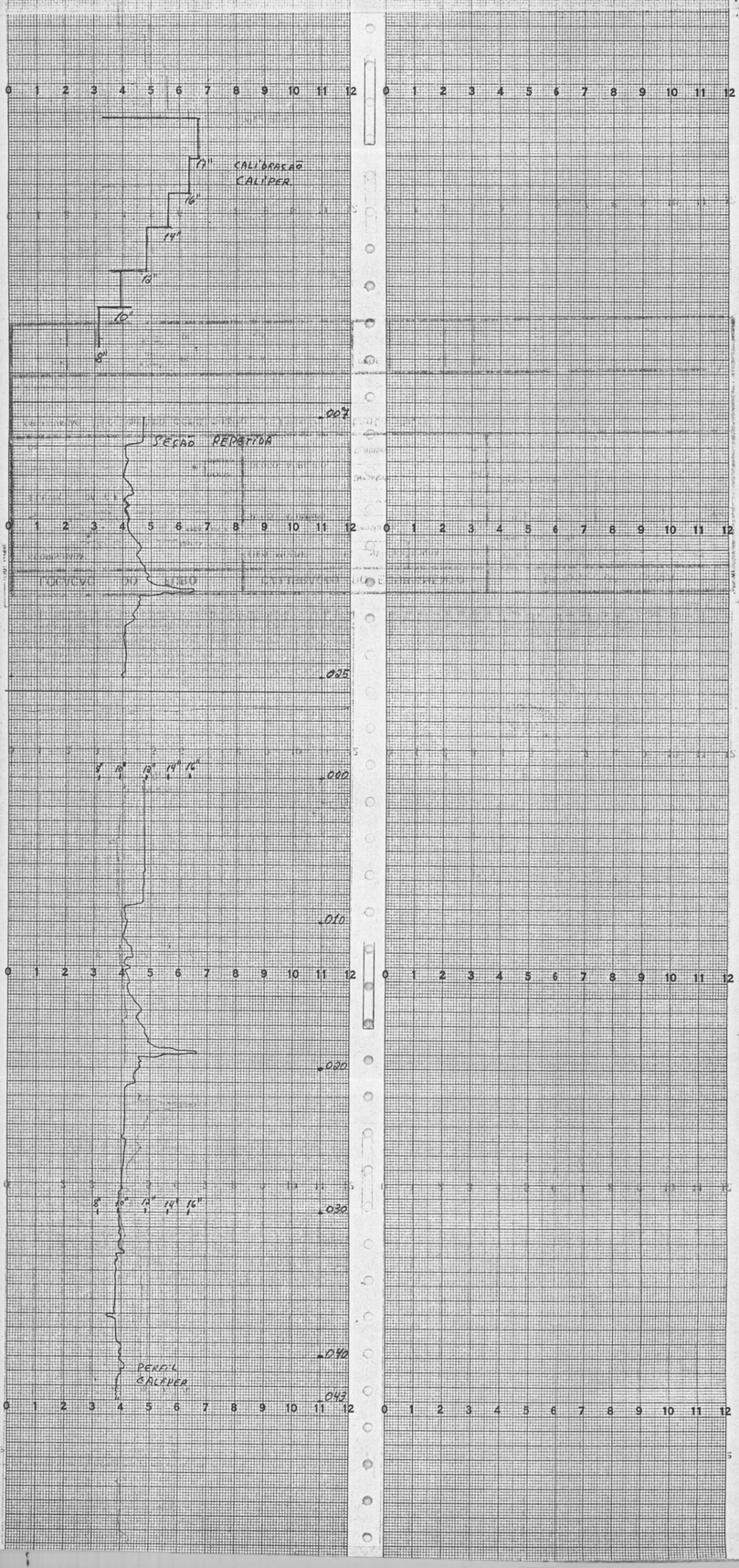
MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.		02 1:200
Data		03 09 83
Primeira Leitura	m	42,50 m
Ultima Leitura	m	0,00 m
Metragem Perfilada	m	42,50 m
Profundidade Alcançada	m	42,50 m
Profundidade Perfuração	m	45,00 m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	g/cm³ div	pol. div
Constante de Tempo	TC =	
Vel. de Registro	m/min	5,0 m/min
Broca ou Coroa 15"	a m	a 8,30 m
Broca ou Coroa 9 7/8"	a m	a 45,00 m
Revestimento 12"	a m	a 8,30 m
Revestimento	a m	a m
Tempo de Operação	h min	0 h 45 min
Outros Perfis		RAIOS GAMA
Repres. do Cliente		
OPERADOR	PENIDO STELLA	

LOCAÇÃO DO FURO	CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO	DADOS DA LAMA
COORDENADAS: Y= 283.500 Norte Sul; X= 9.594.500 Leste Oeste; Do MC= 57º	TIPO: MOUNT SOPRIS Nº5000 SONDA Nº	Natureza: Base de agua - bentonita
ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima abaixo; Do	BLOCO ALUMÍNIO: Densidade g/cm³; Contagem cps	Dens. Viscosidade 9.2 lb/gal 38 s
	BLOCO ACRÍLICO: Densidade g/cm³; Contagem cps	P. H. Filtrado 10.5 c.c./30min
		Resist. Lama a °c
		Resist. Filtrado a °c
		Resist. Reboco a °c
		Nivel do Fluído m

OBSERVAÇÃO Piezometro construido ao lado e distante 20,00 m do Piezometro A-1.

→	←	g/cm³ div	DE	m A	m	PROF.	→	←	pol. div	DE	m A m
→	←	g/cm³ div	DE	m A	m		→	←	pol. div	DE	m A m



32 FEET LEFT

33 FEET

TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, HOUSTON, TEXAS, U.S.A. CHART NO. U1U1 MADE IN U.S.A.

VII.6 = PIEZOMETRO B.I

PEREIS: GAMA-CALIPER

CPRM

PERFILAGEM

GAMA - RESISTÊNCIA - POTENCIAL ESPONTÂNEO

CLIENTE: PETROMISA

PROJETO: PROPAZ

FURO: FIZ-2CMPRO B-1

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE — ESTADO: AM

PERFIL CORRIDO — GAMA — RESISTÊNCIA — POT. ESPR.

Corrida nº: 01

Data: Prim. Leitura 09/09/85 — Ult. Leitura 09/09/85

	Esc.	Prof.
Prim. Leitura	1:200	176,00 m
Ult. Leitura		0,00 m
Nextogen Perfilado		176,00 m
Profundidade Alcançada		172,30 m
Profundidade Perfuração		177,00 m
Sapata Perfilagem		m
Sapata Perfuração		m
Sensibilidade	5,00 div	div
Esp. Perenshot	½ ¼ "	
Constante de Tempo	1,0 s	s
Vel. da Registro	5,18 m/min	m/min
Broca ou Corpo	9 1/2" m	m
Broca ou Corpo	977,00 m	m
Revestimento	8 1/2" m	m
Revestimento	6,00 m	m
Tempo de Operação	h	h
Tempo de Operação	1 h min	h min
Coluna Pesada	m	m
Rotação da Coluna	rpm	rpm
OPERADOR	Paulo Scolla	

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS:

Y 283.500 — Norte Sul

X 9.604.500 — Leste Oeste

NO 575

Do _____

ELEVAÇÃO DA B.F.:

_____ m acima abaixo

Do _____

DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA

TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº

SONDA Nº

Diâmetro do Cristal: 1/2" pol.

Comprimento do Cristal: 1 1/2" pol.

Tempo Morto: _____ μ seg

Fator K: _____

Dist. Detetor - Ext. Int: 130 cm

CALIBRADOR

Nº: 5000

Valor: 5000 Cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de agua

Dens.	Viscosidade	8,5 lb/gal	45 s
P. H.	Filtrado	10	cc/30min
Resist. Lama			Ω-m °C
Resist. Filtrado			Ω-m °C
Resist. Reboco			Ω-m °C
Nivel do Fluido		0,00 m	

REGISTRADORES

	SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
	div	"	"		"	m/min
	div	"	"		"	m/min
	div	"	"		"	m/min
	div	"	"		"	m/min
	div	"	"		"	m/min
	div	"	"		"	m/min
	div	"	"		"	m/min
	div	"	"		"	m/min

OBSERVAÇÃO _____

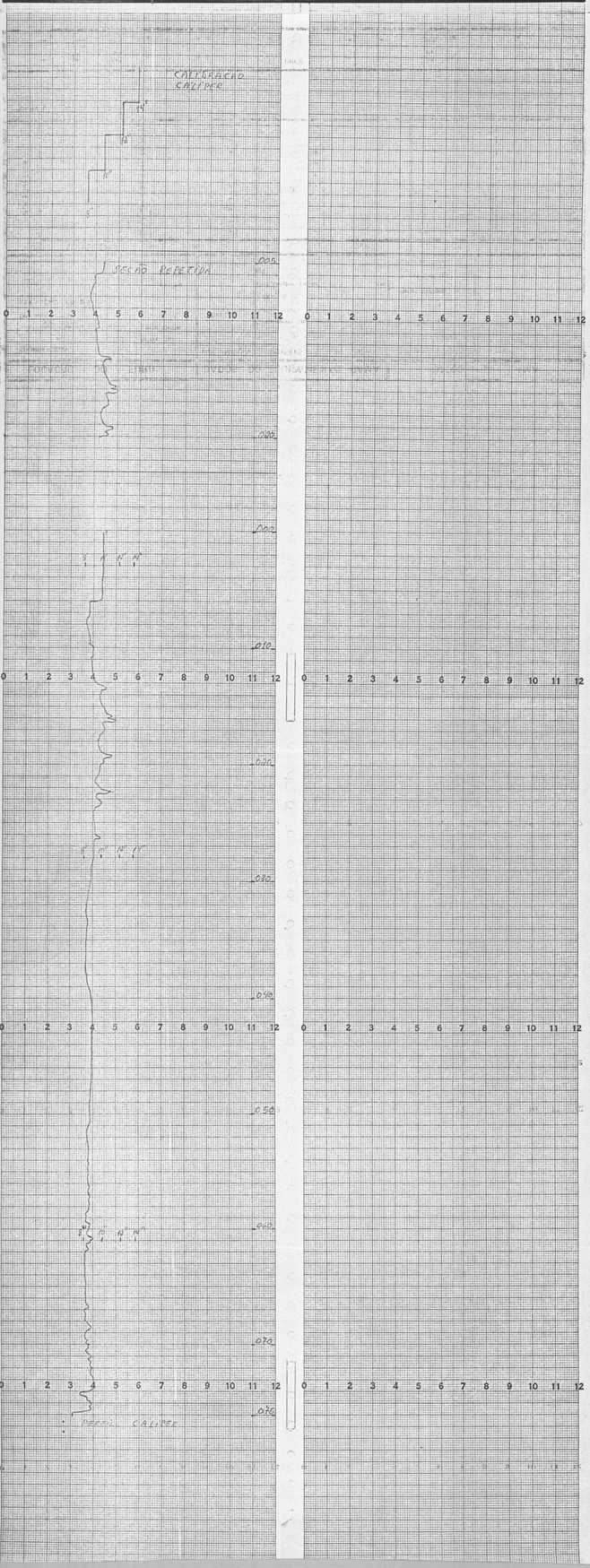
→ 5 ← cps/div DE 76,00 m A 0,00 m

→ ← mV/div DE m A m

PROF.

→ ← ohm/div DE m A m

→ ← ohm/div DE m A m



MOD. 1.67 — RE 7330-5211.4161 — IRD 10/80 — dobrar aqui
TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, HOUSTON, TEXAS, U.S.A. — CHART NO U1U1 — MADE IN U.S.A.

CPRM

PERFILAGEM

DENSIDADE – CALIPER

A 13

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO PIEZOMETRO B-1

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.		02 1:200
Data		09 09 83
Primeira Leitura	m	76,00 m
Ultima Leitura	m	0,00 m
Metragem Perfilada	m	76,00 m
Profundidade Alcançada	m	76,00 m
Profundidade Perfuração	m	77,00 m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	g/cm³ / div	pol / div
Constante de Tempo	TC = s	s
Vel. de Registro	m/h	5,0 m/h
Broca ou Coroa 9 1/2"	ø m	ø 77,00 m
Broca ou Coroa	ø m	ø m
Revestimento 10"	ø m	ø 6,00 m
Revestimento	ø m	ø m
Tempo de Operação	8 h 55 min	0 h 55 min
Outros Perfis		Raios Gama
Repres. do Cliente		
OPERADOR	Penido Stella	

MOD. 058 NE 7530.0212.4145

deixar aqui

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de Agua

Densidade	8,5 g/cm³	45	s.c. SCHL
P. H. Filtrado	10		%
Resist. Lama		°	%
Resist. Filtrado		°	%
Resist. Reboco		°	%
Nível do Fluído	0,00		m

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº 5500 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	1/cm³	
	Contagem	cps	
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	1/cm³	
	Contagem	cps	

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS 500

X 9.554.500

Y 362.578

Norte Sul

Leste Oeste

De pólos

m Idolos

ELEVAÇÃO DA B.R.:

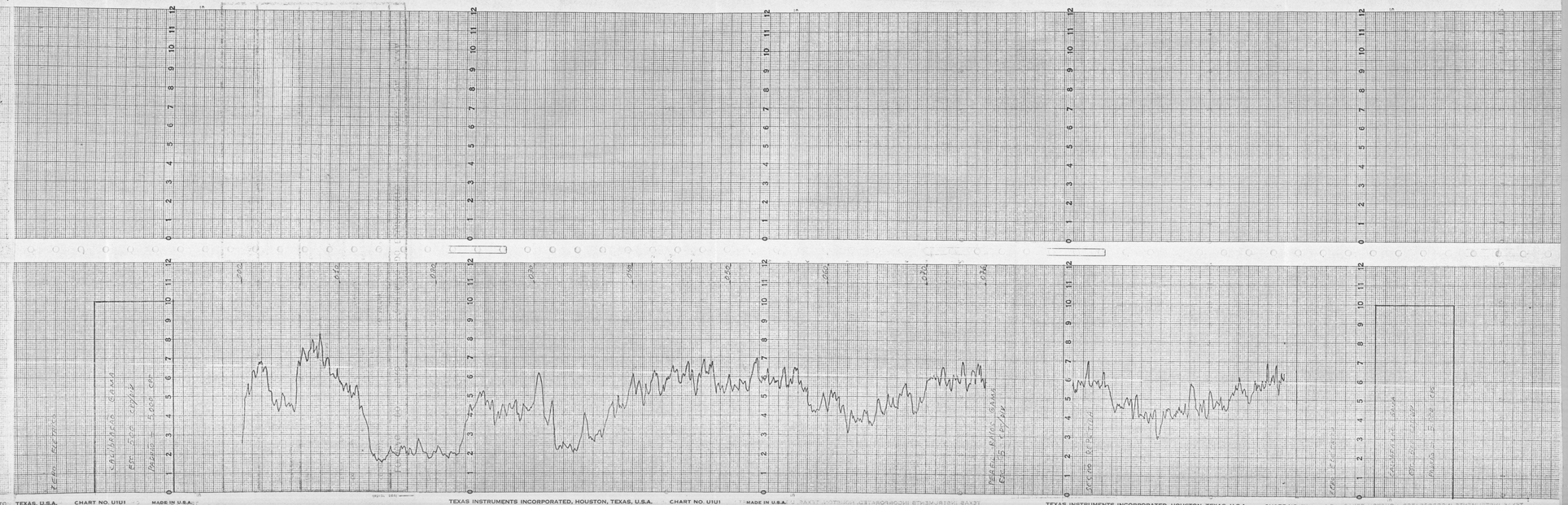
De

OBSERVAÇÃO

g/cm³ / div	DE	m A	m
g/cm³ / div	DE	m A	m

PROF.

pol / div	DE	m A	m
pol / div	DE	m A	m



VII.7 - PIEZOMETRO B.2

PERFIS: GAMA-CALIPER

CPRM

PERFILAGEM

GAMA-RESISTÊNCIA-POTENCIAL ESPONTÂNEO

CLIENTE: PETROBRÁS

PROJETO: PROPAZ

FURO: PIRAMBU - 2

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE — ESTADO: AM

PERFIL CORRIDO: GAMA — RESISTÊNCIA — POT. ESP.

	Escala 1/2"	Escala 1/200
Início	01	23
Final	75,80	75,80
Última Leitura	0,00	0,00
Medição Perfilada	m	m
Profundidade Alcançada	77,10	77,10
Profundidade Perfurada	77,00	77,00
Sapata Perfilagem	m	m
Broca Perfuração	m	m
Excentralizada	m	m
Erro Percentual	5 %	5 %
Coeficiente de Tempo	Tx= 1,0	
Vel. de Registro	5,0 m/min	
Broca ou Corpo	77,00 m	m
Broca ou Corpo	m	m
Revestimento	10" m	m
Revestimento	5,00 m	m
Revestimento	m	m
Tempo de Operação	1 h 00 min	h min
Outros Perfis		h min
Tempo de Cimentação		h min

OPERAÇÃO: Perfil 3ª etapa

Calibrar

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: 1 689.500 Norte Sul; X 9 504.500 Leste Oeste

Do KC 578

ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima / abaixo

Do

DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA

TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº

SONDA Nº

Diâmetro do Cristal 1/2" pol

Comprimento do Cristal 1 1/2" pol

Tempo Morto μseg

Fator K

Dist. Detetor - Ext. Int. 130 cm

CALIBRADOR Nº 5500

Valor 5000 Cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de Lama

Dens.	Viscosidade	8,1 lb/gal	40 s
P. H.	Filtrado	10	cc/30min
Resist. Lama		o	°c
Resist. Filtrado		o	°c
Resist. Reboco		o	°c
Nível do Fluído		0,00	m

REGISTRADORES

SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
100	"	"		'	m/h
200	"	"		'	m/h
400	"	"		'	m/h
800	"	"		'	m/h
1600	"	"		'	m/h
3200	"	"		'	m/h
6400	"	"		'	m/h
12800	"	"		'	m/h

OBSERVAÇÃO: XXXX

CPRM

PERFILAGEM

DENSIDADE — CALIPER

A 15

CLIENTE PETROMISA

PROJETO PROFAZ

FURO PIEZOMETRO B-2

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº Esc. Prof.		02 1:200
Data		23 09 83
Primeira Leitura	m	70,00 m
Ultima Leitura	m	0,00 m
Metragem Perfilada	m	70,00 m
Profundidade Alcançada	m	70,00 m
Profundidade Perfuração	m	77,00 m
Sapata Perfilagem	m	m
Sapata Perfuração	m	m
Sensibilidade	g/cm³ div	pol div
Constante de Tempo	TC = s	
Vel. de Registro	m/min	5,0 m/min
Broca ou Coroa 9 1/2"	a m	a 77,00 m
Broca ou Coroa	a m	a m
Revestimento 10"	a m	a 5,00 m
Revestimento	a m	a m
Tempo de Operação	h min	1 h min
Outros Perfis		Raios Gama
Repres. do Cliente		
OPERADOR	Penido Stella	

MOD. 058 NE 7530.0212.4145

dobrar aqui

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: Y 283.500 Norte Sul; X 9.594.500 Leste Oeste

Do MC 528

ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima abaixo

Do

OBSERVAÇÃO Sonda caliper topou em 70,50 m.

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº 5000 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de agua

Dens.	Viscosidade	8,1 lb/gal 40 s
P. H.	Filtrado	10 c.c./30min
Resist. Lama		a °C
Resist. Filtrado		a °C
Resist. Reboco		a °C
Nível do Fluído		0,00 m

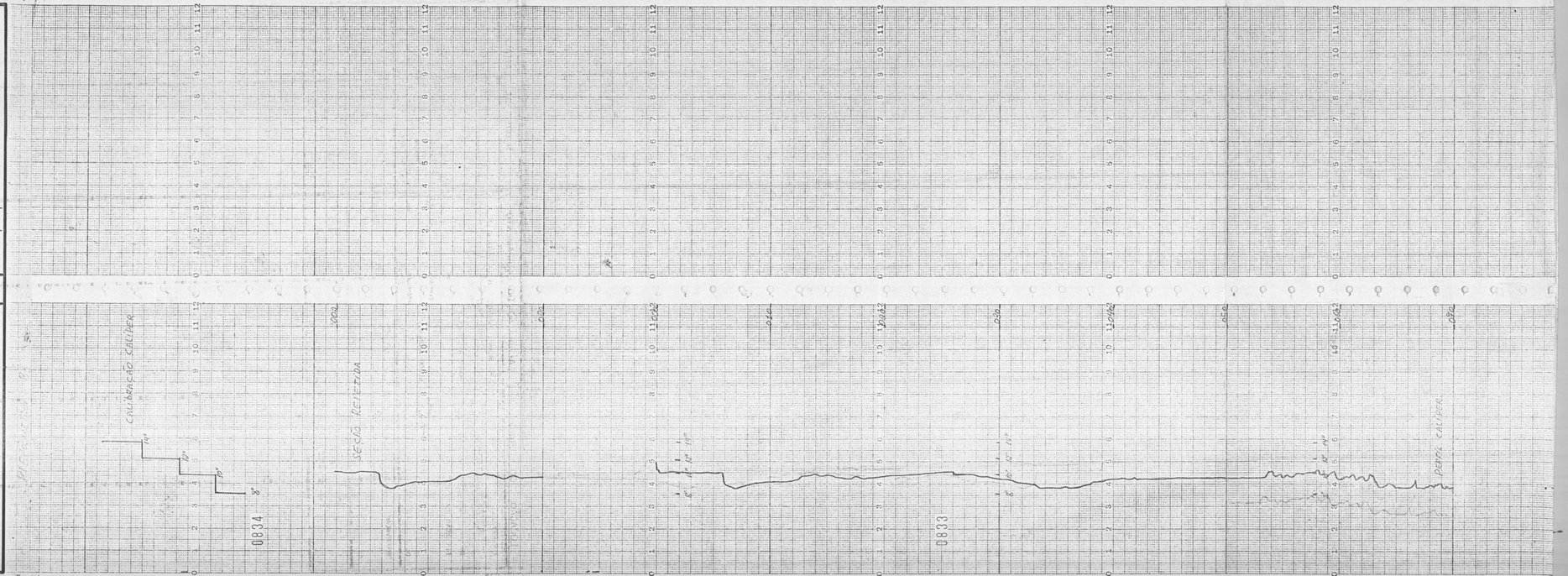
PROF. m

pol. div DE mA

pol. div DE mA

pol. div DE mA

pol. div DE mA



CONTRÔLES GRÁFICOS DARU S/A INDÚSTRIA BRASILEIRA RD-1706

VII.8 - PIEZOMETRO C.1

PERFIS: GAMA-CALIPER

PERFILAGEM

CPRM

CLIENTE: PROJETO: FURO: MUNICÍPIO: ESTADO: DATA: OPERADOR: ENGENHEIRO:

Nº	Prof. (m)	De	Até	Intervalo (m)
1	1,50	0,00	1,50	1,50
2	3,00	1,50	3,00	1,50
3	4,50	3,00	4,50	1,50
4	6,00	4,50	6,00	1,50
5	7,50	6,00	7,50	1,50
6	9,00	7,50	9,00	1,50
7	10,50	9,00	10,50	1,50
8	12,00	10,50	12,00	1,50
9	13,50	12,00	13,50	1,50
10	15,00	13,50	15,00	1,50
11	16,50	15,00	16,50	1,50
12	18,00	16,50	18,00	1,50
13	19,50	18,00	19,50	1,50
14	21,00	19,50	21,00	1,50
15	22,50	21,00	22,50	1,50
16	24,00	22,50	24,00	1,50
17	25,50	24,00	25,50	1,50
18	27,00	25,50	27,00	1,50
19	28,50	27,00	28,50	1,50
20	30,00	28,50	30,00	1,50

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS
N= 9.799.500 Norte Sul
W= 0.799.500 Leste Oeste
DE 50 x 50

ELEVAÇÃO DO B.F.

DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA

TIPO: MOUNT EXPRESS 5000 nº

SONDA nº

Cabeça de Gama: 1,00 m
Comprimento do Gama: 1,00 m
Tempo de Contagem: 1 seg
Tempo Morto: 10 µseg
Sist. Eletrônico: 10 µseg
Sist. Mecânico: 100 µseg

CALIBRAÇÃO

DADOS DA LAMA

Densidade: Densidade Lama
Visc. Viscosidade: 74,2 pH 6,5
P. H.: Filtrado
Resist. Lama: Ω
Resist. Filtrado: Ω
Resist. Reboco: Ω
Nível de Fluido: m

SENSIBILIDADE

SENSIBILIDADE	ESQ.	ESQ.	%Ω	DIR.	DIR.
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					

OBSERVAÇÃO

Repita o perfil Resistividade de 170,00 m até 70,00 m
Faz falta um Intervalo ao lado com 5 m de sal para estimar a sensibilidade do Perfil Resistividade. Coloque o perfil Gama na escala de 5 cps/cm para escolha de sensibilidade.

10	40	118,00	0,00	PROF.	10	40			

PERF. ELETRICO

Ø6 Ø8 Ø10 Ø12

CALIBRAÇÃO: 60mA
EM 500 ohm/m
FALHA = 500 ohm

72 FOLHA 72

73 FOLHA 73

74 FOLHA 74

75 FOLHA 75

76 FOLHA 76

77 FOLHA 77

78 FOLHA 78

PERF. ELETRICO

CALIBRAÇÃO: 60mA
EM 500 ohm/m
FALHA = 500 ohm

PERF. ELETRICO

CPRM

PERFILAGEM

DENSIDADE – CALIPER

CLIENTE PETROBRAS

PROJETO PROSPEC

FURO PIRACURUCA G - 1

MUNICIPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº / Esc. Prof.		
Data	3 / 37	1/200 / 08 / 83
Primeira Leitura	m 119,00	in
Última Leitura	m 24,00	in
Matrícula Perfilada	m 95,00	in
Profundidade Alcançada	m 119,00	in
Profundidade Perfuração	m 120,00	in
Suporte Perfilagem	m	
Suporte Perfuração	m	
Sensibilidade	4/10	g/cm³
Constante de Tempo	1 s	
Vel. de Registro	4,00 m/min	m/h
Broca no Clorro 10"	" " 120,00 m	m
Broca no Clorro	" "	m
Revestimento 10"	" " 22,50 m	m
Revestimento	" "	m
Tempo de Operação	1 h 15 min	h min
Última Perfil		
Registr. do Cliente	Densidade	

OPERADOR Benício Gomes

Perisio Stecila

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS

Y= 285.500 Norte Sul

X= 9.594.900 Leste Oeste

Do 201 + 525

ELEVAÇÃO DA B.F.:

m acima abaixo

Do

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Bentonita

Dens.	Viscosidade	s
P. H.	Filtrado	c.c. / 30 min
Resist. Lama		Ω-m
Resist. Filtrado		Ω-m
Resist. Reboco		Ω-m
Nível do Fluído		m

OBSERVAÇÃO

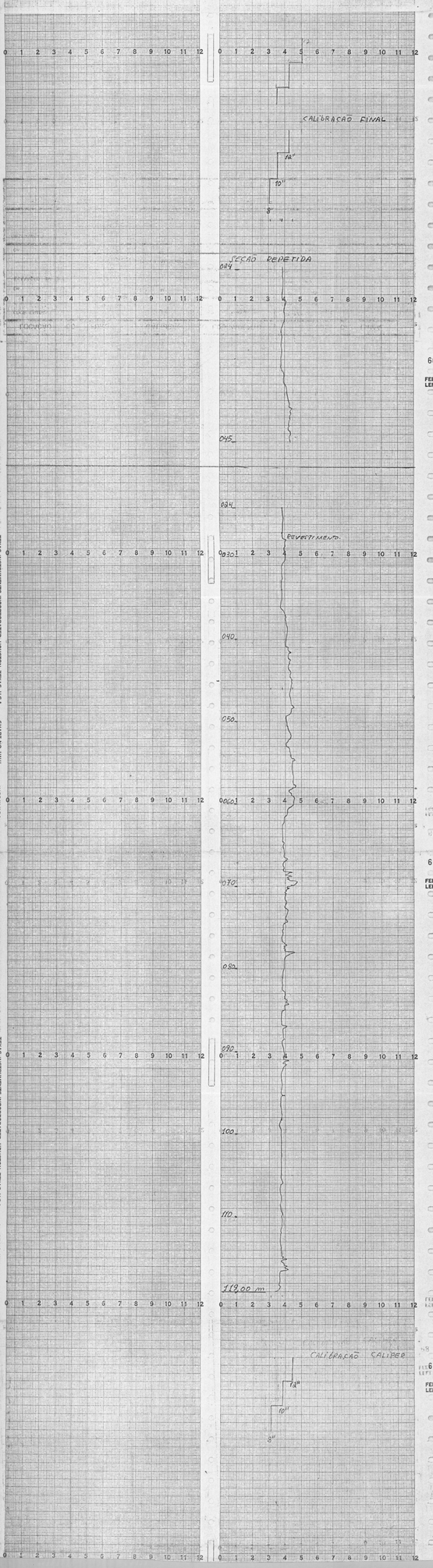
g/cm³/div DE m A m

g/cm³/div DE m A m

PROF.

psi/div DE m A m

psi/div DE m A m



VII.9 - PIEZOMETRO C.2

PERFIS: GAMA-DENSIDADE-CALIPER

C P R M

PERFILAGEM

GAMA-RESISTIVIDADE-POTENCIAL ESPONTÂNEO

CLIENTE: ESTRATEGIA

PROJETO: HIDRAS

FURO: TI-CACIMBÃO-CP-01

MUNICÍPIO: NOVA CACIMBA DO NORTE — ESTADO: PB

PERFIL CORRIDO | GAMA: 1:200 | RESISTÊNCIA | POT. ESP.

Corrida nº: 1 | Data: 01 | 10 | 85 | Hora: 08:00

Profund. Lamina: 119,00

Profund. Perfurada: 119,00

Profundidade Perfurada: 122m,50

Profundidade Perfurada: 122m,50

Diâmetro Perfuração: 12 1/4"

Diâmetro Perfuração: 12 1/4"

Sobressalência: 0,30 m

Cota Referencial: NMM

Coincidente c/ Topo: NMM

Vol. de Registro: 5,0 | 1,0 m³

Diâmetro da Coroa: 12 1/4"

Diâmetro da Coroa: 12 1/4"

Revestimento: 12 1/4" | 120,00 m

Revestimento: 6,00 m

Tempo de Operação: 1 h 30 min

Cunha Perfil: Plastificada | Cisalhamento

Região de Operação: Parque Brasília

OPERADOR: [illegible]

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: Y 283.500 Norte Sul; X 9.594.500 Leste Oeste

Do: NO 528

ELEVAÇÃO DA B.F.: [illegible] ± [illegible] cabos

Do: [illegible]

DADOS DO EQUIPAMENTO GAMA

TIPO: MOUNT SOPRIS 5000 Nº [illegible]

SONDA Nº

Diâmetro do Cristal: 1 1/2" pol.

Comprimento do Cristal: 1 1/2" pol.

Tempo Morto: [illegible] μseg

Fator K: [illegible]

Dist. Detetor - Ext Int: 130 cm

CALIBRADOR

Nº: 5000

Valor: 5000 Cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de Lama

Dens.	Viscosidade	9,0 lb/gal	40 seg
P.H.	Filtrado	10	cm³/30min
Resist. Lama			Ω-m
Resist. Filtrado			Ω-m
Resist. Reboco			Ω-m
Nível do Fluído		0,80	m

REGISTRADORES

SENSIBILIDADE	DE	ATÉ	% P.E.	T.C.	VEL.
200					1/2
100					1
50					2
25					4
12,5					8
6,25					16
3,12					32
1,56					64
0,78					128

OBSERVAÇÃO: [illegible]

PROF. DE ... A ... m

TEMPO ELETRICO

CALIBRAÇÃO GAMA

ESC. 500 CPS/cm

VALOR = 5.000 CPS

SEÇÃO REPETIDA

REVESTIMENTO

PERFIL RADIOMETRIA GAMA

ESC. 5 CPS/cm

TEMPO ELETRICO

CALIBRAÇÃO GAMA

ESC. 500 CPS/cm

PADRÃO = 5.000 CPS

CPRM

PERFILAGEM

DENSIDADE – CALIPER

CLIENTE PETROBRAS

PROJETO PROSPEC

FURO PIZOMETRO C-2

MUNICÍPIO NOVA OLINDA DO NORTE ESTADO AM

PERFIL	CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrida nº	01		
Esc. Prof.	1:250		
Data	31 / 08 / 83		
Primeira Leitura	m	m	m
Última Leitura	113,00		
Intervalo Perfilado	0,00	m	m
Profundidade Alcançada	113,00	m	m
Profundidade Perfurador	113,00	m	m
Suporte Perfilagem	120,40	m	m
Suporte, Perfuração	m	m	m
Sensibilidade	200 Cps/Div — $\frac{cps}{div}$	m	m
Constante de Tempo	TC= 3,0 s	m	m
Vel. de Registro	5,0 $\frac{m}{min}$	m	m
Bloco ou Cone 1/2 1/4"	23,40 m	m	m
Bloco ou Cone 9 1/2"	120,40 m	m	m
Revestimento 12 1/4"	6,00 m	m	m
Revestimento	m	m	m
Tempo de Operação	2 h	h	h
Ponto Perfil	Boca Guia		
Repres. do Cliente	Caliper		
OPERADOR	Fonseca Serafim		

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: X 9.554.500 Norte Sul

Y 9.554.500 Leste Oeste

De NO 570 m

ELEVAÇÃO DA B.F.: _____ m (acima / abaixo)

Do _____

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº 5000 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	$\frac{g}{cm^3}$
	Contagem	cps
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	$\frac{g}{cm^3}$
	Contagem	cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de Água			
Dens.	Viscosidade	9,0 $\frac{g}{cm^3}$	40 s
P. H.	Filtrado	10	$\frac{cm^3}{30min}$
Resist. Lama		*	Ω/m
Resist. Filtrado		*	Ω/m
Resist. Reboco		*	Ω/m
Nível do Fluído		0,00	m

OBSERVAÇÃO Sonda tonou em 113,00 m, foi feita uma nova circulação da lama para correr o perfil caliper gama e caliper.

Foi corrido o perfil caliper acoplado.

→	$\frac{cps}{div}$	DE	= A	=	PROF.	→	$\frac{pol}{div}$ DE = A =
→	$\frac{g/cm^3}{div}$	DE	= A	=		→	$\frac{pol}{div}$ DE = A =

ZERO ELETRICO

0839

CALIBRAÇÃO GAMA

ESC. 5000 CPS/DIV

PADRÃO = 5.000 CPS

CALIBRAÇÃO CALIPER

14

11

10

9

SEÇÃO REPETIDA

REVESTIMENTO

0838

0837

PERFIL DENSIDADE (78)

ESC 500 CPS/DIV

SONDA ABOTADA

113,00 m

ZERO ELETRICO

0836 CALIBRAÇÃO GAMA

ESC. 500 CPS/DIV

VALOR = 5.000 CPS

PERFILAGEM

DENSIDADE – CALIPER

CPRM

CLIENTE: PETROBRÁS

PROJETO: PROPAZ

FURO: PIEZÔMETRO C-2

MUNICÍPIO: NOVA OLINDA DO NORTE — ESTADO: AM

PERFIL CORRIDO	DENSIDADE	CALIPER
Corrido nº		03
Data		01 / 10 / 85
Primeiro Lahrea	m	117,00
Ultimo Lahrea	m	0,00
Metragem Perfilada	m	112,00
Profundidade Alcançada	m	112,00
Profundidade Perfuração	m	120,40
Suporte Perfilagem	m	
Suporte Perfuração	m	
Sensibilidade	m/div	m/div
Constante de Tempo	TC = s	
Vel. de Registro	m/h	5,0
Broca ou Coroa	12 1/4" m	+ 29,00 m
Broca ou Coroa	9 1/2" m	120,40 m
Revestimento	12 1/4" m	5,00 m
Revestimento	" m	m
Tempo de Corrida	s min	1 h 45 min
Outros Perfis		
Registro do Cliente	Baixa Cima	Densidade
OPERADOR	Ferrão Estrella	

NE 7390.0214.9445

LOCAÇÃO DO FURO

COORDENADAS: X 9.589.500 Norte Sul; Y 9.594.500 Leste Oeste

Do mk 578

ELEVAÇÃO DA B.F.: m acima abaixo

Do

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

TIPO: MOUNT SOPRIS Nº 5000 SONDA Nº

BLOCO ALUMÍNIO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps
BLOCO ACRÍLICO	Densidade	g/cm³
	Contagem	cps

DADOS DA LAMA

Natureza: Base de Água

Dens.	Viscosidade	9,0 lb/gal	40 s.S. 90ml
P. H.	Filtrado	10	
Resist. Lama			Ω
Resist. Filtrado			Ω
Resist. Reboco			Ω
Nível do Fluído		0,00	m

OBSERVAÇÃO

↑	↓	DE	m A	m	PROF.	↑	↓	DE	m A	m
↑	↓	DE	m A	m		↑	↓	DE	m A	m

Nº C-2

CALIBRAÇÃO

14"

13"

10"

9"

SEÇÃO REPETIDA

NOTA: O PERFIL CALIPER FOI CORRIDO APÓS REPASSAR O FURO E CIRCULAÇÃO DE LAMA.

PERFIL CALIPER 3 BRAÇOS

FOLOGRAFICA DANÚ S.A.