



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TÍTULO: *“Estudo do Comportamento do Aquífero Freático no Bairro do Bessa e de sua Influência sobre a Drenagem Superficial”*

ORIENTADOR: Prof. Janiro Costa Rêgo

ALUNO: Lucílio José dos Santos Vieira

Matrícula: 92.2.1255-6



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

Sumé - PB

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variações dos Níveis Hidrostáticos dos Piezômetros, com as Marés Baixa e Alta, Bessa, João Pessoa – PB

Tabela 2 – Profundidade do Nível d'água nas seis Campanhas de Medições, bairro do Bessa – João Pessoa PB

Tabela 3 – Cotas do Nível Freático dos Piezômetros com a Maré Alta, Bessa, João Pessoa - PB

Tabela 4 – Condutividade Hidráulica do Aquífero do Bessa

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – *Ciclo Hidrológico*

Figura 02 – *Aqüífero confinado e não confinado*

Figura 03 – *Rede de Fluxo*

Figura 04 – Representação do teste de Permeabilidade nas fases 01 e 03

Figura 05 – Representação do teste de Permeabilidade na fase 02

LISTA DE FOTOS

Foto 01 – Execução dos Furos de Sondagens

Foto 02 – Tubo Piezométrico

Foto 03 – Montagem do Teste

Foto 04 – Aparelhagem do Teste

Foto 05 – Medição Cronometrada da Recuperação do Nível d água

Foto 06 – Drenagem através de juntas de dilatação na parede lateral do canal 01

Foto 07 – Canal 01 com barramento, vendo-se a drenagem através de juntas de dilatação

Foto 08 – Trecho final do canal 03, sem revestimento

Foto 09 – Assoreamento e acúmulo de lixo no trecho entre o final do canal 03 e bueiros

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FOTOS

| | |
|---|-----------|
| APRESENTAÇÃO | 1 |
| 1 - INTRODUÇÃO | 2 |
| 2 - OBJETIVOS | 2 |
| 3 - DESENVOLVIMENTO | 3 |
| 3.1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 3 |
| 3.1.1 - Origem das Águas Subterrâneas | 3 |
| 3.1.2 - Aquíferos | 3 |
| 3.1.3 - Movimento das Águas Subterrâneas | 5 |
| 3.1.4 - Permeabilidade | 5 |
| 3.1.5 - Redes De Fluxo Das Águas Subterrâneas | 6 |
| 3.1.6 Relações entre Água Superficial e água Subterrânea | 6 |
| 3.2 – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS | 7 |
| 3.2.1 – Serviços Preliminares | 7 |
| 3.2.2 - Campanhas de Medições Piezométricas | 9 |
| 3.2.3 – Estimativa do Escoamento Subterrâneo Natural | 10 |
| 3.2.4 – Teste de Permeabilidade “in situ” | 16 |
| 3 – AS CONDIÇÕES DE CIRCULAÇÃO NATURAL DO AQUIFERO FREÁTICO | 19 |
| 3.1 – O Meio Aquífero | 19 |
| 3.2 – O Escoamento Subterrâneo | 19 |
| 3.3 – Estimativa do Escoamento Natural | 19 |
| 4 – INTERVENÇÕES NO AQUIFERO | 21 |
| 5 – CONCLUSÕES | 25 |
| 6 – BIBLIOGRAFIA | 27 |
| ANEXO 01 – Mapa da Rede de Fluxo Observada em agosto de 1999 | 28 |
| ANEXO 02 – Resultado dos Testes de Permeabilidade "In Situ" | 29 |
| ANEXO 03 – Perfis de Sondagens | 30 |
| ANEXO 04 – Histograma da Variação de Profundidade do Lençol Freático | 31 |

APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte final do estágio supervisionado do aluno *Lucílio José dos Santos Vieira*, matrícula 92.2.1255-6, desenvolvido na Área de Engenharia de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba Campus II, tendo como orientador o professor, *Janiro Costa Rêgo*. O estágio foi realizado no período de 11 de novembro de 1998 a 15 de outubro de 1999; e consistiu em um trabalho de Consultoria, junto à Secretária de Planejamento da Prefeitura do Município de João Pessoa, SEPLAN-JP, intitulado Estudo do Comportamento do Aquífero Freático no Bairro do Bessa e de sua Influência na Drenagem Superficial.

1 - INTRODUÇÃO

Este relatório descreve a metodologia e apresenta os resultados obtidos no estudo do comportamento do aquífero freático no bairro do Bessa e sua influência sobre a drenagem superficial, o qual foi desenvolvido no período de Novembro 1998 à Outubro de 1999 e se constituiu no Estágio Supervisionado.

O problema em apreço consistiu em verificar se a construção dos canais de drenagem no bairro do Bessa e conseqüente impermeabilização desse trecho, provocará uma intervenção significativa no aquífero, qual seja, uma elevação do nível do lençol freático ou uma inversão de sentido no escoamento (rio-aquífero); já que o aquífero naturalmente era drenado, parte pelo Rio Morto (dreno natural), parte pelo Oceano Atlântico.

O estudo foi dividido em quatro etapas: a primeira chamada de Estudos Preliminares, constou da locação e execução de sondagens e colocação de piezômetros, com objetivo de permitir a medição do nível d'água no aquífero; a segunda etapa foi a Campanha de Medições Piezométricas na qual se mediu o nível d'água em cada piezômetro, foram realizadas seis medições; a terceira etapa foi a estimativa do escoamento subterrâneo natural na qual foram elaborados mapas da rede de fluxo observada em cada medição de nível d'água ; a quarta etapa foi o teste de permeabilidade "in situ", realizado com o objetivo de identificar o coeficiente de permeabilidade do aquífero.

Os resultados obtidos nas quatro etapas do estudo permitiram chegar as conclusões contidas no final deste relatório.

2 - OBJETIVOS

Os objetivos específicos deste estudo foram:

1. Identificar as condições de circulação natural no aquífero;
2. Estimar as vazões do escoamento natural das águas subterrâneas;
3. Analisar a influência das águas subterrâneas sobre a drenagem superficial.

3 - DESENVOLVIMENTO

O estudo em apreço constou das seguintes etapas:

- levantamento dos dados existentes;
- reconhecimento de campo;
- planejamento e execução de sondagens com instalação de piezômetros;
- campanhas de medição de níveis do lençol freático;
- realização de testes de permeabilidade.

3.1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1.1 - Origem das Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas são uma fonte importantíssima para o abastecimento de água em todo o mundo. Seu emprego é diverso e crescente quer seja na irrigação, indústria e residências. Praticamente toda a água subterrânea se origina de água superficial. As principais fontes de recarga natural incluem a precipitação, cursos d'água, lagos e reservatórios. Outras contribuições, denominadas de recargas artificial, decorrem do excesso de irrigação, percolação proveniente de canais, entre outras

Em sua maior parte as águas subterrâneas pode ser entendida como fazendo parte do ciclo hidrológico (fig. 01), estando, portanto, com ele relacionada em todas as suas fases, inclusive com o escoamento superficial.

3.1.2 - Aquíferos

Entende-se por aquífero uma formação ou material rochoso que poderá fornecer quantidades significativas de água. Cerca de 90 por cento de todos os aquíferos aproveitados consistem de rochas não consolidadas, principalmente cascalho e areia.

Segundo Linsley (1958), chama-se aquífero a formação geológica que contém água e esta pode mover-se em quantidades suficientes para permitir um aproveitamento econômico.

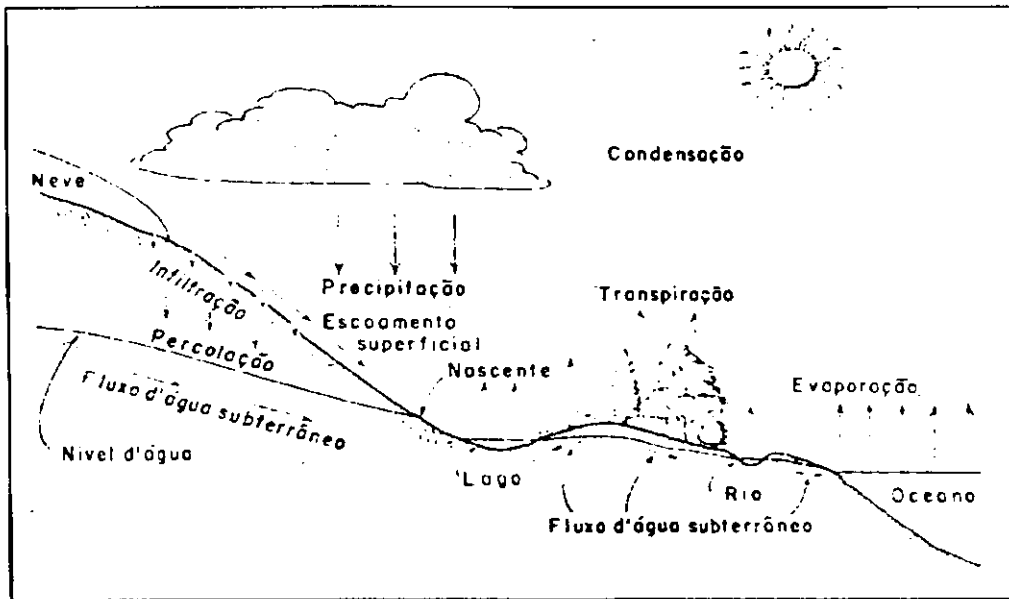


Figura 01 – *Ciclo Hidrológico* – Fonte Todd (1959)

3.1.2.1 – Tipos de aquíferos

Na sua maioria os aquíferos são de grande extensão em área, e podem ser visualizados como reservatórios de armazenamento. A água entra em um reservatório por meio de reabastecimento natural ou artificial; e sai sob a ação da gravidade ou é extraída por poços. Os aquíferos podem ser classificados em confinados e não confinados (fig 02), dependendo da presença ou ausência do nível d'água.

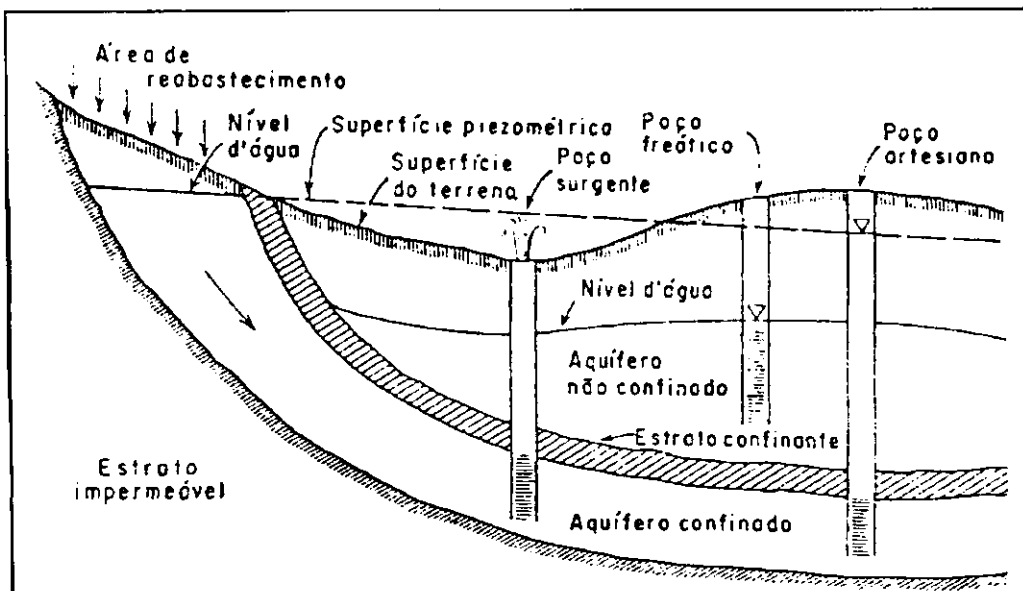


Figura 02 – *Aquífero confinado e não confinado* – Fonte Todd (1959)

O *aquífero não confinado* é aquele em que o nível d'água serve como superfície superior da zona de saturação. É também conhecido como livre, freático, ou não artesianos.

Os *aquíferos confinados*, ou aquíferos sob pressão, ocorrem quando o nível d'água está confinado sob pressão maior do que a atmosférica por estratos sobrejacentes relativamente impermeáveis. A superfície piezométrica de um aquífero confinado é uma superfície imaginária que coincide com o nível da pressão hidrostática da água no aquífero. O nível d'água em um poço que penetra um aquífero confinado define a elevação da superfície piezométrica naquele ponto. Se a superfície piezométrica se encontra acima da superfície do terreno, resulta um poço surgente (jorrante), (fig. 02)

3.1.3 - Movimento das Águas Subterrâneas

Em seu estado natural as águas subterrâneas encontram-se invariavelmente em movimento, tal movimento ocorre na direção do menor gradiente de potencial. O fluxo no meio poroso, na maioria das vezes, pode ser expresso pela Lei de Darcy.

Lei de Darcy

$$V = K.i \quad , \text{ onde} \quad (1)$$

V = Velocidade do Fluxo, em m/s;

K = Coeficiente de Permeabilidade, em m/s;

i = - dh/dl Gradiente hidráulico, adimensional.

A equação (1), é a forma mais simples da Lei de Darcy, a velocidade é a velocidade aparente, definida pelo quociente da vazão pela área da seção transversal do meio poroso através do qual há fluxo. A velocidade real varia de ponto para ponto no meio, deve-se ainda observar que as águas subterrâneas se movimentam de acordo com o gradiente hidráulico, ou seja o fluxo se dá do maior gradiente para o menor.

3.1.4 - Permeabilidade

É entendida como a facilidade com que o fluxo atravessa o meio, é uma constante importante na equação do fluxo. A determinação direta da permeabilidade pode ser feita através de medidas de

laboratório ou de campo, (no estudo em apreço utilizou-se a medida de campo para determinação da Permeabilidade).

3.1.5 - Redes De Fluxo Das Águas Subterrâneas

Em estudos bidimensionais, para efeitos de visualização e entendimento do escoamento, costuma-se traçar as redes de fluxo, mostrando a direção e o sentido da velocidade ao longo da região analisada. As linhas de fluxo e as linhas equipotenciais são traçadas em duas dimensões, para formarem uma rede de fluxo (fig.03) . Os dois conjuntos de linhas formam uma configuração ortogonal de pequenos quadrados. Em alguns casos simples, a equação diferencial que rege o fluxo pode ser resolvida a fim de se obter a rede de fluxo.

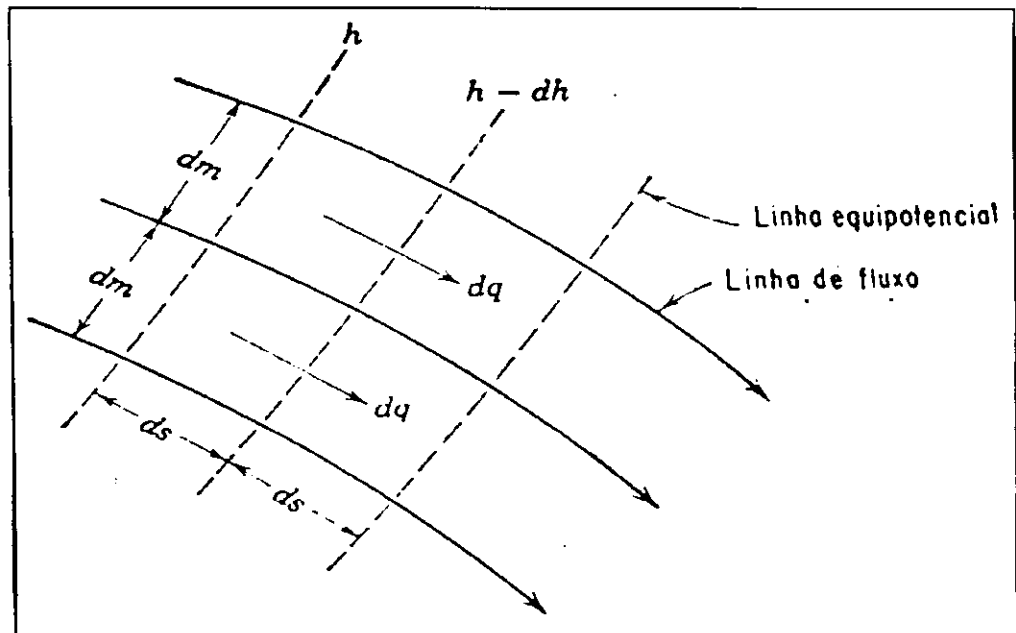


Figura 03 - Rede de Fluxo

3.1.6 Relações entre Água Superficial e água Subterrânea

Há algum tempo atrás costumava-se estudar a água superficial e a água subterrânea de formas distintas e isoladas. No entanto é de conhecimento de todos a interligação existente entre as duas .

Um rio pode alimentar um aquífero subterrâneo ou ser alimentado por ele, por exemplo, em um ano de pluviometria alta, ocorre uma conseqüente elevação do nível hidrostático do aquífero, que passa a contribuir para o escoamento superficial do rio; uma vez chegada a época de estio o nível d'água do aquífero vai baixando, e quando estiver com cota abaixo da cota do rio; passa a ser alimentado por ele

(rio), ocorrendo assim uma inversão no fluxo. No primeiro caso o rio é chamado de rio influente e no segundo caso de rio efluente.

No caso do rio influente a cota do nível d'água do rio é superior à cota potenciométrica do aquífero. Para o rio efluente, ocorre o inverso.

Como já foi citado anteriormente, o problema consistia em verificar se a construção dos canais de drenagem no bairro do Bessa e conseqüente impermeabilização desse trecho, provocará uma intervenção significativa no aquífero, qual seja, uma elevação do nível do lençol freático ou uma inversão de sentido no escoamento (rio-aquífero); já que o aquífero naturalmente era drenado, parte pelo Rio Morto (dreno natural), parte pelo Oceano Atlântico.

3.2 – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

3.2.1 – Serviços Preliminares

A primeira fase do estudo em pauta objetivou a identificação das condições naturais de circulação no aquífero. Para tal se fizeram necessárias medições de níveis freáticos na área em estudo. Para isso foram executados 92 furos de sondagens e instalados poços piezométricos. Em uma primeira etapa, foram instalados 65 furos e com o avanços dos estudos foram locados os 27 furos restantes. Para a locação dos furos foram escolhidos pontos estratégicos, que permitiram a construção do mapa de rede de fluxo (anexo 01), que representa o escoamento subterrâneo natural.

As sondagens foram realizadas a percussão, com diâmetro de 2", todas atingindo um mínimo de 2,00 m abaixo do nível freático, (foto 01). Não houve necessidade de furos mais profundos, já que a litologia da região, bastante conhecida, apresenta características aproximadamente uniforme, com material arenoso fino a médio, conforme se pode constatar em alguns perfis de sondagens apresentados no anexo 03.

Em cada um dos furos de sondagem executados, foi instalado um tubo de PVC de 32 mm de diâmetro (tubo piezométrico), fechado na sua parte inferior, lateralmente perfurado e com tampa removível na sua parte superior, situada a aproximadamente 25cm acima do solo, de forma a permitir, a qualquer tempo, a medição da profundidade do lençol freático naqueles pontos (foto.02).

Essas profundidades, medidas nesses piezômetros, permitirão, conforme já citado, a análise do escoamento subterrâneo natural que, por sua vez, servirá de base para a análise da influência das águas subterrâneas no sistema de drenagem em construção naquela área, e vice-versa.



Foto 01 – Execução dos Furos de Sondagens



Foto 02 – Tubo Piezométrico

3.2.2 - Campanhas de Medições Piezométricas

De posse da Tábua de Marés, foram programadas e executadas seis campanhas de medição dos níveis do lençol freático em cada piezômetro instalado, as primeiras nos 65 piezômetros iniciais e as campanhas posteriores tiveram também medidas nos demais piezômetros. Os dias para realização desta tarefa foram selecionados em função dos valores máximos e mínimos da Preamar e da Baixa-mar. O objetivo era saber como o lençol se comportaria com a ocorrência do fenômeno.

Apesar do lençol ser do tipo livre, sua conexão com os aquíferos inferiores confinados poderia acarretar reflexos nos níveis e, conseqüentemente, no fluxo do freático, em termos de direção e sentido, após duas Campanhas de medições verificou-se que, a influência das marés no nível do lençol freático era pequena ou mesmo nula na maioria dos pontos observados, conforme observa-se na tabela 1.

Na tabela 2, são apresentados os resultados das seis Campanhas de medições tomados os valores da maré alta. A falta de leituras em alguns piezômetros, deve-se a muitos terem sido danificados e até mesmo destruídos por desavisados da área ou até mesmo por atos de vandalismo. Isso dificultava, a cada nova leitura, um traçado mais preciso da rede de fluxo, sendo necessárias

recuperações periódicas dos referidos piezômetros, ou a utilização de cotas estimadas dos níveis d'água, tomando como base a variação de nível em piezômetros vizinhos.

3.2.3 – Estimativa do Escoamento Subterrâneo Natural

Com os dados do Nivelamento Topográfico foi possível construir a Tabela 3, a partir da qual foram elaborados os mapas hidrogeológicos de Rede de Fluxo de Marés Alta e Baixa, (anexo 01). As variações de profundidade da superfície do lençol freático estão mostradas nos histogramas de cada piezômetro, (anexo 04), os quais contêm os valores obtidos em seis campanhas de medição de níveis, já efetuadas.

Tabela 1 - Variações dos Níveis Hidrostáticos dos Piezômetros, com as Marés Baixa e Alta, Bessa, João Pessoa – PB

| FURO | Prof. do Niv. Freático (m) 1ª Leitura | | | Prof. do Niv. Freático (m) 2ª Leitura | | |
|------|---------------------------------------|-----------|---------------|---------------------------------------|------------|---------------|
| | MARÉ BAIXA | MARÉ ALTA | VAR. PROF.(m) | MARÉ BAIXA | MARÉ ALTA | VAR. PROF.(m) |
| 1 | - | - | - | 1,520 | 1,52 | 0,00 |
| 2 | - | - | - | 1,520 | 1,52 | 0,00 |
| 3 | - | - | - | 3,840 | 3,84 | 0,00 |
| 4 | 2,545 | 2,545 | 0,00 | 3,150 | 3,14 | 0,01 |
| 5 | - | - | - | 2,100 | 2,09 | 0,01 |
| 6 | 3,344 | 3,274 | 0,07 | 3,830 | 3,758 | 0,07 |
| 7 | 1,164 | 1,154 | 0,01 | 1,800 | 1,79 | 0,01 |
| 8 | 1,690 | 1,690 | 0,00 | 1,810 | 1,80 | 0,01 |
| 9 | 1,533 | 1,483 | 0,05 | 2,180 | 2,15 | 0,03 |
| 10 | 1,179 | 1,159 | 0,02 | Entupido | Entupido | - |
| 11 | 2,331 | 2,301 | 0,03 | 2,390 | 2,365 | 0,02 |
| 12 | 2,490 | 2,490 | 0,00 | Entupido | Entupido | - |
| 13 | 3,830 | 3,720 | 0,11 | 3,910 | 3,79 | 0,12 |
| 14 | 0,785 | 0,775 | 0,01 | 1,180 | 1,16 | 0,02 |
| 15 | 2,245 | 2,225 | 0,02 | 2,570 | 2,55 | 0,02 |
| 16 | 2,128 | 2,128 | 0,00 | 2,530 | 2,53 | 0,00 |
| 17 | 2,160 | 2,100 | 0,06 | Destruído | Destruído | - |
| 18 | 2,730 | 2,690 | 0,04 | 3,170 | 3,16 | 0,01 |
| 19 | Arrancado | Arrancado | - | 3,200 | 3,185 | 0,02 |
| 20 | Obstruído | Obstruído | - | 3,230 | 3,22 | 0,01 |
| 21 | 2,163 | 2,143 | 0,02 | 2,570 | 2,57 | 0,00 |
| 22 | 1,640 | 1,640 | 0,00 | Construção | Construção | - |
| 23 | 2,257 | 2,227 | 0,03 | Construção | Construção | - |
| 24 | 1,180 | 1,160 | 0,02 | 1,76 | 1,74 | 0,02 |
| 25 | 1,121 | 1,151 | -0,03 | 1,89 | 1,86 | 0,03 |
| 26 | 1,021 | 1,011 | 0,01 | Entupido | Entupido | - |
| 27 | 1,686 | 1,686 | 0,00 | 2,32 | 2,31 | 0,01 |
| 28 | Arrancado | Arrancado | - | 3,39 | 3,36 | 0,03 |
| 29 | 2,967 | 2,967 | 0,00 | 3,68 | 3,65 | 0,03 |
| 30 | 1,739 | 1,709 | 0,03 | 2,29 | 2,26 | 0,03 |

Relatório de Estágio Supervisionado

Continuação da Tabela 1

| | | | | | | |
|----|-----------|-----------|-------|----------|----------|------|
| 31 | 1,553 | 1,573 | -0,02 | 2,29 | 2,26 | 0,03 |
| 32 | 1,452 | 1,452 | 0,00 | 2,21 | 2,21 | 0,00 |
| 33 | 1,473 | 1,453 | 0,02 | 1,8 | 1,79 | 0,01 |
| 34 | 0,905 | 0,885 | 0,02 | 2,01 | 2,00 | 0,01 |
| 35 | 1,607 | 1,617 | -0,01 | Entupido | Entupido | - |
| 36 | 0,977 | 0,967 | 0,01 | 2,22 | 2,22 | 0,00 |
| 37 | 1,037 | 0,987 | 0,05 | 1,68 | 1,67 | 0,01 |
| 38 | 1,578 | 1,568 | 0,01 | 1,86 | 1,84 | 0,02 |
| 41 | 2,860 | 2,860 | 0,00 | 2,33 | 2,32 | 0,01 |
| 42 | 1,862 | 1,862 | 0,00 | 3,21 | 3,20 | 0,01 |
| 43 | Arrancado | Arrancado | - | 3,62 | 3,59 | 0,03 |
| 44 | 2,571 | 2,521 | 0,05 | 3,58 | 3,57 | 0,01 |
| 45 | Arrancado | Arrancado | - | 2,60 | 2,575 | 0,02 |
| 46 | Sem Cota | Sem Cota | - | 2,13 | 2,10 | 0,03 |
| 47 | 1,882 | 1,882 | 0,00 | 3,19 | 3,17 | 0,02 |
| 48 | 1,213 | 1,213 | 0,00 | 3,22 | 3,20 | 0,02 |
| 49 | 2,570 | 2,560 | 0,01 | 3,50 | 3,46 | 0,04 |
| 50 | 3,541 | 3,541 | 0,00 | 2,58 | 2,57 | 0,01 |
| 51 | 2,750 | 2,740 | 0,01 | 1,84 | 1,84 | 0,00 |
| 52 | 1,861 | 1,851 | 0,01 | 3,28 | 3,27 | 0,01 |
| 53 | 1,991 | 2,011 | -0,02 | 4,17 | 4,16 | 0,01 |
| 54 | 3,957 | 3,957 | 0,00 | 3,45 | 3,44 | 0,01 |
| 55 | 1,167 | 1,157 | 0,01 | 2,55 | 2,54 | 0,01 |
| 56 | 3,965 | 3,965 | 0,00 | 2,72 | 2,71 | 0,01 |
| 57 | 0,967 | 0,997 | -0,03 | 4,54 | 4,54 | 0,00 |
| 58 | 1,840 | 1,910 | -0,07 | 1,79 | 1,79 | 0,00 |
| 59 | 0,849 | 0,839 | 0,01 | 4,54 | 4,51 | 0,03 |
| 60 | 0,845 | 0,845 | 0,00 | 1,62 | 1,60 | 0,02 |
| 61 | 0,750 | 0,730 | 0,02 | 2,23 | 2,22 | 0,01 |
| 62 | 0,849 | 0,849 | 0,00 | 1,38 | 1,37 | 0,01 |
| 63 | 1,392 | 1,392 | 0,00 | 1,47 | 1,455 | 0,01 |
| 64 | 1,102 | 1,102 | 0,00 | 1,33 | 1,30 | 0,03 |
| 65 | 1,579 | 1,779 | -0,20 | 1,42 | 1,40 | 0,02 |

Relatório de Estágio Supervisionado

Tabela 2- Profundidade do Nível d'água nas seis Campanhas de Medições, bairro do Bessa – João Pessoa PB

| 1ª Campanha de Medição | | 2ª Campanha de Medição | | 3ª Campanha de Medição | | 4ª Campanha de Medição | | 5ª Campanha de Medição | | 6ª Campanha de Medição | |
|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| Piez. | Prof. N. d'água | Piez. | Prof. N. d'água | Piez. | Prof. N. d'água | Piez. | Prof. N. d'água | Piez. | Prof. N. d'água | Piez. | Prof. N. d'água |
| 1 | - | 1 | 1.520 | 1 | 1.41 | 1 | 1.26 | 1 | Destruído | 1 | Destruído |
| 2 | - | 2 | 1.520 | 2 | 1.34 | 2 | 1.20 | 2 | Destruído | 2 | Destruído |
| 3 | - | 3 | 3.840 | 3 | 3.61 | 3 | 3.35 | 3 | 3.19 | 3 | 3.39 |
| 4 | 2.545 | 4 | 3.150 | 4 | 3.19 | 4 | 2.26 | 4 | 2.65 | 4 | 2.88 |
| 5 | - | 5 | 2.100 | 5 | Destruído | 5 | Destruído | 5 | Destruído | 5 | Destruído |
| 6 | 3.274 | 6 | 3.830 | 6 | 3.86 | 6 | 3.49 | 6 | 3.36 | 6 | 3.56 |
| 7 | 1.154 | 7 | 1.800 | 7 | Destruído | 7 | 1.10 | 7 | Destruído | 7 | Destruído |
| 8 | 1.690 | 8 | 1.810 | 8 | 1.91 | 8 | 1.61 | 8 | Destruído | 8 | Destruído |
| 9 | 1.483 | 9 | 2.180 | 9 | 2.17 | 9 | 1.83 | 9 | Destruído | 9 | Destruído |
| 10 | 1.159 | 10 | Entupido | 10 | Destruído | 10 | Destruído | 10 | Destruído | 10 | Destruído |
| 11 | 2.301 | 11 | 2.390 | 11 | 2.37 | 11 | 2.07 | 11 | 1.95 | 11 | 2.44 |
| 12 | 2.490 | 12 | Entupido | 12 | Destruído | 12 | 2.12 | 12 | Destruído | 12 | Destruído |
| 13 | 3.720 | 13 | 3.910 | 13 | 3.38 | 13 | 3.41 | 13 | Destruído | 13 | Destruído |
| 14 | 0.775 | 14 | 1.180 | 14 | Destruído | 14 | Destruído | 14 | Destruído | 14 | Destruído |
| 15 | 2.225 | 15 | 2.570 | 15 | 2.20 | 15 | 1.90 | 15 | 1.83 | 15 | 2.57 |
| 16 | 2.128 | 16 | 2.530 | 16 | 2.51 | 16 | 2.21 | 16 | 2.14 | 16 | 2.53 |
| 17 | 2.100 | 17 | Destruído | 17 | Destruído | 17 | 2.79 | 17 | Destruído | 17 | Destruído |
| 18 | 2.690 | 18 | 3.170 | 18 | 3.24 | 18 | 3.01 | 18 | Destruído | 18 | 2.03 |
| 19 | Arrancado | 19 | 3.200 | 19 | 3.29 | 19 | 3.19 | 19 | Destruído | 19 | 2.00 |
| 20 | Obstruído | 20 | 3.230 | 20 | 3.31 | 20 | 3.27 | 20 | Destruído | 20 | Destruído |
| 21 | 2.143 | 21 | 2.570 | 21 | 2.58 | 21 | 2.21 | 21 | 2.09 | 21 | 2.37 |
| 22 | 1.640 | 22 | Construção | 22 | Destruído | 22 | 1.73 | 22 | Destruído | 22 | Destruído |
| 23 | 2.227 | 23 | Construção | 23 | Destruído | 23 | Destruído | 23 | Destruído | 23 | Destruído |
| 24 | 1.160 | 24 | 1.76 | 24 | 1.81 | 24 | 1.60 | 24 | Destruído | 24 | Destruído |
| 25 | 1.151 | 25 | 1.89 | 25 | 1.91 | 25 | 1.55 | 25 | 1.33 | 25 | 1.50 |
| 26 | 1.011 | 26 | Entupido | 26 | Destruído | 26 | Destruído | 26 | Destruído | 26 | Destruído |
| 27 | 1.686 | 27 | 2.32 | 27 | 2.40 | 27 | 2.03 | 27 | Destruído | 27 | Destruído |
| 28 | Arrancado | 28 | 3.39 | 28 | 3.47 | 28 | 3.16 | 28 | Destruído | 28 | Destruído |
| 29 | 2.967 | 29 | 3.68 | 29 | 3.78 | 29 | 3.06 | 29 | Destruído | 29 | Destruído |
| 30 | 1.709 | 30 | 2.29 | 30 | 3.37 | 30 | 2.01 | 30 | 1.82 | 30 | 1.95 |
| 31 | 1.573 | 31 | 2.21 | 31 | 2.03 | 31 | 1.68 | 31 | 1.64 | 31 | 1.88 |
| 32 | 1.452 | 32 | 1.8 | 32 | 1.80 | 32 | 1.48 | 32 | 1.44 | 32 | 1.70 |
| 33 | 1.453 | 33 | 2.01 | 33 | 1.73 | 33 | 1.38 | 33 | 1.34 | 33 | 1.60 |
| 34 | 0.885 | 34 | Destruído | 34 | Destruído | 34 | Destruído | 34 | Destruído | 34 | Destruído |
| 35 | 1.617 | 35 | 2.22 | 35 | 2.38 | 35 | 2.11 | 35 | 1.87 | 35 | 1.99 |
| 36 | 0.967 | 36 | 1.68 | 36 | 1.76 | 36 | 1.45 | 36 | 1.19 | 36 | 1.49 |
| 37 | 0.987 | 37 | 1.86 | 37 | 1.91 | 37 | 1.64 | 37 | 1.40 | 37 | 1.51 |
| 38 | 1.568 | 38 | 2.33 | 38 | 2.44 | 38 | 2.17 | 38 | 1.90 | 38 | 1.99 |
| 39 | 2.488 | 39 | 3.21 | 39 | 3.31 | 39 | 2.91 | 39 | 2.70 | 39 | 2.81 |
| 40 | 3.082 | 40 | 3.62 | 40 | 3.62 | 40 | 3.46 | 40 | 3.25 | 40 | 3.37 |
| 41 | 2.860 | 41 | 3.58 | 41 | 3.70 | 41 | 3.48 | 41 | 2.95 | 41 | 3.02 |
| 42 | 1.862 | 42 | 2.60 | 42 | 2.71 | 42 | 2.49 | 42 | 2.23 | 42 | 2.28 |
| 43 | Arrancado | 43 | 2.13 | 43 | 2.22 | 43 | 2.01 | 43 | Destruído | 43 | 1.61 |
| 44 | 2.521 | 44 | 3.19 | 44 | 3.30 | 44 | 3.11 | 44 | 2.90 | 44 | 2.93 |
| 45 | Arrancado | 45 | 3.22 | 45 | 3.31 | 45 | 3.13 | 45 | 2.87 | 45 | 2.88 |
| 46 | Sem Cota | 46 | 3.50 | 46 | 2.80 | 46 | 2.57 | 46 | Destruído | 46 | 2.63 |

Continuação da Tabela 2

| | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|------------------|----|------------------|----|------------------|----|------------------|----|------------------|
| 47 | 1.882 | 47 | 2.58 | 47 | 2.67 | 47 | 2.52 | 47 | 2.26 | 47 | 2.27 |
| 48 | 1.213 | 48 | 1.84 | 48 | 1.87 | 48 | 1.58 | 48 | 1.40 | 48 | 1.58 |
| 49 | 2.560 | 49 | 3.28 | 49 | 3.35 | 49 | 3.00 | 49 | <i>Destruído</i> | 49 | <i>Destruído</i> |
| 50 | 3.541 | 50 | 4.17 | 50 | 4.24 | 50 | 4.51 | 50 | 3.93 | 50 | 3.91 |
| 51 | 2.740 | 51 | 3.45 | 51 | 3.53 | 51 | 3.40 | 51 | <i>Destruído</i> | 51 | <i>Destruído</i> |
| 52 | 1.851 | 52 | 2.55 | 52 | 2.62 | 52 | 2.52 | 52 | 2.28 | 52 | 2.26 |
| 53 | 2.011 | 53 | 2.72 | 53 | 2.71 | 53 | 2.62 | 53 | <i>Destruído</i> | 53 | <i>Destruído</i> |
| 54 | 3.957 | 54 | 4.54 | 54 | 4.60 | 54 | 4.49 | 54 | 4.24 | 54 | 4.27 |
| 55 | 1.157 | 55 | 1.79 | 55 | 1.81 | 55 | 1.66 | 55 | <i>Destruído</i> | 55 | <i>Destruído</i> |
| 56 | 3.965 | 56 | 4.54 | 56 | 4.53 | 56 | 4.40 | 56 | 4.12 | 56 | 4.12 |
| 57 | 0.997 | 57 | 1.62 | 57 | 1.62 | 57 | 1.45 | 57 | 1.05 | 57 | 1.20 |
| 58 | 1.910 | 58 | 2.23 | 58 | 2.31 | 58 | 2.18 | 58 | 1.93 | 58 | 1.96 |
| 59 | 0.839 | 59 | 1.38 | 59 | 1.45 | 59 | 1.29 | 59 | 0.97 | 59 | 1.17 |
| 60 | 0.845 | 60 | 1.47 | 60 | 1.55 | 60 | 1.38 | 60 | <i>Destruído</i> | 60 | <i>Destruído</i> |
| 61 | 0.730 | 61 | 1.33 | 61 | 1.35 | 61 | 1.13 | 61 | 0.69 | 61 | 0.93 |
| 62 | 0.849 | 62 | 1.42 | 62 | 1.46 | 62 | 1.22 | 62 | 0.81 | 62 | 1.04 |
| 63 | 1.392 | 63 | <i>Destruído</i> | 63 | <i>Destruído</i> | 63 | 1.11 | 63 | <i>Destruído</i> | 63 | 1.27 |
| 64 | 1.102 | 64 | 1.40 | 64 | 1.42 | 64 | 1.21 | 64 | Entupido | 64 | 0.72 |
| 65 | 1.779 | 65 | 2.29 | 65 | 2.32 | 65 | 2.15 | 65 | 2.03 | 65 | 2.10 |
| 66 | - | 66 | 3.11 | 66 | 3.20 | 66 | 2.98 | 66 | <i>Destruído</i> | 66 | <i>Destruído</i> |
| 67 | - | 67 | 2.79 | 67 | 2.87 | 67 | 2.59 | 67 | <i>Destruído</i> | 67 | <i>Destruído</i> |
| 68 | - | 68 | 1.81 | 68 | 1.84 | 68 | 1.53 | 68 | 1.23 | 68 | 1.41 |
| 69 | - | 69 | 1.79 | 69 | 1.85 | 69 | 1.57 | 69 | <i>Destruído</i> | 69 | <i>Destruído</i> |
| 70 | - | 70 | 2.77 | 70 | 2.78 | 70 | 2.47 | 70 | <i>Destruído</i> | 70 | <i>Destruído</i> |
| 71 | - | 71 | 3.46 | 71 | <i>Destruído</i> | 71 | <i>Destruído</i> | 71 | <i>Destruído</i> | 71 | <i>Destruído</i> |
| 72 | - | 72 | 1.44 | 72 | 1.90 | 72 | 1.69 | 72 | <i>Destruído</i> | 72 | <i>Destruído</i> |
| 73 | - | 73 | 1.94 | 73 | 1.52 | 73 | 1.34 | 73 | <i>Destruído</i> | 73 | <i>Destruído</i> |
| 74 | - | 74 | 1.78 | 74 | 1.97 | 74 | 1.62 | 74 | 1.45 | 74 | 1.61 |
| 75 | - | 75 | 1.83 | 75 | 1.79 | 75 | 1.02 | 75 | <i>Destruído</i> | 75 | <i>Destruído</i> |
| 76 | - | 76 | 1.81 | 76 | 1.85 | 76 | 1.55 | 76 | 1.35 | 76 | 1.51 |
| 77 | - | 77 | 1.97 | 77 | 1.91 | 77 | 1.70 | 77 | <i>Destruído</i> | 77 | 1.04 |
| 78 | - | 78 | 1.43 | 78 | 1.98 | 78 | 1.64 | 78 | <i>Destruído</i> | 78 | 1.61 |
| 79 | - | 79 | 2.19 | 79 | 1.51 | 79 | 1.26 | 79 | <i>Destruído</i> | 79 | 0.83 |
| 80 | - | 80 | 1.22 | 80 | 2.27 | 80 | 2.01 | 80 | <i>Destruído</i> | 80 | <i>Destruído</i> |
| 81 | - | 81 | 2.29 | 81 | 1.35 | 81 | 1.18 | 81 | Entupido | 81 | Entupido |
| 82 | - | 82 | - | 82 | 2.28 | 82 | 2.16 | 82 | 1.93 | 82 | 2.03 |
| 83 | - | 83 | - | 83 | - | 83 | - | 83 | - | 83 | 1.54 |
| 84 | - | 84 | - | 84 | - | 84 | - | 84 | - | 84 | 1.54 |
| 85 | - | 85 | - | 85 | - | 85 | - | 85 | - | 85 | 1.27 |
| 86 | - | 86 | - | 86 | - | 86 | - | 86 | - | 86 | 1.75 |
| 87 | - | 87 | - | 87 | - | 87 | - | 87 | - | 87 | 1.42 |
| 88 | - | 88 | - | 88 | - | 88 | - | 88 | - | 88 | 1.00 |
| 89 | - | 89 | - | 89 | - | 89 | - | 89 | - | 89 | 1.45 |
| 90 | - | 90 | - | 90 | - | 90 | - | 90 | - | 90 | 1.42 |
| 91 | - | 91 | - | 91 | - | 91 | - | 91 | - | 91 | 1.00 |
| 92 | - | 92 | - | 92 | - | 92 | - | 92 | - | 92 | 1.74 |

Relatório de Estágio Supervisionado

Tabela 3 – Cotas do Nível Freático dos Piezômetros com a Maré Alta, Bessa, João Pessoa - PB

| Piez. | 1ª Campanha de Medição | | | 2ª Campanha de Medição | | 3ª Campanha de Medição | | 4ª Campanha de Medição | | 5ª Campanha de Medição | | 6ª Campanha de Medição | |
|-------|------------------------|---------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | Cta Piez. | Pr. N. d'água | Cta Niv.d'água | Pr. N. d'água | Cta Niv.d'água | Pr. N. d'água | Cta Niv.d'água | Pr. N. d'água | Cta Niv.d'água | Pr. N. d'água | Cta Niv.d'água | Pr. N. d'água | Cta Niv.d'água |
| 1 | 3.150 | - | - | 1.520 | 1.630 | 1.41 | 1.740 | 1.26 | 1.890 | Destruído | - | Destruído | - |
| 2 | 3.410 | - | - | 1.520 | 1.890 | 1.34 | 2.070 | 1.20 | 2.210 | Destruído | - | Destruído | - |
| 3 | 5.384 | - | - | 3.840 | 1.544 | 3.61 | 1.774 | 3.35 | 2.034 | 3.19 | 2.194 | 3.39 | 1.994 |
| 4 | 5.386 | 2.545 | 2.841 | 3.150 | 2.236 | 3.19 | 2.196 | 2.26 | 3.126 | 2.65 | 2.736 | 2.88 | 2.506 |
| 6 | 5.755 | 3.274 | 2.481 | 3.830 | 1.925 | 3.86 | 1.895 | 3.49 | 2.265 | 3.36 | 2.395 | 3.56 | 2.195 |
| 7 | 4.045 | 1.154 | 2.891 | 1.800 | 2.245 | Destruído | - | 1.10 | 2.945 | Destruído | - | Destruído | - |
| 8 | 3.910 | 1.690 | 2.220 | 1.810 | 2.100 | 1.91 | 2.000 | 1.61 | 2.300 | Destruído | - | Destruído | - |
| 9 | 4.703 | 1.483 | 3.220 | 2.180 | 2.523 | 2.17 | 2.533 | 1.83 | 2.873 | Destruído | - | Destruído | - |
| 11 | 4.578 | 2.301 | 2.277 | 2.390 | 2.188 | 2.37 | 2.208 | 2.07 | 2.508 | 1.95 | 2.628 | 2.44 | 2.138 |
| 12 | 4.629 | 2.490 | 2.139 | Entupido | - | Destruído | - | 2.12 | 2.509 | Destruído | - | Destruído | - |
| 13 | 5.442 | 3.720 | 1.722 | 3.910 | 1.532 | 3.38 | 2.062 | 3.41 | 2.032 | Destruído | - | Destruído | - |
| 15 | 4.524 | 2.225 | 2.299 | 2.570 | 1.954 | 2.20 | 2.324 | 1.90 | 2.624 | 1.83 | 2.694 | 2.57 | 1.954 |
| 16 | 4.714 | 2.128 | 2.586 | 2.530 | 2.184 | 2.51 | 2.204 | 2.21 | 2.504 | 2.14 | 2.574 | 2.53 | 2.184 |
| 17 | 4.385 | 2.100 | 2.285 | Destruído | - | Destruído | - | 2.79 | 1.595 | Destruído | - | Destruído | - |
| 18 | 5.054 | 2.690 | 2.364 | 3.170 | 1.884 | 3.24 | 1.814 | 3.01 | 2.044 | Destruído | - | 2.03 | 3.024 |
| 19 | 4.585 | Arrancado | - | 3.200 | 1.385 | 3.29 | 1.295 | 3.19 | 1.395 | Destruído | - | 2.00 | 2.585 |
| 20 | 4.578 | Obstruído | - | 3.230 | 1.348 | 3.31 | 1.268 | 3.27 | 1.308 | Destruído | - | Destruído | - |
| 21 | 4.967 | 2.143 | 2.824 | 2.570 | 2.397 | 2.58 | 2.387 | 2.21 | 2.757 | 2.09 | 2.877 | 2.37 | 2.597 |
| 22 | 4.489 | 1.640 | 2.849 | Construção | - | Destruído | - | 1.73 | 2.759 | Destruído | - | Destruído | - |
| 24 | 4.415 | 1.160 | 3.255 | 1.76 | 2.655 | 1.81 | 2.605 | 1.60 | 2.815 | Destruído | - | Destruído | - |
| 25 | 4.414 | 1.151 | 3.263 | 1.89 | 2.524 | 1.91 | 2.504 | 1.55 | 2.864 | 1.33 | 3.084 | 1.50 | 2.914 |
| 27 | 4.538 | 1.686 | 2.852 | 2.32 | 2.218 | 2.40 | 2.138 | 2.03 | 2.508 | Destruído | - | Destruído | - |
| 28 | 5.655 | Arrancado | - | 3.39 | 2.265 | 3.47 | 2.185 | 3.16 | 2.495 | Destruído | - | Destruído | - |
| 29 | 5.800 | 2.967 | 2.833 | 3.68 | 2.120 | 3.78 | 2.020 | 3.06 | 2.740 | Destruído | - | Destruído | - |
| 30 | 4.428 | 1.709 | 2.719 | 2.29 | 2.138 | 3.37 | 1.058 | 2.01 | 2.418 | 1.82 | 2.608 | 1.95 | 2.478 |
| 31 | 4.418 | 1.573 | 2.845 | 2.21 | 2.208 | 2.03 | 2.388 | 1.68 | 2.738 | 1.64 | 2.778 | 1.88 | 2.538 |
| 32 | 4.253 | 1.452 | 2.801 | 1.8 | 2.453 | 1.80 | 2.453 | 1.48 | 2.773 | 1.44 | 2.813 | 1.70 | 2.553 |
| 33 | 4.116 | 1.453 | 2.663 | 2.01 | 2.106 | 1.73 | 2.386 | 1.38 | 2.736 | 1.34 | 2.776 | 1.60 | 2.516 |
| 35 | 5.069 | 1.617 | 3.452 | 2.22 | 2.849 | 2.38 | 2.689 | 2.11 | 2.959 | 1.87 | 3.199 | 1.99 | 3.079 |
| 36 | 4.512 | 0.967 | 3.545 | 1.68 | 2.832 | 1.76 | 2.752 | 1.45 | 3.062 | 1.19 | 3.322 | 1.49 | 3.022 |
| 37 | 4.755 | 0.987 | 3.768 | 1.86 | 2.895 | 1.91 | 2.845 | 1.64 | 3.115 | 1.40 | 3.355 | 1.51 | 3.245 |
| 38 | 5.072 | 1.568 | 3.504 | 2.33 | 2.742 | 2.44 | 2.632 | 2.17 | 2.902 | 1.90 | 3.172 | 1.99 | 3.082 |
| 39 | 5.557 | 2.488 | 3.069 | 3.21 | 2.347 | 3.31 | 2.247 | 2.91 | 2.647 | 2.70 | 2.857 | 2.81 | 2.747 |
| 40 | 5.793 | 3.082 | 2.711 | 3.62 | 2.173 | 3.62 | 2.173 | 3.46 | 2.333 | 3.25 | 2.543 | 3.37 | 2.423 |
| 41 | 6.103 | 2.860 | 3.243 | 3.58 | 2.523 | 3.70 | 2.403 | 3.48 | 2.623 | 2.95 | 3.153 | 3.02 | 3.083 |
| 42 | 5.510 | 1.862 | 3.648 | 2.60 | 2.910 | 2.71 | 2.800 | 2.49 | 3.020 | 2.23 | 3.280 | 2.28 | 3.230 |
| 43 | 4.487 | Arrancado | - | 2.13 | 2.357 | 2.22 | 2.267 | 2.01 | 2.477 | Destruído | - | 1.61 | 2.877 |
| 44 | 5.844 | 2.521 | 3.323 | 3.19 | 2.654 | 3.30 | 2.544 | 3.11 | 2.734 | 2.90 | 2.944 | 2.93 | 2.914 |
| 45 | 5.584 | Arrancado | - | 3.22 | 2.364 | 3.31 | 2.274 | 3.13 | 2.454 | 2.87 | 2.714 | 2.88 | 2.704 |
| 46 | 5.731 | Sem Cota | - | 3.50 | 2.231 | 2.80 | 2.931 | 2.57 | 3.161 | Destruído | - | 2.63 | 3.101 |
| 47 | 5.424 | 1.882 | 3.542 | 2.58 | 2.844 | 2.67 | 2.754 | 2.52 | 2.904 | 2.26 | 3.164 | 2.27 | 3.154 |
| 48 | 4.514 | 1.213 | 3.301 | 1.84 | 2.674 | 1.87 | 2.644 | 1.58 | 2.934 | 1.40 | 3.114 | 1.58 | 2.934 |
| 49 | 5.547 | 2.560 | 2.987 | 3.28 | 2.267 | 3.35 | 2.197 | 3.00 | 2.547 | Destruído | - | Destruído | - |
| 50 | 6.276 | 3.541 | 2.735 | 4.17 | 2.106 | 4.24 | 2.036 | 4.51 | 1.766 | 3.93 | 2.346 | 3.91 | 2.366 |

Relatório de Estágio Supervisionado

Continuação da Tabela 3

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| 51 | 5.823 | 2.740 | 3.083 | 3.45 | 2.373 | 3.53 | 2.293 | 3.40 | 2.423 | Destruido | - | Destruido | - |
| 52 | 5.215 | 1.851 | 3.364 | 2.55 | 2.665 | 2.62 | 2.595 | 2.52 | 2.695 | 2.28 | 2.935 | 2.26 | 2.955 |
| 53 | 4.858 | 2.011 | 2.847 | 2.72 | 2.138 | 2.71 | 2.148 | 2.62 | 2.238 | Destruido | - | Destruido | - |
| 54 | 6.258 | 3.957 | 2.301 | 4.54 | 1.718 | 4.60 | 1.658 | 4.49 | 1.768 | 4.24 | 2.018 | 4.27 | 1.988 |
| 55 | 3.534 | 1.157 | 2.377 | 1.79 | 1.744 | 1.81 | 1.724 | 1.66 | 1.874 | Destruido | - | Destruido | - |
| 56 | 5.923 | 3.965 | 1.958 | 4.54 | 1.383 | 4.53 | 1.393 | 4.40 | 1.523 | 4.12 | 1.803 | 4.12 | 1.803 |
| 57 | 3.131 | 0.997 | 2.134 | 1.62 | 1.511 | 1.62 | 1.511 | 1.45 | 1.681 | 1.05 | 2.081 | 1.20 | 1.931 |
| 58 | 4.598 | 1.910 | 2.688 | 2.23 | 2.368 | 2.31 | 2.288 | 2.18 | 2.418 | 1.93 | 2.668 | 1.96 | 2.638 |
| 59 | 3.761 | 0.839 | 2.922 | 1.38 | 2.381 | 1.45 | 2.311 | 1.29 | 2.471 | 0.97 | 2.791 | 1.17 | 2.591 |
| 60 | 4.487 | 0.845 | 3.642 | 1.47 | 3.017 | 1.55 | 2.937 | 1.38 | 3.107 | Destruido | - | Destruido | - |
| 61 | 4.163 | 0.730 | 3.433 | 1.33 | 2.833 | 1.35 | 2.813 | 1.13 | 3.033 | 0.69 | 3.473 | 0.93 | 3.233 |
| 62 | 4.305 | 0.849 | 3.456 | 1.42 | 2.885 | 1.46 | 2.845 | 1.22 | 3.085 | 0.81 | 3.495 | 1.04 | 3.265 |
| 63 | 5.065 | 1.392 | 3.673 | Destruido | - | Destruido | - | 1.11 | 3.955 | Destruido | - | 1.27 | 3.795 |
| 64 | 3.868 | 1.102 | 2.766 | 1.40 | 2.468 | 1.42 | 2.448 | 1.21 | 2.658 | Entupido | - | 0.72 | 3.148 |
| 65 | 3.355 | 1.779 | 1.576 | 2.29 | 1.065 | 2.32 | 1.035 | 2.15 | 1.205 | 2.03 | 1.325 | 2.10 | 1.255 |
| 66 | 6.670 | - | 6.670 | 3.11 | 3.560 | 3.20 | 3.470 | 2.98 | 3.690 | Destruido | - | Destruido | - |
| 67 | 5.716 | - | 5.716 | 2.79 | 2.926 | 2.87 | 2.846 | 2.59 | 3.126 | Destruido | - | Destruido | - |
| 68 | 4.411 | - | 4.411 | 1.81 | 2.601 | 1.84 | 2.571 | 1.53 | 2.881 | 1.23 | 3.181 | 1.41 | 3.001 |
| 69 | 4.640 | - | 4.640 | 1.79 | 2.850 | 1.85 | 2.790 | 1.57 | 3.070 | Destruido | - | Destruido | - |
| 70 | 4.858 | - | 4.858 | 2.77 | 2.088 | 2.78 | 2.078 | 2.47 | 2.388 | Destruido | - | Destruido | - |
| 72 | 4.816 | - | 4.816 | 3.46 | 1.356 | 1.90 | 2.916 | 1.69 | 3.131 | Destruido | - | Destruido | - |
| 73 | 4.016 | - | 4.016 | 1.44 | 2.576 | 1.52 | 2.496 | 1.34 | 2.676 | Destruido | - | Destruido | - |
| 74 | 4.674 | - | 4.674 | 1.94 | 2.734 | 1.97 | 2.704 | 1.62 | 3.054 | 1.45 | 3.224 | 1.61 | 3.064 |
| 75 | 4.561 | - | 4.561 | 1.78 | 2.781 | 1.79 | 2.771 | 1.02 | 3.541 | Destruido | - | Destruido | - |
| 76 | 3.979 | - | 3.979 | 1.83 | 2.149 | 1.85 | 2.129 | 1.55 | 2.429 | 1.35 | 2.629 | 1.51 | 2.469 |
| 77 | 3.684 | - | 3.684 | 1.81 | 1.874 | 1.91 | 1.774 | 1.70 | 1.984 | Destruido | - | 1.04 | 2.644 |
| 78 | 4.259 | - | 4.259 | 1.97 | 2.289 | 1.98 | 2.279 | 1.64 | 2.619 | Destruido | - | 1.61 | 2.649 |
| 79 | 3.408 | - | 3.408 | 1.43 | 1.978 | 1.51 | 1.898 | 1.26 | 2.148 | Destruido | - | 0.83 | 2.578 |
| 80 | 4.692 | - | 4.692 | 2.19 | 2.502 | 2.27 | 2.422 | 2.01 | 2.682 | Destruido | - | Destruido | - |
| 81 | 3.761 | - | 3.761 | 1.22 | 2.541 | 1.35 | 2.411 | 1.18 | 2.581 | Entupido | - | Entupido | - |
| 82 | 4.128 | - | 4.128 | 2.29 | 1.838 | 2.28 | 1.848 | 2.16 | 1.968 | 1.93 | 2.198 | 2.03 | 2.098 |
| 83 | 3.834 | - | 3.834 | - | 3.834 | - | 3.834 | - | 3.834 | - | 3.834 | 1.54 | 2.294 |
| 84 | 2.849 | - | 2.849 | - | 2.849 | - | 2.849 | - | 2.849 | - | 2.849 | 1.54 | 1.309 |
| 85 | 3.194 | - | 3.194 | - | 3.194 | - | 3.194 | - | 3.194 | - | 3.194 | 1.27 | 1.924 |
| 86 | 3.499 | - | 3.499 | - | 3.499 | - | 3.499 | - | 3.499 | - | 3.499 | 1.75 | 1.749 |
| 87 | 2.584 | - | 2.584 | - | 2.584 | - | 2.584 | - | 2.584 | - | 2.584 | 1.42 | 1.164 |
| 88 | 3.894 | - | 3.894 | - | 3.894 | - | 3.894 | - | 3.894 | - | 3.894 | 1.00 | 2.894 |
| 89 | 4.836 | - | 4.836 | - | 4.836 | - | 4.836 | - | 4.836 | - | 4.836 | 1.45 | 3.386 |
| 90 | 4.739 | - | 4.739 | - | 4.739 | - | 4.739 | - | 4.739 | - | 4.739 | 1.42 | 3.319 |
| 91 | 4.724 | - | 4.724 | - | 4.724 | - | 4.724 | - | 4.724 | - | 4.724 | 1.00 | 3.724 |
| 92 | 3.999 | - | 3.999 | - | 3.999 | - | 3.999 | - | 3.999 | - | 3.999 | 1.74 | 2.259 |

3.2.4 – Teste de Permeabilidade “in situ”

Para a determinação do coeficiente de permeabilidade foi realizado o teste furo de trado, (Auger-Hole), fotos 03, 04 e 05, ensaio que consiste na colocação de um tubo no solo, de 3" de diâmetro, furado lateralmente para permitir a passagem da água. Tal tubo deverá ficar o máximo possível abaixo do nível d'água. No caso em apreço a profundidade média alcançada, abaixo do lençol freático foi de 20 cm, o que forneceu bons resultados para o nosso estudo. Após a colocação do tubo espera-se alguns minutos para que haja a estabilização do lençol; em seguida, com uma trena, verifica-se a profundidade do nível, ao qual chamamos nível estático. Tal procedimento, foi denominado fase 01, e encontra-se ilustrado na figura 04. Na fase 02, retira-se a água existente dentro do tudo com ajuda de uma "caçamba". É o chamado esvaziamento rápido, baixando o nível d'água até o fundo do tubo. Tal fase está ilustrado na figura 05.

A fase 03 consiste em medir a velocidade com que acontece a recuperação do nível do lençol freático. Esta medição é feita com auxílio de um cronômetro, começando com intervalos pequenos (cinco segundos no caso em estudo) e aumentando gradativamente o intervalo de tempo até que o nível volte a ser o medido na fase 02, ou atinja valores bem próximos, e note-se que houve uma estabilização. Em cada ponto de medição são feitas duas leituras, no mínimo.

No nosso estudo foram escolhidos quatro pontos para realização do teste. O que determinou tal escolha foi a profundidade do lençol freático, em relação ao nível do terreno, que deveria ser mínima, seguindo esse critério, foram escolhidos para medição os vizinhos aos piezômetros de número 08, 61, 62, 77.

Os dados obtidos, estão apresentados no Anexo 02, e foram utilizados segundo a teoria específica destes testes (Boast e Kirkham, 1971). Os resultados desta avaliação são apresentados na tabela 4:

Tabela 4 – Condutividade Hidráulica do Aquífero do Bessa

| Número do Teste | Localização | Condutividade Hidráulica (Permeabilidade), em m/s |
|-----------------|---------------------------|---|
| 1 | Próximo ao piezômetro P8 | $K = 2,1 \times (10)^{-4}$ |
| 2 | Próximo ao piezômetro P61 | $K = 9,9 \times (10)^{-5}$ |
| 3 | Próximo ao piezômetro P62 | $K = 1,1 \times (10)^{-4}$ |
| 4 | Próximo ao piezômetro P77 | $K = 1,5 \times (10)^{-4}$ |
| Valor Médio | | $K = 1,42 \times (10)^{-4}$ |

Verifica-se que os valores obtidos para as condutividades hidráulicas são muito próximos uns dos outros, indicando que o aquífero, na área estudada é bastante homogêneo, traduzindo as suas condições litológicas, de areia fina, bem classificadas, já identificadas nas sondagens realizadas e citadas anteriormente.

Estes valores representam as resultantes das permeabilidades vertical e horizontal. Considerando que a permeabilidade vertical é sempre inferior (cerca de 10 vezes) à horizontal, pode-se admitir como representativo da permeabilidade horizontal média do aquífero, o valor de $K = 5,0 \times (10)^{-4}$ m/s, que será utilizado na estimativa do escoamento natural do aquífero.



Foto 03 – Montagem do Teste



Foto 04 – Aparelhagem do Teste



Foto 05 – Medição Cronometrada da Recuperação do Nível d água

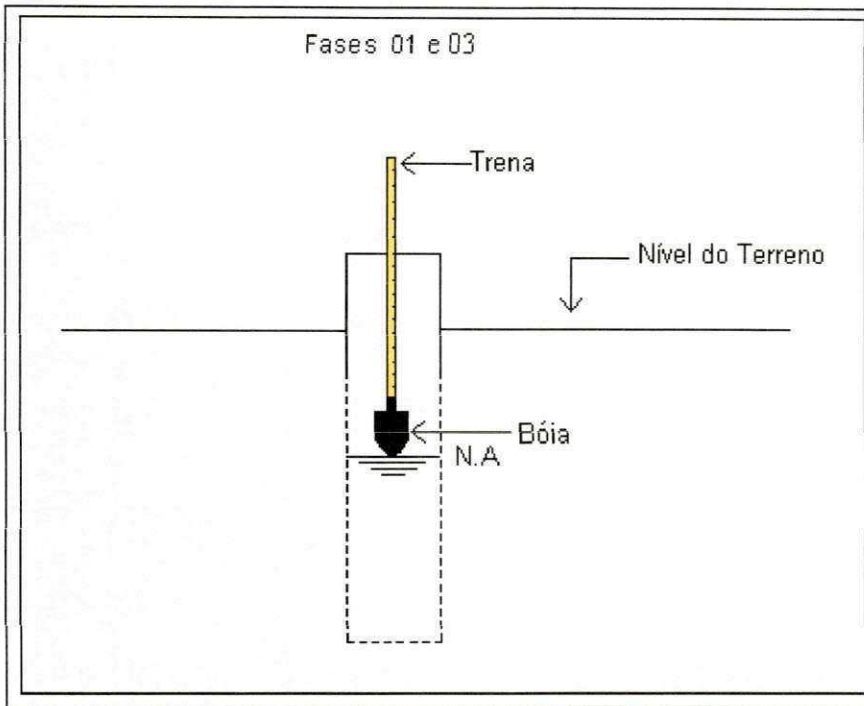


Figura 04 – Representação do teste de Permeabilidade nas fases 01 e 03

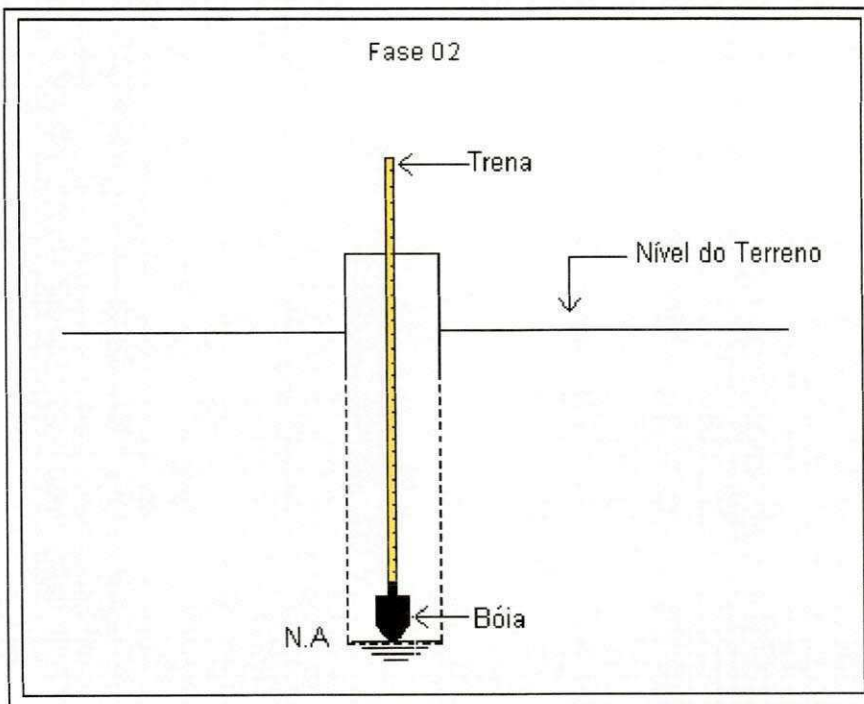


Figura 05 - Representação do teste de Permeabilidade na fase 02

3 – AS CONDIÇÕES DE CIRCULAÇÃO NATURAL DO AQÜÍFERO FREÁTICO

3.1 – O Meio Aqüífero

As sondagens executadas atingiram profundidades que variaram de 2,70 a 6,20 metros, em função da topografia e da necessidade de captação do nível do lençol. a uma espessura saturada mínima de 2,0 metros, como já foi supracitado. De uma maneira geral, a litologia do aqüífero do bairro do Bessa, na área estudada, é constituída de areia fina, passando a areia média até o final dos furos.

Os níveis hidrostáticos do lençol situaram-se a profundidades variando ente 0,40 m e 4,00m, sendo a região noroeste a que apresentou níveis d'água mais profundos. Ainda em relação aos níveis hidrostáticos, foi verificado que os mesmos não apresentam variações significativas com a ocorrência do fenômeno das marés (máximas e mínimas), sendo, na maioria dos pontos observados, nulas ou insignificantes.

3.2 – O Escoamento Subterrâneo

As condições naturais de fluxo revelam que o aqüífero freático é drenado, na sua parte leste, e vizinhanças, pelo oceano Atlântico, e, na sua parte oeste, pelo rio Morto, resultando na formação de um divisor natural de fluxo subterrâneo, localizado aproximadamente, na parte central da área estudada (proximidades da sede da antiga TELPA), vide mapa anexo.

3.3 – Estimativa do Escoamento Natural

As observações efetuadas nos piezômetros indicam que o escoamento subterrâneo se processa em regime transitório (não permanente), em que as cargas hidráulicas e, conseqüentemente, as vazões escoadas variam ao longo do tempo. A estimativa a seguir apresentada refere-se ao mês de novembro/98, por ter sido, um instante de predominância das condições naturais de fluxo (sem intervenções humanas significativas).

A estimativa da vazão escoada é obtida aplicando-se a equação de Darcy com os valores referentes àquela medição, em que:

$$Q = KiA ,$$

Onde,

Q é a descarga em m^3/s ;

K a condutividade hidráulica média (coeficiente de permeabilidade) do aquífero, em m/s , obtida através de testes de permeabilidade;

i o gradiente hidráulico médio de uma frente de escoamento, adimensional, dado pela relação entre a diferença de carga hidráulica entre dois pontos na direção de uma linha de fluxo e a distância entre esses pontos;

A a área da seção transversal à frente de escoamento considerada, em m^2 , dada pelo produto da espessura saturada em relação ao nível do mar (b) pelo comprimento da frente de escoamento (L).

De acordo com o mapa considerado para essa estimativa , o fluxo natural ocorria comandado pela influência do oceano Atlântico e do rio Morto, repartido nas frentes apresentadas a seguir.

1. Em direção ao oceano Atlântico

Frente Leste, dados:

$$K = 0,0005 \text{ m/s}$$

$$i = 0,005 \text{ m/m}$$

$$b = 2,7 \text{ m}$$

$$L = 2625 \text{ m}$$

$$Q = 0,0177 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ ou } Q = 17,7 \text{ l/s}$$

2. Em direção ao rio Morto

Frente Noroeste, dados:

$$K = 0,0005 \text{ m/s}$$

$$i = 0,00233 \text{ m/m}$$

$$b = 2,6 \text{ m}$$

$$L = 1650 \text{ m}$$

$$Q = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ ou } Q = 5 \text{ l/s}$$

3. Em direção ao rio Morto

Frente Sudoeste, dados:

$$K = 0,0005 \text{ m/s}$$

$$i = 0,00125 \text{ m/m}$$

$$b = 2,6 \text{ m}$$

$$L = 1050 \text{ m}$$

$$Q = 0,0017 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ ou } Q = 1,7 \text{ l/s}$$

4. Em direção ao rio Morto

Frente Norte, dados:

$$K = 0,0005 \text{ m/s}$$

$$i = 0,0016 \text{ m/m}$$

$$b = 2,8 \text{ m}$$

$$L = 415,2 \text{ m}$$

$$Q = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ ou } Q = 0,9 \text{ l/s}$$

$$TOTAL = 25.3 \text{ l/s}$$

O valor acima encontrado pode ser considerado como representativo da vazão mínima escoada no aquífero, considerando que o período em apreço corresponde à estação de estio, quando não se verifica qualquer taxa de recarga. Esta somente veio a ocorrer, em taxas mínimas, com as chuvas caídas a partir do mês de abril/99.

4 – INTERVENÇÕES NO AQUIFERO

Com base nos levantamentos e observações de campo pode-se concluir que as intervenções no aquífero resultaram do processo de construção dos canais de drenagem superficial e das explorações pontuais do aquífero por poços construídos em residências. Esses efeitos, que tomaram as formas de inversão de sentido de escoamento (rio-aquífero) em algumas áreas próximas ao rio Morto, e de concentrações de fluxo, atingiram o ápice no mês de maio/99.

As explorações por poços se refletem na configuração concêntrica das linhas piezométricas ou da convergência de linhas de fluxo para estes poços. É o caso dos poços situados nas proximidades do piezômetro 65 e daqueles existentes na área de construção do BOMPREGO.

Em relação aos canais já concluídos, 01 e 03, verifica-se, através da análise das linhas de fluxo do mapa em apreço, para eles em alguns trechos direcionadas, que os mesmos se comportam, também, como drenos do escoamento subterrâneo, ao menos parcialmente. Essa drenagem se processa através das juntas de dilatação dos canais, conforme foi detectada com maior intensidade em um trecho do Canal 01, a jusante de um barramento artificial do mesmo, realizado para fins construtivos (Fotos 06 e 07)

No caso específico do canal 03, conforme se pode observar no Mapa da rede de fluxo, o mesmo funciona como dreno no seu trecho inicial, passando, todavia, no seu trecho final a alimentar o aquífero. Investigações realizadas no local, inclusive com a realização de medidas de nível da água no canal, indicaram que este fato se deve tanto à exploração de poços situados próximo ao piezômetro 65, como em razão da obstrução ao fluxo na parte final do canal, causada pela posição topográfica dos bueiros, provavelmente elevada em relação à base do canal. Além disso, a ligação entre o canal e o bueiro não foi completada, ocorrendo, nesse trecho, assoreamento natural e deposição de lixo, conforme se pode ver nas fotos 08 e 09.



Foto 06 – Drenagem através de juntas de dilatação na parede lateral do canal 01



Foto 07 – Canal 01 com barramento, vendo-se a drenagem através de juntas de dilatação

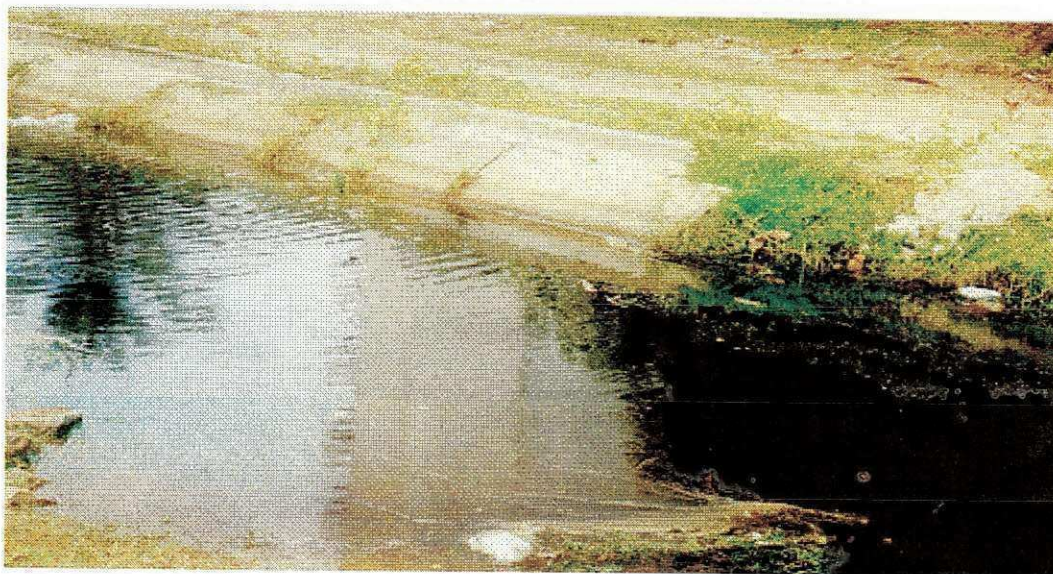


Foto 08 – Trecho final do canal 03, sem revestimento



Foto 09 – Assoreamento e acúmulo de lixo no trecho entre o final do canal 03 e bueiros

5 – CONCLUSÕES

Com base nos levantamentos e observações de campo, conclui-se que durante o processo de construção dos canais, com rebaixamentos resultantes de bombeamentos em determinados pontos e conseqüentes elevações decorrentes dos lançamentos em outros pontos, ocorreram alterações temporárias na direção e no sentido do fluxo subterrâneo.

Tais alterações desapareceram ou foram atenuadas com a conclusão da construção nos trechos considerados, voltando o sistema de fluxo subterrâneo a obedecer ao padrão geral de escoamento esperado, ou seja, comandado pelo rio Morto e pelo Oceano, porém, influenciado também pelos canais, que estão desempenhando o papel de drenos.

A situação atual do sistema de drenagem superficial, ainda não totalmente concluído, de um lado, e, de outro, a falta de observações de um ano hidrológico pluviométricamente regular, não permitem conclusões definitivas sobre a magnitude da drenagem subterrânea pelos canais. Não se pode afirmar, portanto, se em condições de uma recarga total do aquífero, as aberturas das juntas de dilatação dos canais são suficientes para uma drenagem eficiente do lençol, ou se, em caso contrário, o canal funcionará como barramento de parcela do fluxo, provocando elevações indesejáveis dos níveis freáticos.

No período do presente estudo não ocorreu a situação de recarga total, verificando-se, contudo, que o aquífero, na situação atual, é muito sensível às perturbações naturais ou artificiais a ele impostas, respondendo rapidamente aos processos de recarga e de descarga com elevação e rebaixamento de níveis, respectivamente.

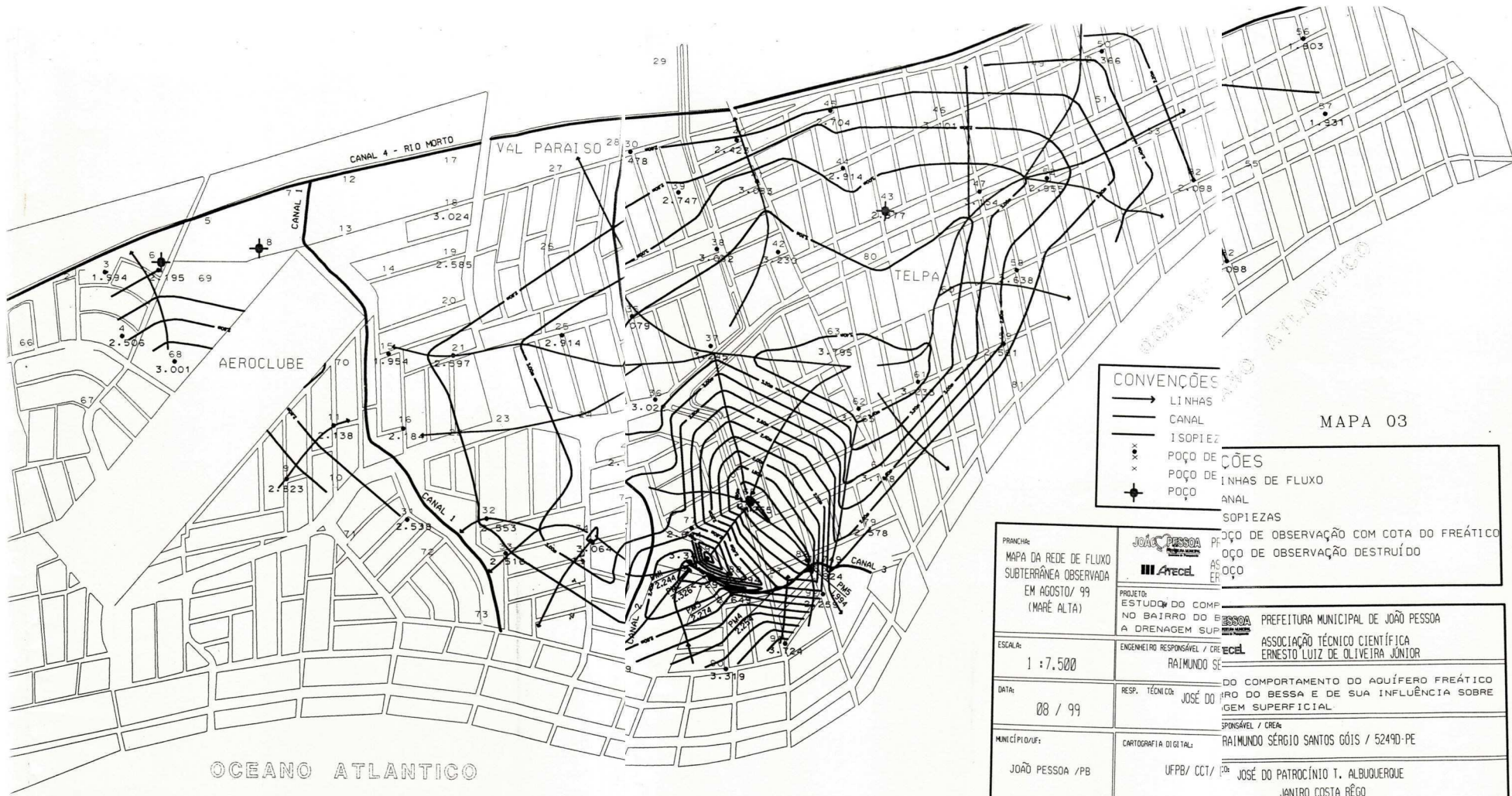
Caso, futuramente, sejam constatadas tendências a elevações permanentes do lençol freático, a solução que se apresenta mais viável aponta para a construção de drenos coletores subterrâneos assentados transversalmente aos canais, a espaços e com dimensões devidamente projetados para os efeitos de rebaixamento desejados. Pode-se esperar, todavia, que o próprio sistema de drenagem superficial e a impermeabilização de áreas de infiltração, resultante do acelerado processo de urbanização por que passa o bairro, contribuirão para reduzir as taxas de recarga do lençol, por precipitação pluviométrica, minimizando os problemas de drenagem subterrânea.

Finalmente, como decorrência do exposto, espera-se que o sistema de drenagem seja corrigido em pontos de descontinuidade de fluxo, tais como o caso aqui citado do canal 03, e que seja mantido em condições ideais de operação, através de limpeza e desobstrução periódicas.

6 – BIBLIOGRAFIA

- I. TODD, David Keitch, 1959 Hidrologia de Águas Subterrâneas, Editora Edgard Blücher LTDA.
- II. BOAST, C.W., and D. Kirkaham, 1971. Auger holer seepage theory. Soil Sci. Soc.Am Proc. 35: 365 – 374.
- III. BOUWER, H., Groundwater Hidrology, 1978, International Student Edition, Editora McGraw-Hill Kogakusha, LTD.
- IV. GARCEZ, Lucas Nogueira e Guillermo Acosta Alvarez– Hidrologia – 2ª edição, 1988 – Editora Edagard Blücher LTDA.
- V. VILLELA, Swami M. e Artur Mattos – Hidrologia Aplicada – São Paulo, 1975, Edgard Blücher LTDA.
- VI. LINSLEY Jr., R.K. et alli – Hydrology for Engineers New York, McGraw-Hill Book, 1958
- VII. Hidrogeologia, Conceitos e Aplicações , Coordenadores Fernando A.C. Feitosa e João manael Filho, Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

ANEXO 01 – Mapa da Rede de Fluxo Observada em agosto de 1999



CONVENÇÕES

- LINHAS
- CANAL
- ISOPIEZAS
- × x POÇO DE OBSERVAÇÃO COM COTA DO FREÁTICO
- × POÇO DE OBSERVAÇÃO DESTRUIDO
- ⊕ POÇO ANAL

MAPA 03

| | |
|--|--|
| PRANCHA: MAPA DA REDE DE FLUXO SUBTERRÂNEA OBSERVADA EM AGOSTO/ 99 (MARÉ ALTA) | JOÃO PESSOA PE Arecel AS EP |
| PROJETO: ESTUDO DO COMP NO BAIRRO DO B A DRENAGEM SUP | JOÃO PESSOA PE PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA ASSOCIAÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA ERNESTO LUIZ DE OLIVEIRA JÚNIOR |
| ESCALA: 1 : 7.500 | ENGENHEIRO RESPONSÁVEL / CREA: RAIMUNDO SÉRGIO SANTOS GÓIS / 52490-PE |
| DATA: 08 / 99 | RESP. TÉCNICO: JOSÉ DO PATROCÍNIO T. ALBUQUERQUE JANIRO COSTA RÉGO |
| MUNICÍPIO/AUF: JOÃO PESSOA /PB | CARTOGRAFIA DIGITAL: UFPB/ CCT/ |

ANEXO 02 – Resultado dos Testes de Permeabilidade "In Situ"

TESTE DE PERMEABILIDADE "IN SITU"

Local: Bairro do Bessa / João Pessoa - PB Dia: 24/07/1999

Horário: 09:52

1º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | - | | <i>N.E = 82,6 cm</i> |
| 15 | 86,50 | 86,50 | |
| 20 | 85,80 | 85,80 | Próximo P61 |
| 25 | 85,40 | 85,40 | |
| 30 | 84,80 | 84,80 | |
| 35 | 84,30 | 84,30 | |
| 40 | 84,00 | 84,00 | |
| 45 | 83,60 | 83,60 | |
| 55 | 83,10 | 83,10 | |
| 65 | 82,90 | 82,90 | |
| | | | |

2º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | 91,80 | 91,80 | <i>N.E = 81,5 cm</i> |
| 10 | 90,80 | 90,80 | |
| 15 | 89,50 | 89,50 | Próximo P61 |
| 20 | 88,60 | 88,60 | |
| 25 | 87,70 | 87,70 | |
| 30 | 87,20 | 87,20 | |
| 40 | 85,90 | 85,90 | |
| 50 | 84,90 | 84,90 | |
| 60 | 84,00 | 84,00 | |
| 70 | 83,50 | 83,50 | |
| 80 | 82,90 | 82,90 | |
| 95 | 82,60 | 82,60 | |
| 110 | 82,30 | 82,30 | |
| 120 | 82,20 | 82,20 | |
| 135 | 82,10 | 82,10 | |
| 150 | 81,90 | 81,90 | |
| 165 | 81,90 | 81,90 | |
| 180 | 81,90 | 81,90 | |
| 210 | 81,90 | 81,90 | |
| 240 | 81,80 | 81,80 | |
| 270 | 81,75 | 81,75 | |
| 300 | 81,70 | 81,70 | |

TESTE DE PERMEABILIDADE "IN SITU"

Local: Bairro do Bessa / João Pessoa - PB Dia: 24/07/1999
 Horário: 10:40

1º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | 91,4 | 91,40 | <i>N.E = 80,7 cm</i> |
| 10 | 90,00 | 90,00 | Próximo ao P62 |
| 15 | 88,70 | 88,70 | |
| 20 | 87,50 | 87,50 | |
| 25 | 86,50 | 86,50 | |
| 30 | 85,80 | 85,80 | |
| 40 | 84,60 | 84,60 | |
| 50 | 83,60 | 83,60 | |
| 60 | 82,90 | 82,90 | |
| 75 | 82,10 | 82,10 | |
| 90 | 81,50 | 81,50 | |
| 105 | 81,20 | 81,20 | |
| 120 | 81,10 | 81,10 | |
| 135 | 80,90 | 80,90 | |
| 150 | 80,90 | 80,90 | |
| 165 | 80,80 | 80,80 | |
| 180 | 80,80 | 80,80 | |
| 210 | 80,70 | | |
| 240 | 80,70 | | |

2º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | 91,00 | 91,00 | <i>N.E = 80,7 cm</i> |
| 10 | 89,80 | 89,80 | |
| 15 | 88,50 | 88,50 | Próximo ao P62 |
| 20 | 87,30 | 87,30 | |
| 25 | 86,50 | 86,50 | |
| 30 | 85,50 | 85,50 | |
| 40 | 84,40 | 84,40 | |
| 50 | 83,60 | 83,60 | |
| 60 | 82,60 | 82,60 | |
| 70 | 82,10 | 82,10 | |
| 80 | 81,80 | 81,80 | |
| 90 | 81,50 | 81,50 | |
| 105 | 81,20 | 81,20 | |
| 120 | 81,00 | 81,00 | |
| 150 | 80,90 | 80,90 | |
| 180 | 80,80 | 80,80 | |
| 210 | 80,70 | | |
| | | | |
| | | | |

TESTE DE PERMEABILIDADE "IN SITU"

Local: Bairro do Bessa / João Pessoa - PB Dia: 24/07/1999

Horário: 11:08

1º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | 91,00 | 91,00 | <i>N.E = 79,0 cm</i> |
| 10 | 89,50 | 89,50 | Próximo ao P77 |
| 15 | 87,60 | 87,60 | |
| 20 | 86,50 | 86,50 | |
| 25 | 85,40 | 85,40 | |
| 30 | 84,50 | 84,50 | |
| 40 | 82,80 | 82,80 | |
| 50 | 81,80 | 81,80 | |
| 60 | 81,10 | 81,10 | |
| 70 | 80,50 | 80,50 | |
| 80 | 80,10 | 80,10 | |
| 90 | 80,00 | 80,00 | |
| 105 | 79,70 | 79,70 | |
| 120 | 79,60 | 79,60 | |
| 150 | 79,40 | 79,40 | |
| 180 | 79,40 | 79,40 | |
| 210 | 79,40 | 79,40 | |
| 240 | 79,40 | 79,40 | |
| 300 | 79,30 | 79,30 | |
| 360 | 79,30 | 79,30 | |

2º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | 90,30 | 90,30 | <i>N.E = 79,3 cm</i> |
| 10 | 88,60 | 88,60 | Próximo ao P77 |
| 15 | 87,20 | 87,20 | |
| 20 | 86,00 | 86,00 | |
| 25 | 85,10 | 85,10 | |
| 30 | 84,00 | 84,00 | |
| 40 | 82,60 | 82,60 | |
| 50 | 81,70 | 81,70 | |
| 60 | 81,00 | 81,00 | |
| 75 | 80,40 | 80,40 | |
| 90 | 80,00 | 80,00 | |
| 105 | 79,80 | 79,80 | |
| 120 | 79,70 | 79,70 | |
| 150 | 79,60 | 79,60 | |
| 180 | 79,50 | 79,50 | |
| 240 | 79,40 | 79,40 | |
| 300 | 79,40 | 79,40 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

TESTE DE PERMEABILIDADE "IN SITU"

Local: Bairro do Bessa / João Pessoa - PB Dia: 24/07/1999

Horário: 12:45

1º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | 83,30 | 83,30 | <i>N.E = 73,8 cm</i> |
| 10 | 81,20 | 81,20 | Próximo ao P8 |
| 15 | 80,00 | 80,00 | |
| 20 | 78,80 | 78,80 | |
| 25 | 78,00 | 78,00 | |
| 30 | 77,30 | 77,30 | |
| 35 | 76,80 | 76,80 | |
| 45 | 76,40 | 76,40 | |
| 60 | 76,00 | 76,00 | |
| 75 | 75,60 | 75,60 | |
| 90 | 75,30 | 75,30 | |
| 105 | 75,00 | 75,00 | |
| 120 | 74,80 | 74,80 | |
| 135 | 74,70 | 74,70 | |
| 150 | 74,60 | 74,60 | |
| 180 | 74,50 | 74,50 | |
| 210 | 74,40 | 74,40 | |
| 240 | 74,30 | 74,30 | |
| 300 | 74,30 | 74,30 | |
| | | | |

2º Leitura

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Y(cm) | Observ. |
|-----------|--------------|-------|----------------------|
| 5 | 90,30 | 90,30 | <i>N.E = 77,5 cm</i> |
| 10 | 87,60 | 87,60 | Próximo ao P8 |
| 15 | 85,60 | 85,60 | |
| 20 | 84,00 | 84,00 | |
| 25 | 82,50 | 82,50 | |
| 30 | 81,80 | 81,80 | |
| 40 | 80,10 | 80,10 | |
| 50 | 79,80 | 79,80 | |
| 60 | 79,40 | 79,40 | |
| 75 | 79,00 | 79,00 | |
| 90 | 78,80 | 78,80 | |
| 105 | 78,50 | 78,50 | |
| 120 | 78,40 | 78,40 | |
| 150 | 78,10 | 78,10 | |
| 180 | 77,80 | 77,80 | |
| 210 | 77,70 | 77,70 | |
| 240 | 77,70 | 77,70 | |
| 300 | 77,60 | 77,60 | |
| 360 | 77,50 | 77,50 | |
| 420 | 77,50 | 77,50 | |

ANEXO 03 – Perfis de Sondagens

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: Sec. de Planejamento da PMJP

FURO DE SONDAGEM N° 01

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R.N. | PROF EM RELA- ÇÃO AO NÍVEL DO TERRENO | E S C | CONVENÇÃO E POSIÇÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLOGIA |
|-------------------------------|---|-------------|--------------------------------------|---|
| | | | | 1 - Areia fina, de cor clara. |
| | | | | 2 - Areia média, de cor amarela escura. |
| | | | | 3 - Areia média, de cor amarela. |
| | | | | 4 - Interrompido o furo a 4,00m |
| | 1,80 | | | |
| | 2,00 | | | |
| | 2,60 | | | |
| | 4,00 | | | |

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| COTA DO PIEZÔMETRO: | NÍVEL D'ÁGUA: 2,00 m | FIGURA N° |
| INÍCIO: 04/08/98 TERMINO: 04/08/98 | ENG. RESPONSÁVEL: | ESCALA: 1:50 DATA: |
| OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca 11 | | |

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: Sec. de Planejamento da PMJP

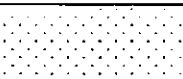
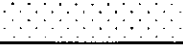
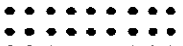


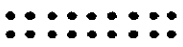
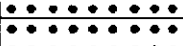


FURO DE SONDAGEM N° 05

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R.N. | PROF. EM RELA- ÇÃO AO NÍVEL DO TERRENO | ES- C | CONVENÇÃO E POSIÇÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLOGIA |
|-------------------------------|--|----------|---|--|
| | 1 | |  | 1 - Areia fina, de cor escura. |
| | 0,70 | |  | 2 - Areia média, de cor clara. |
| | NA | |  | 3 - Areia média, de cor amarela. |
| | 1,20 | |  | 4 - Interrompido o furo a 3,50m. |
| | 2 | |  | |
| | 2,00 | |  | |
| | 3 | |  | |
| | 3,50 | |  | |
| | 4 | |  | |

COTA DO PIEZÔMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 1,20m

FIGURA N°

INÍCIO: 10/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50

TERMINO: 10/09/98

DATA:

OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca: 33

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: Sec. de Planejamento da PMJP

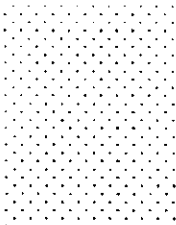
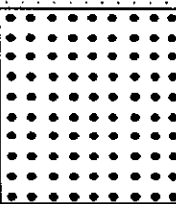

FURO DE SONDAGEM N° 10

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R.N. | PROF. EM RELA- ÇÃO AO NÍVEL DO TERRENO | ES- C CONVENÇÃO E POSIÇÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLÓGICA |
|-------------------------------|--|---|---|
| | 1 |  | 1 - Areia fina, de cor clara. |
| N.A. 0,55 | | | 2 - Areia média, de cor clara. |
| | 1,50 |  | 3 - Interrompido o furo a 2,70m. |
| | 2 | | |
| | 2,70 |  | |
| | 3 | | |

COTA DO PIEZÔMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 0,55m

FIGURA N°

INÍCIO: 10/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50

TÉRMINO: 10/09/98

DATA:

OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca: 25

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: Sec. de Planejamento da PMJP

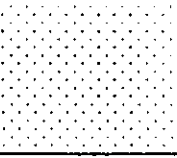
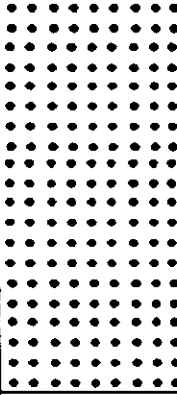

FURO DE SONDAGEM N° 15

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÓMETRO: 32 mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R.N. | PROF EM RELACÃO AO NÍVEL DO TERRENO | E S C CONVENÇÃO E POSICÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLOGIA |
|-------------------------------|---|---|--|
| | 1 |  | 1 - Areia fina, de cor clara. |
| | 1,00 N.A. 1,20 |  | 2 - Areia média, de cor amarela. |
| | 2 | | |
| | 3,50 | | 3 - Interrompido o furo a 3,50m. |
| | 3 |  | |

COTA DO PIEZÓMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 1,20m.

FIGURA N°

INÍCIO: 11/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50

TÉRMINO: 11/09/98

DATA:

OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca: 35



ASSOCIAÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA
ERNESTO LUIZ DE OLIVEIRA JUNIOR

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: SEC. de Planejamento da PMLJP

FURO DE SONDAGEM Nº 20

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R.N. | PROF. EM RELA- ÇÃO AO NÍVEL DO TERRENO | CONVENÇÃO E POSIÇÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLÓGICA |
|-------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| | 1 | | 1 - Areia fina, de cor clara. |
| | 1,00 | | 2 - Areia média, de cor clara. |
| | | | 3 - Areia média, de cor escura. |
| | 2 | | 4 - Areia média, de cor amarela. |
| | | | 5 - Interrompido o furo a 5,40m. |
| N.A. 2,90 | 3,00 | | |
| | 3 | | |
| | 3,60 | | |
| | 4 | | |
| | 5,40 | | |
| | 5 | | |

COTA DO PIEZÔMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 2,90m.

FIGURA Nº

INÍCIO: 12/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50

TÉRMINO: 12/09/98

DATA:

OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca 40

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: SEC. de Planejamento da PMJP

FURO DE SONDAGEM N° 25

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R. N. | PROF. EM RELACÃO AO NÍVEL DO TERRENO | E S C CONVENÇÃO E POSIÇÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLOGIA |
|--------------------------------|--|---|--|
| | | 1 | 1 - Areia fina, de cor clara |
| | | 2 | 2 - Areia média, de cor amarela. |
| | N.A. 2,00 m | 3 | 3 - Interrompido o furo a 4,50 m. |
| | | 4,50 | |

COTA DO PIEZÔMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 2,00 m

FIGURA N°

INÍCIO: 12/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50

TÉRMINO: 12/09/98

DATA:

OBSERVAÇÃO: Furo na estaca 44



ASSOCIAÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA
ERNESTO LUIZ DE OLIVEIRA JUNIOR

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: SEC. de Planejamento da PMJP

FURO DE SONDAGEM N° 30

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R. N. | PROF. EM RELA- ÇÃO AO NIVEL DO TERRENO | ES- C | CONVENÇÃO E POSICÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLOGIA |
|--------------------------------|--|----------|--------------------------------------|--|
| | NA. 0,50 m | | | |
| | 1 | | | 1 - Areia fina, de cor clara. |
| | 2,00 | | | 2 - Areia média, de cor amarela. |
| | 2 | | | |
| | 3,20 | | | 3 - Interrompido o furo a 3,20 m. |
| | 3 | | | |

COTA DO PIEZÔMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 0,50 m

FIGURA N°

INÍCIO: 15/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50

TERMINO: 15/09/98

DATA:

OBSERVAÇÃO:

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: SEC. de Planejamento da PMJP

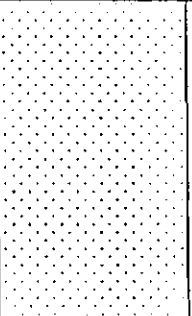
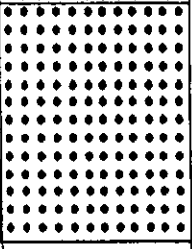

FURO DE SONDAGEM Nº 35

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R. N. | PROF. EM RELA- ÇÃO AO NÍVEL DO TERRENO | CONVENÇÃO E POSIÇÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLOGIA |
|--------------------------------|--|---|--|
| | N.A. 0,80m | | |
| | 1 |  | 1 - Areia fina, de cor clara. |
| | 2,00 | | |
| | 2 |  | 2 - Areia média, de cor clara. |
| | 3,50 | | |
| | 3 |  | 3 - Interrompido o furo a 3,50 m. |

COTA DO PIEZÔMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 0,80 m

FIGURA Nº

INÍCIO: 15/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50

TERMINO: 15/09/98

DATA:

OBSERVAÇÃO: Furo na estaca 55.

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: SEC. de Planejamento da PMJP

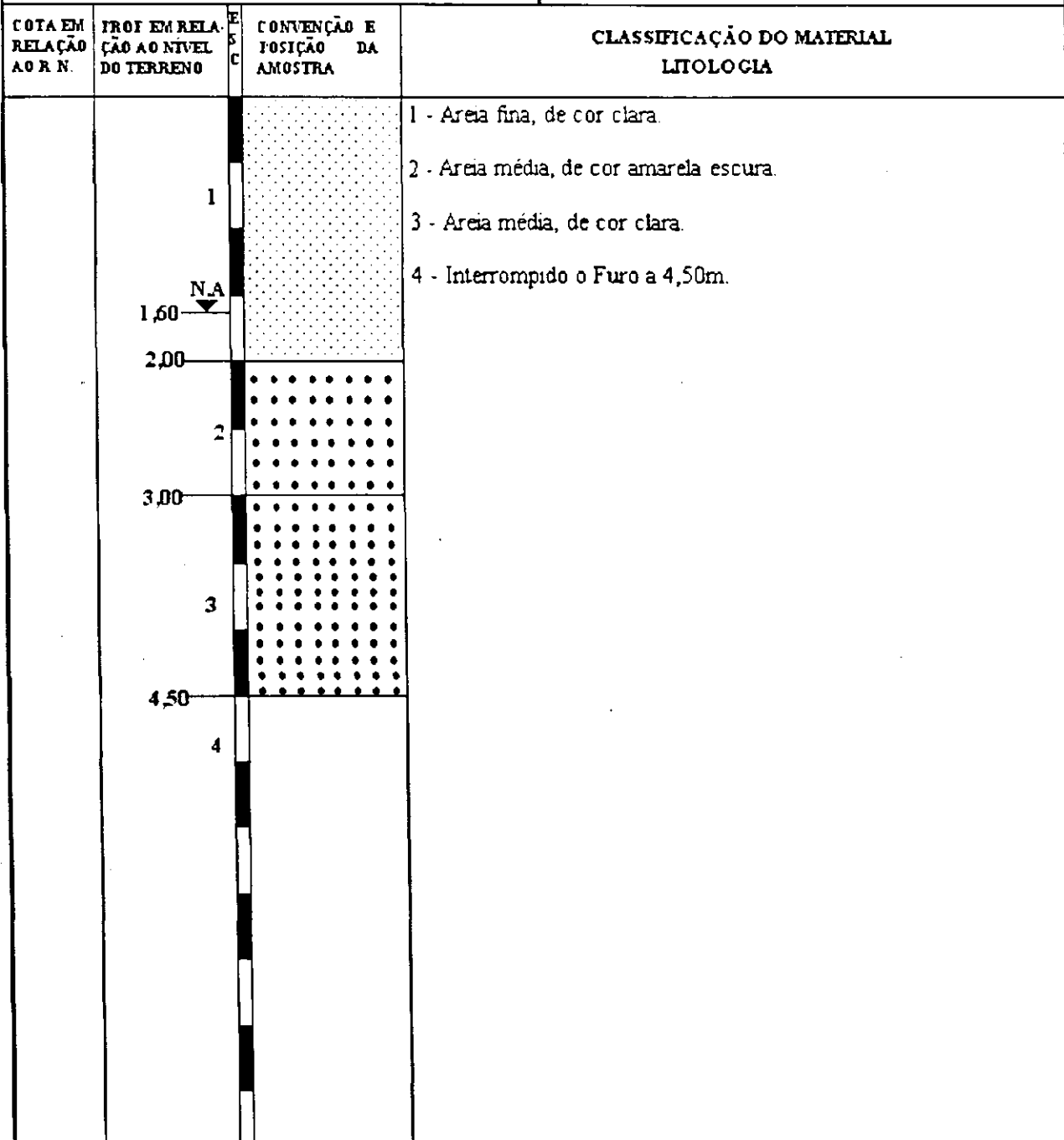
FURO DE SONDAGEM Nº 40

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm



| | | |
|-------------------------------|----------------------|--------------|
| COTA DO PIEZÔMETRO: | NÍVEL D'ÁGUA: 1,60m. | FIGURAS |
| INÍCIO: 16/09/98 | ENG. RESPONSÁVEL: | ESCALA: 1:50 |
| TERMINO: 16/09/98 | | DATA: |
| OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca 65 | | |

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: SEC. de Planejamento da PMJP

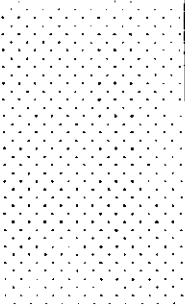

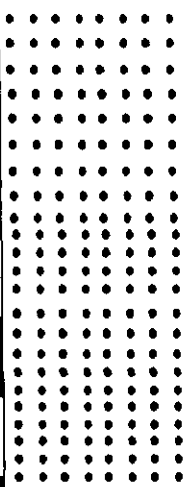

FURO DE SONDAGEM Nº 45

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm

| COTA EM RELAÇÃO AO R.N. | PROF EM RELA ÇÃO AO NIVEL DO TERRENO | CONVENÇÃO E POSIÇÃO DA AMOSTRA | CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL LITOLOGIA |
|-------------------------------|--|---|--|
| | 1 |  | 1 - Areia fina, de cor clara. 2 - Areia média, de cor clara 3 - Interrompido o furo a 5,20m. |
| | N.A 2,00 |  | |
| | 2 |  | |
| | 5,20 | | |
| | 3 |  | |

COTA DO PIEZÔMETRO:

NÍVEL D'ÁGUA: 2,00m.

FIGURA Nº

INÍCIO: 16/09/98
TERMINO: 16/09/98

ENG. RESPONSÁVEL:

ESCALA: 1:50
DATA:

OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca 49

REGISTRO DE SONDAGEM

CLIENTE: SEC. de Planejamento da PMJP

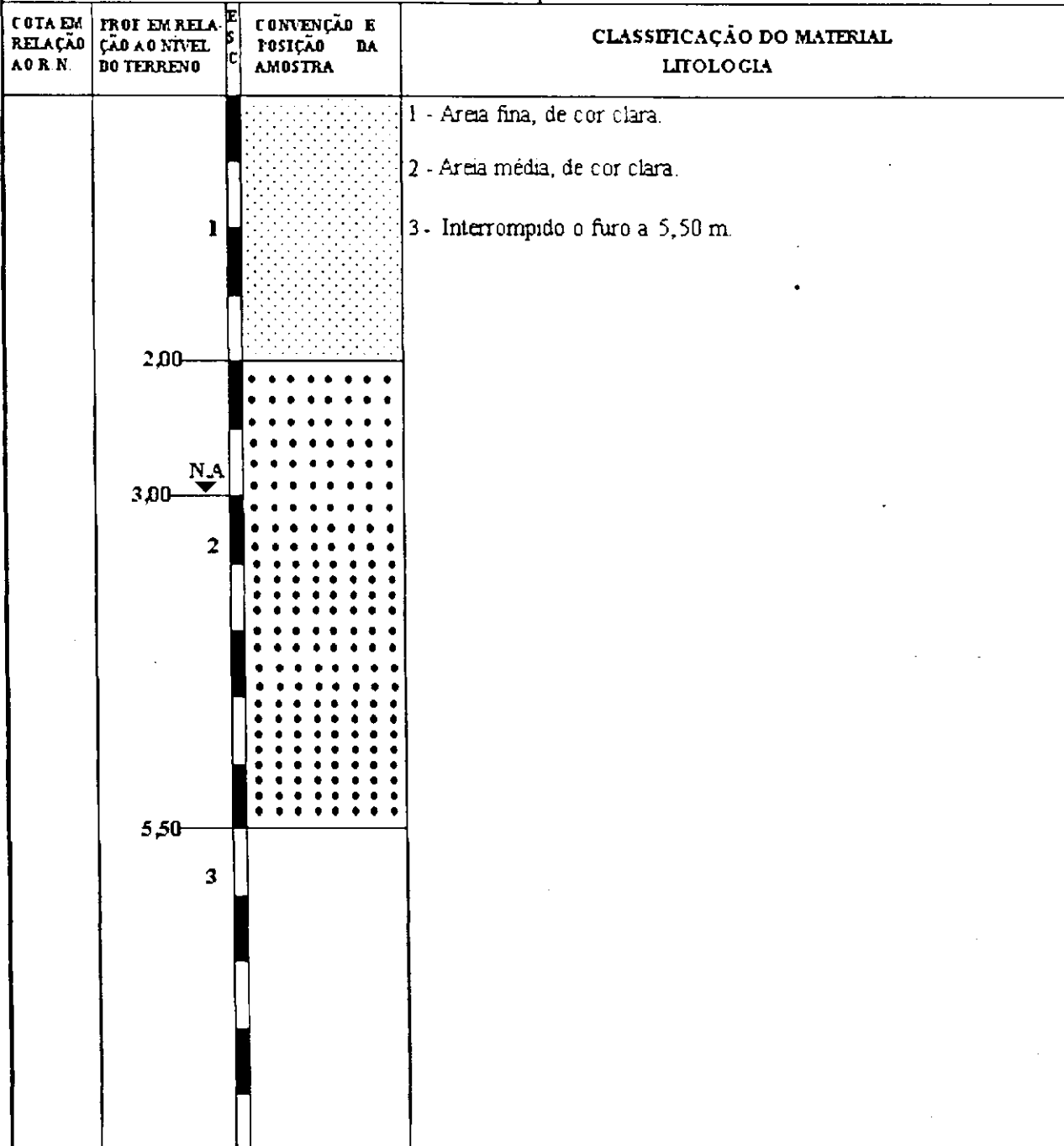
FURO DE SONDAGEM N° 50

LOCAL: Bessa - João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO FURO: 20"

MUNICÍPIO: João Pessoa - PB

DIÂMETRO DO PIEZÔMETRO: 32 mm

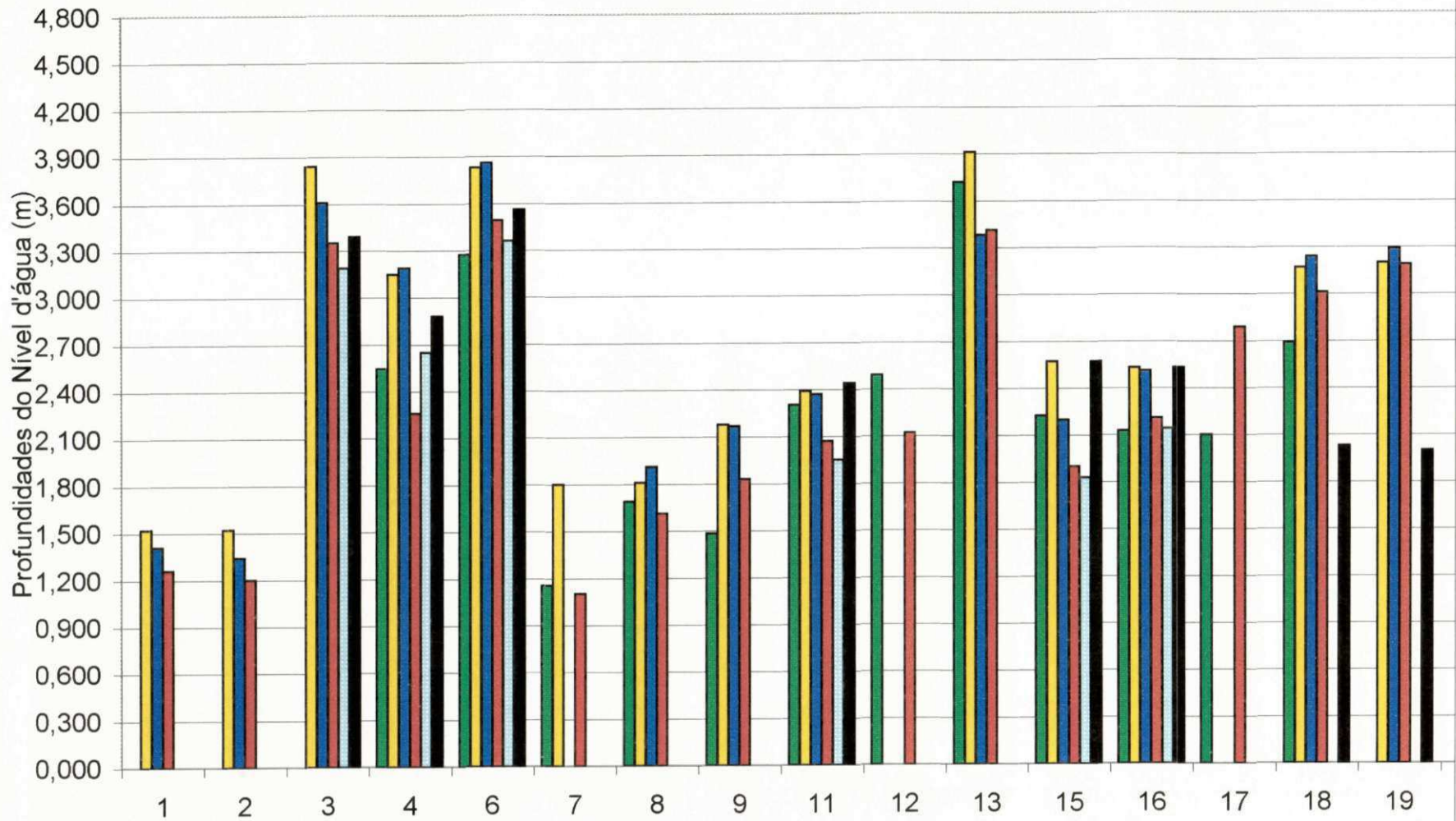


| | | |
|---------------------|----------------------|-----------|
| COTA DO PIEZÔMETRO: | NÍVEL D'ÁGUA: 3,00m. | FIGURA N° |
|---------------------|----------------------|-----------|

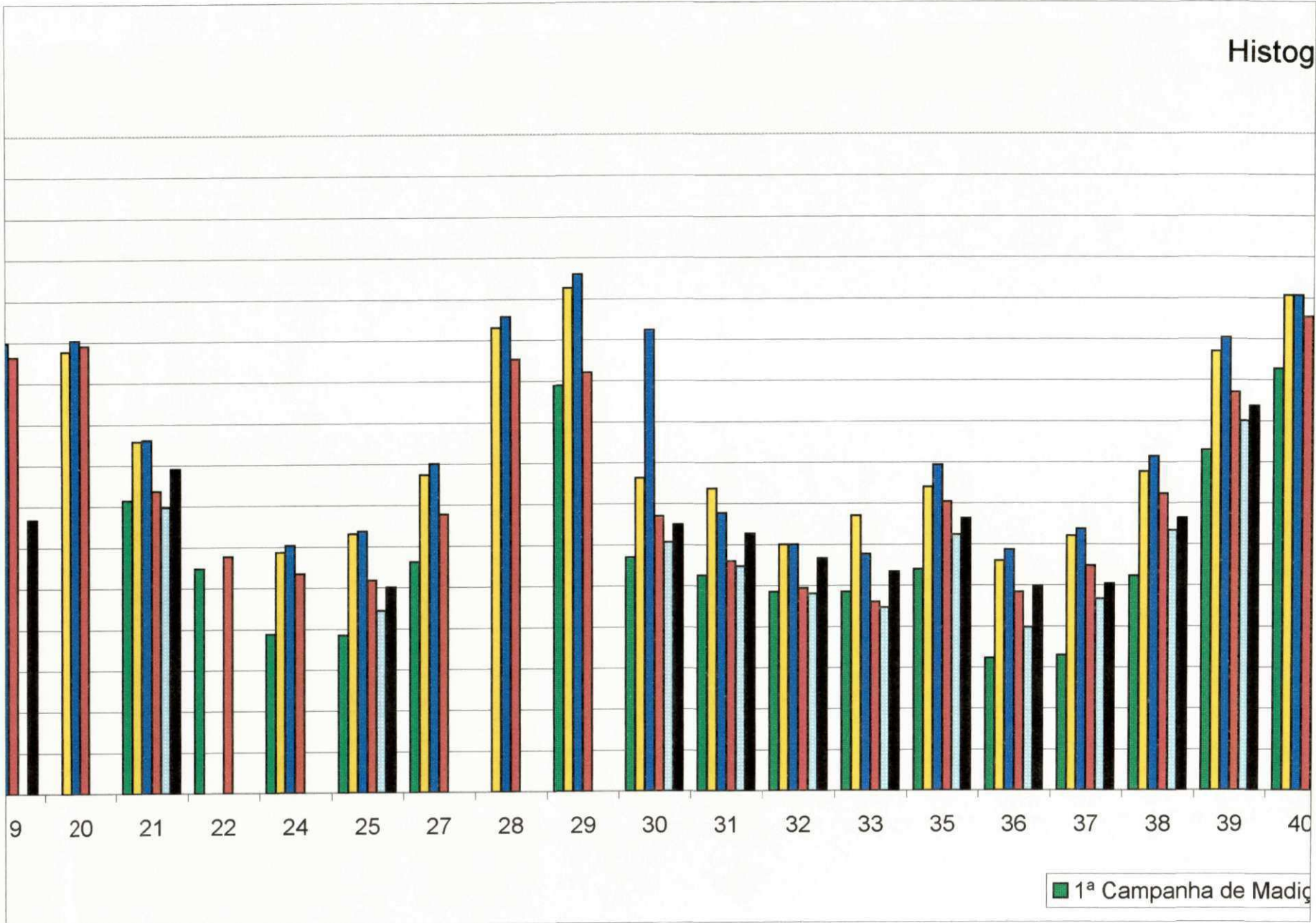
| | | |
|-------------------|-------------------|--------------|
| INÍCIO: 17/09/98 | ENG. RESPONSÁVEL: | ESCALA: 1:50 |
| TERMINO: 17/09/98 | | DATA: |

OBSERVAÇÃO: Furo na Estaca 6

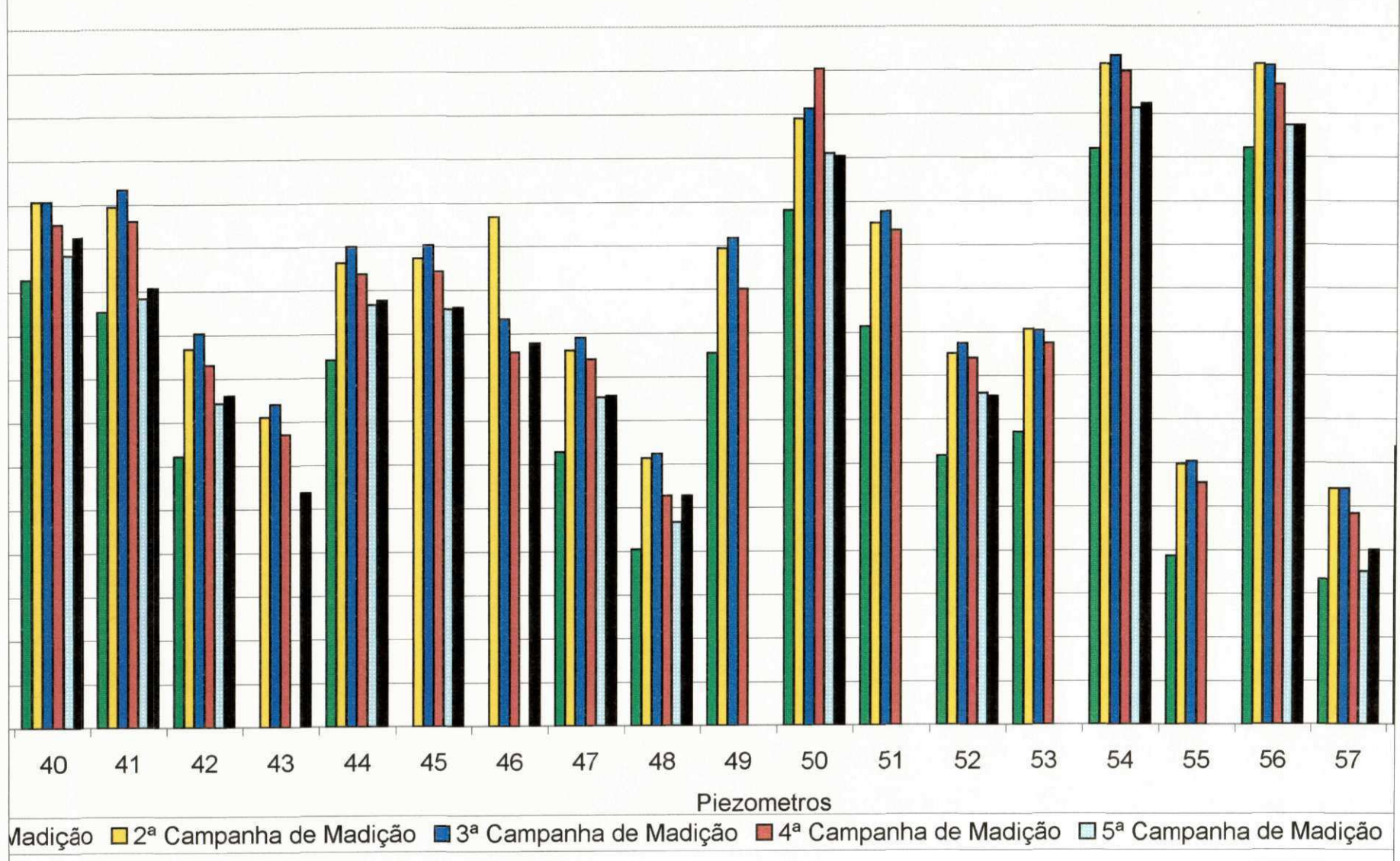
ANEXO 04 – Histograma da Variação de Profundidade do Lençol Freático



Histog



Histograma da Variação de Profundidade do Lençol Freático do Bairro do Bessa - João Pessoa PE



a PB

