

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Companhia de Gestão dos Recursos Hídrico - COGERH  
Projeto de Desenvolvimento e Gestão dos Recursos Hídricos  
PROURB/CE

**PROJETO EXECUTIVO DA**  
**BARRAGEM MALCOZINHADO**

**RELATÓRIO DOS ESTUDOS PRELIMINARES**

**KL Serviço de Engenharia LDTA**

**FORTALEZA**  
**ABRIL DE 1997**

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH**  
**PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**PROURB/CE**

**PROJETO EXECUTIVO DA**  
**BARRAGEM MALCOZINHADO**

**RELATÓRIO DOS ESTUDOS PRELIMINARES**

Lote: 01385 - Prep ( ) Scan (X) Index ( )  
Projeto Nº 12/76  
Volume 1  
Qtd. A4 11 Qtd. A3 2  
Qtd. A2 \_\_\_\_\_ Qtd. A1 \_\_\_\_\_  
Qtd. A0 1 Outros \_\_\_\_\_

0136/A<sup>B</sup>



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.

AV. SENADOR VIRGÍLIO TAIVORA, 70 - SALAS 106 - 108  
FONE: 261.8766/261.7732 - FAX: 261.4766  
CNPJ: 08.032.844/0001-67 - CEP: 05.848.884-3  
FORTALEZA - CEARÁ  
EMAIL: KLEND@FORTALNET.COM.BR

FORTALEZA  
ABRIL / 97



**ÍNDICE**

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO.....</b>	<b>7</b>
1 1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....	7
<b>2 - ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE .....</b>	<b>10</b>
2 1 - LOCAL DO EIXO BARRÁVEL .....	10
2 2 - RESUMO DOS ESTUDOS BÁSICOS EXISTENTES .....	10
2 3 - RESUMO DA ANÁLISE DOS ESTUDOS EXISTENTES .....	14
<b>3 - FATORES CONDICIONANTES DO PROJETO.....</b>	<b>22</b>
3 1 - ASPECTOS HIDRO-CLIMATOLÓGICOS .....	22
3 2 - ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS .....	30
3.2.1 - Geologia .....	30
3.2.2 - Geotecnia.....	32
3 3 - ASPECTOS TOPOGRÁFICOS .....	32
<b>4 - PLANEJAMENTO DOS TRABALHOS A SEREM EXECUTADOS .....</b>	<b>34</b>
4 1 - VIAGEM DE RECONHECIMENTO .....	34
4 2 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO .....	35
4 3 - ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS .....	35
4.3.1 - Geologia .....	35
4.3.2 - Geotecnia.....	35
<b>5 - PLANO DE EDIÇÃO DOS RELATÓRIOS .....</b>	<b>40</b>
<b>6 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA .....</b>	<b>41</b>
<b>7 - DESENHOS.....</b>	<b>44</b>

**APRESENTAÇÃO**

## **APRESENTAÇÃO**

A KL - Serviços e Engenharia Ltda., em cumprimento ao contrato nº 05/97/PROURB-CE / COGERH, apresenta o Relatório de Estudos Preliminares, referente ao Projeto Executivo da Barragem de Malcozinhado - CE.

O presente volume tem por objetivo, apresentar uma avaliação preliminar dos principais aspectos condicionantes ao Projeto da Barragem bem como direcionar a campanha de investigações geotécnicas e topográficas necessárias à sua elaboração.

Segundo os Termos de Referência, este volume é parte integrante da denominada FASE A - DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

## **1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO**

## **1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO**

### **1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS**

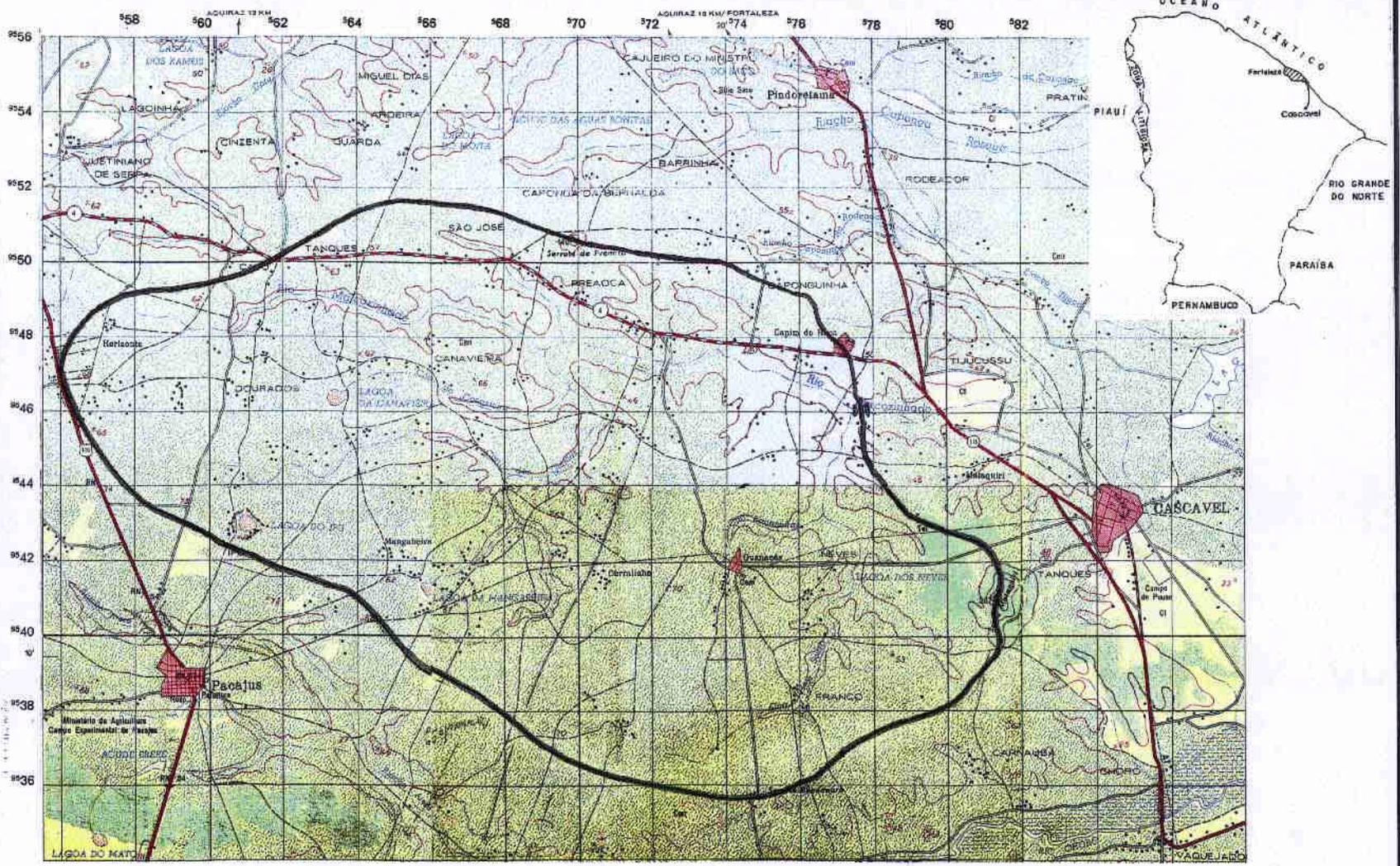
A barragem Malcozinhado situar-se-á, no rio Malcozinhado, logo após sua confluência com o córrego Bananeira, no município de Cascavel - CE. Este barramento deverá proporcionar o armazenamento d'água que alimentará a adutora para abastecimento do distrito de Caponga - Cascavel, localizado a cerca de 12 km linha reta do eixo da barragem e outros aproveitamentos a serem estudados.

A principal via de acesso à área é a rodovia CE-040, que passa por Cascavel, e é a ligação entre Fortaleza e o litoral leste do Estado do Ceará, e com o Estado do Rio Grande do Norte

Para se atingir o local do barramento, vindo de Pindoretama para Cascavel, pela CE - 040, dobra-se a direita logo após a ponte que cruza o rio Malcozinhado, e percorre-se cerca de 3 km até o local onde se encontram os marcos da ombreira direita do futuro açude

O acesso de Cascavel até Caponga, é feito por estrada asfaltada distante cerca de 12 km

A figura 1.1, mostra a situação das futuras obras no contexto regional.



 FUTURO EIXO DA BARRAGEM  
 ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA

000009  
 FIGURA 1.1  
 MAPA DE LOCALIZAÇÃO

## 2 - ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE

## 2 - ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE

A Barragem Malcozinhado foi objeto de estudo a nível de Projeto Básico, em novembro/96 pela KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

O Projeto acima citado servirá de marco inicial para continuação dos estudos , os quais fornecerão subsídios para a elaboração do Projeto Executivo atual.

### 2.1 - LOCAL DO EIXO BARRÁVEL

O Projeto Básico apresenta a locação proposta para o Eixo da Barragem, que pode ser melhor visualizada conforme Desenho 02/06 - ARRANJO GERAL DA BARRAGEM, constante do TOMO III - Projeto Básico da Barragem - VOLUME 3 - Desenhos de Projeto

### 2.2 - RESUMO DOS ESTUDOS BÁSICOS EXISTENTES

Para a elaboração da concepção apresentada no Projeto Básico, foram executados os seguintes estudos.

#### 1) Estudos Topográficos

Os estudos topográficos executados para o Projeto Básico, constam de levantamento planialtimétrico do boqueirão, além do levantamento topográfico da bacia hidráulica, que gerou uma carta na escala 1:25.000. Estes estudos, encontram-se detalhados no Tomo I - Volume 4 - Estudos Geológicos, Geotécnicos e Topográficos, do Projeto Básico.

Em resumo, o eixo do boqueirão e sangradouro foi locado com pontos materializados cada 20,00m (estaca inteira), sendo ainda implantados alguns pontos intermediários (estaca fracionada), de modo a retratar o relevo topográfico local, com medidas a trena de 20,00m de comprimento. Todos os pontos materializados foram nivelados e contranivelados geometricamente.

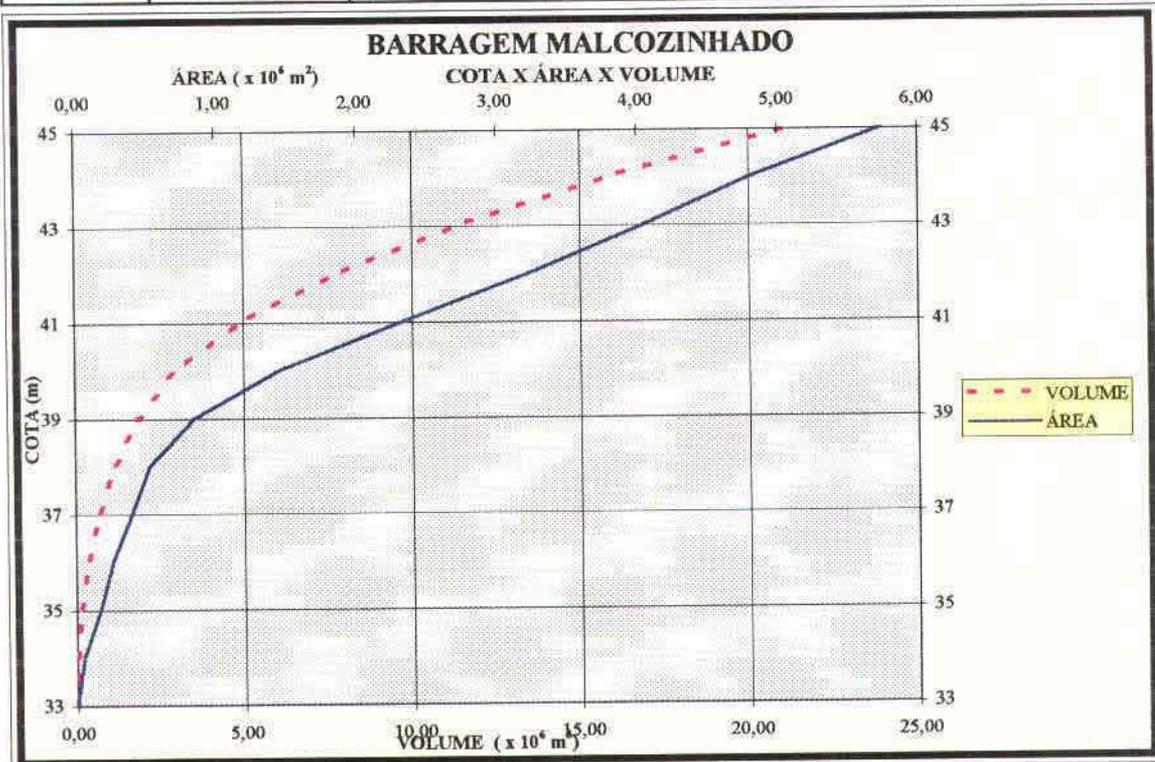
No eixo do boqueirão os levantamentos nas seções transversais das estacas inteiras estenderam-se em 40,00m para cada lado.

Todas as bocas dos furos de sondagem executados no boqueirão sangradouro foram amarradas topograficamente à RN implantada.

Com os dados levantados, foi elaborada a *curva cota x área x volume* do reservatório. É importante notar que esta curva, se mostra preliminar e será refinada quando do maior detalhamento dos Estudos Topográficos.

**QUADRO - COTA x ÁREA x VOLUME  
BARRAGEM MALCOZINHADO**

COTA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA MÉDIA(m <sup>2</sup> )	ALTURA (m)	VOL. PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL. ACUM. (m <sup>3</sup> )
33	0			0	0
34	52.257,00	26.128,50	1,00	26.128,50	26.128,50
35	170.144,00	111.200,50	1,00	111.200,50	137.329,00
36	263.987,00	217.065,50	1,00	217.065,50	354.394,50
37	399.395,00	331.691,00	1,00	331.691,00	686.085,50
38	528.815,00	464.105,00	1,00	464.105,00	1.150.190,50
39	846.782,00	687.798,50	1,00	687.798,50	1.837.989,00
40	1.451.769,00	1.149.275,50	1,00	1.149.275,50	2.987.264,50
41	2.328.595,00	1.890.182,00	1,00	1.890.182,00	4.877.446,50
42	3.227.335,00	2.777.965,00	1,00	2.777.965,00	7.655.411,50
43	4.044.527,00	3.635.931,00	1,00	3.635.931,00	11.291.342,50
44	4.805.150,00	4.424.838,50	1,00	4.424.838,50	15.716.181,00
45	5.735.033,00	5.270.091,50	1,00	5.270.091,50	20.986.272,50



## 2) Estudos Hidrológicos:

Os estudos hidrológicos, encontrados no Tomo I - Volume 1 - Estudos Hidroclimatológicos, constam da seguinte itemização:

- Caracterização climatológica;
- Estudos Pluviométricos;
- Estudos de Deflúvios,
- Determinação da cheia de projeto para o dimensionamento do sangradouro,
- Estudo de regulação do reservatório.

De acordo com o Projeto Básico, devido à escassez de dados pluviométricos, o estudo dos deflúvios baseou-se no modelo de transformação chuva-vazão MODHAC. O coeficiente de deflúvio obtido pela razão entre as lâminas escoada e precipitada foi de 24%. As principais características dos deflúvios no local do barramento foram estimadas portanto pelos estudos da seguinte forma

- lâmina anual média escoada - 309,00m ✓
- volume anual médio escoado - 74,20 hm<sup>3</sup> ✓

A chuva de projeto foi estimada pelo método do Hidrograma de projeto baseado na precipitação. A vazão obtida para uma chuva de  $Tr=1000$  anos foi de 1778 m<sup>3</sup>/s

Para o dimensionamento do sangradouro, foi adotada a chuva de  $Tr=1000$  anos, laminada. No quadro 2.1, observa-se os resultados dos estudos de simulação para um vertedouro Creager com uma largura  $L = 350$  m.

Quadro 2.1 - Resultado da simulação do hidrograma de projeto

L (m)	$Q_{out}$ (m <sup>3</sup> /s)	Cota (m)	Lâmina (m)
$Tr = 1\ 000$ anos - $Q_{in} = 1778,13$ m <sup>3</sup> /s			
Perfil Creager $Z_w = 43,0$ m			
350	1772,02	44,75	1,75
$Tr = 10\ 000$ anos - $Q_{in} = 2097,66$ m <sup>3</sup> /s			
Perfil Creager = $Z_w = 43,0$ m			
350	2078,96	2078,96	1,95

$L$  = Largura do Sangradouro  $Z_w$  = Cota da soleira do sangradouro

$Q_{in}$  = Vazão afluente ao reservatório  $Q_{out}$  - Vazão de saída (sangradouro)

Os estudos da capacidade de regularização (descargas regularizadas) do reservatório Malcozinhado foram realizados por dois métodos:

- Solução direta da equação de balanço hídrico; ✓
- Diagrama triangular da regularização. ✓

Através da análise via Equação de Balanço hídrico, os estudos de regularização são limitados pela capacidade máxima de acumulação do boqueirão barrável, que é de 15,7 hm<sup>3</sup>.

Para esta capacidade, o reservatório regulariza 21,3% do volume afluente médio anual, ou em termos de volume, 12,5 hm<sup>3</sup>, conforme a resolução direta da equação do balanço hídrico. Este volume regularizado anualmente corresponde a uma vazão regularizada com 90% de garantia ( $Q_{90\%}$ ) de 0,398 m<sup>3</sup>/s. (1)

Utilizando-se o método do Diagrama Triangular de Regularização, adotando-se  $f_E = 0,13$ ,  $f_K = 0,21$  e  $CV = 0,70$ , obtém-se um volume de 12,236 hm<sup>3</sup>, regularizado anualmente, ou em termos de vazão,  $Q_{90\%} = 0,388$  m<sup>3</sup>/s.

Como pode-se notar, para os dois métodos, os valores obtidos são muito próximos, validando portanto as considerações feitas.

### 3) Estudos Geológico-Geotécnicos:

A Geologia local foi descrita com pouca precisão. Os estudos geotécnicos consistiram em:

- Cinco (5) sondagens a percussão, X
- Quatro (4) poços de inspeção;
- Quatro (4) ensaios de granulometria por peneiramento;
- Quatro (4) ensaios de Limites de Atterberg;
- Quatro (4) ensaios de compactação;
- Cubação de jazida de material terroso;
- Localização de duas pedreiras.

Estes estudos são considerados insuficientes para o Projeto Executivo, e devem ser complementados de forma adequada, para permitir um bom desenvolvimento do projeto.

Com base nos dados acima, as características da Barragem apresentada são as seguintes.

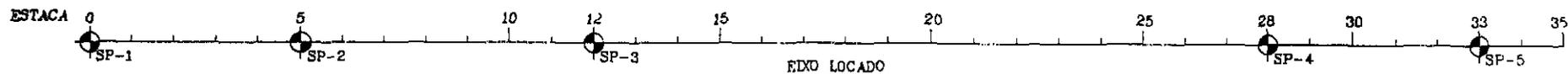
TIPO DE BARRAGEM	CONCRETO-VERTEDOURA
COTA DE COROAMENTO	
TRECHO SUBMERSÍVEL	43,00 m
TRECHO INSUBMERSÍVEL	46,20 m
EXTENSÃO PELO COROAMENTO	
TRECHO SUBMERSÍVEL	350,00 m
TRECHO INSUBMERSÍVEL	253,00 m
LARGURA DO COROAMENTO	4,00 m
TIPO DE VERTEDOURO	SOLEIRA DELGADA
LARGURA DA SOLEIRA	350,00 m
COTA DA SOLEIRA	43,00 m
TOMADA D'ÁGUA	EST 9+10,00 m
DIÂMETRO DA TOMADA D'ÁGUA	600,00 m
COTA DO EIXO DA TOMADA D'ÁGUA	..... 38,00m
ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA	240,00 km <sup>2</sup>
VOLUME DE ACUMULAÇÃO	11 291 000 m <sup>3</sup>
VAZÃO REGULARIZADA (90% GARANTIA)	0,398 m <sup>3</sup> /s

### 2.3 - RESUMO DA ANÁLISE DOS ESTUDOS EXISTENTES

O Projeto Básico existente foi analisado pela Equipe Técnica da KL e considerado adequado para nortear o início dos estudos do Projeto Executivo.

É importante ressaltar, que face ao nível de detalhamento requerido na etapa que se inicia, as investigações e estudos apresentados no Projeto Básico deverão ser ampliados e complementados de modo a caracterizar mais profundamente os aspectos topográficos da Bacia Hidráulica do Reservatório, o regime hidrológico local e as condições geológico - geotécnicas do eixo barrável e áreas de empréstimo.

Apresentam-se a seguir, os boletins de sondagem existentes.



000016

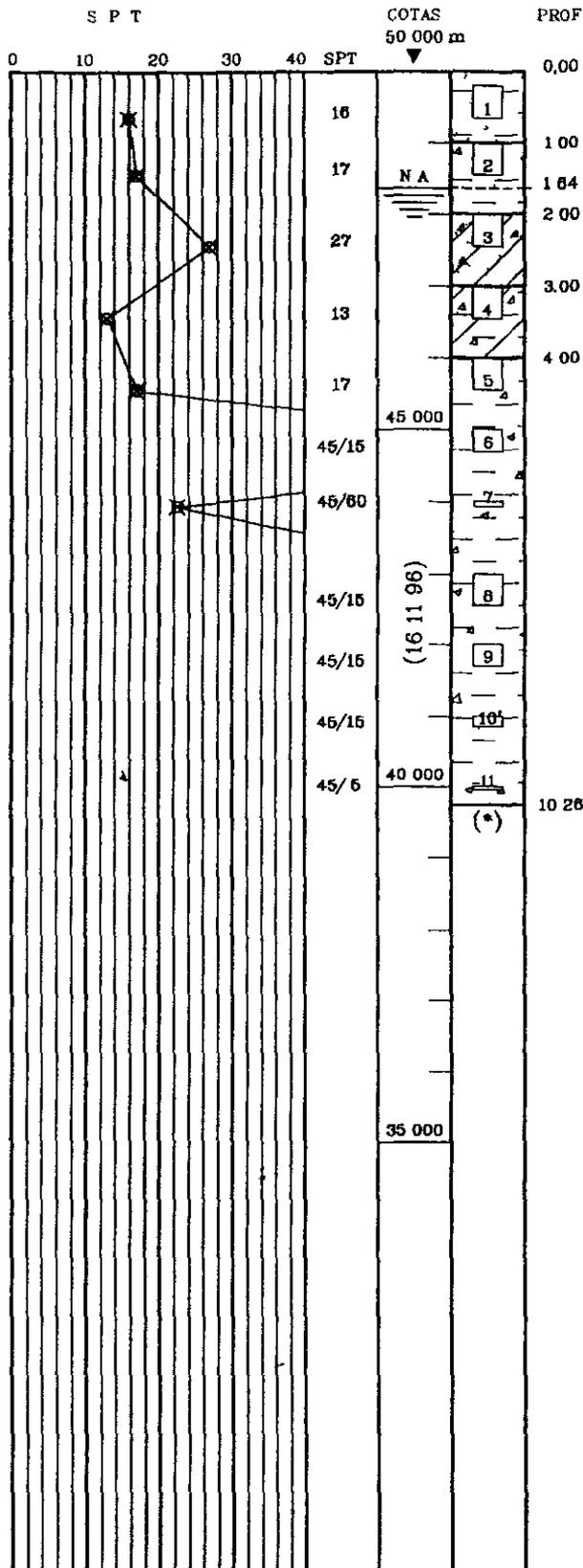
**CONVENCAO:**

⊙ - SONDAGEM A PERCUSSAO N° 1  
 SP-1

KL SERVICOS DE ENGENHRIA LTDA			
DATA	25/11/96	DES	VISTO
ESC	1 3000	APROV	<b>Geonorte</b>
LOCACAO DAS SONDAGENS			T-300/96
BARR. MAL COZINHADO - CASCAVEL/CE			DES - 01

# S O N D A G E M SP- 1 Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR -  $\phi_e = 2''$   $\phi_1 = 1 \frac{3}{8}''$   
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm



0,00 Areia fina e media, pouco siltosa, com materia organica, medianamente compacta, cinza clara

1,00 Areia fina e media, pouco siltosa, com pedregulhos, compacta, cinza e amarela, variegada.

1,84

2,00 Argila pouco arenosa, com pedregulhos, dura, cinza, vermelha e amarela, variegado

3,00 Silte argiloso, pouco micaceo, com pedregulhos, rijo, cinza, vermelho e amarelo, variegado

4,00

45,000

45,15

45,80

45,15 (16 11 96)

45,15

45,15

45,15

40,000

45,6

10,28

(\*)

Silte arenoso, micaceo, com pedregulhos, medianamente compacto e muito compacto, cinza e amarelo, variegado (Solo Residual de Gnaisse)

**OBS**

- 1) Avanco do furo feito a trado de 0,00m ate 2,00m de profundidade
- 2) Furo revestido de 2,00m ate 4,00m de profundidade
- 3) (\*) Impenetravel ao trepano de lavagem
- 3) Localizacao Est 0

000017

SPT - "STANDARD PENETRATION TEST"

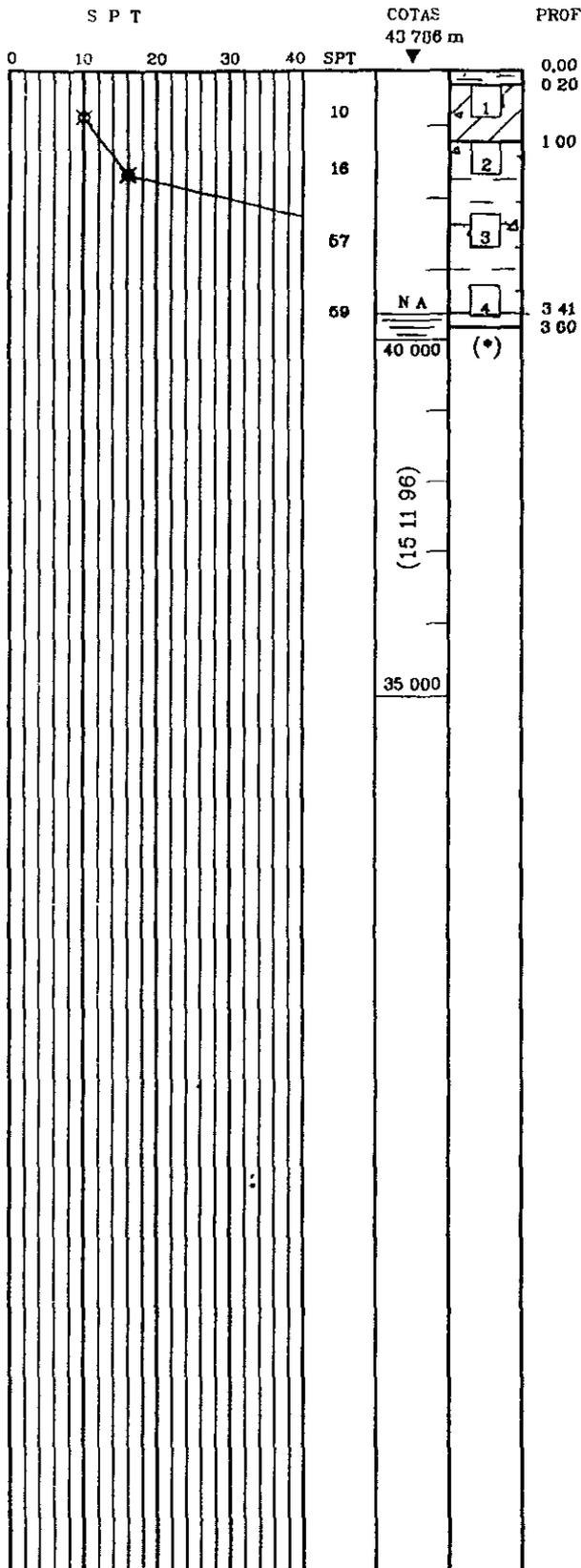
**ENSAIO DE LAVAGEM**

ESTAGIO	TEMPO (min)	AVANCO DO TREPANO (cm)
1°	10	2
2°	10	2
3°	10	2

<b>KL SERVICOS DE ENGENHARIA LTDA.</b>			
DATA	19/11/96	DES.	VISTO:
ESC.	1.100	APROV.	
SONDAGEM SP-1			<b>Geonorte</b>
BARR. MAL COZINHADO - CASCAVEL/CE			T-300/96 DES.- 02

# SONDAGEM SP- 2 Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR -  $\phi_e = 2$   $\phi_1 = 1 \frac{3}{8}$ "  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm



0,00  
0,20  
1,00  
3,41  
3,60

Areia fina e media, pouco siltosa, com pedregulhos, cinza

Argila arenosa, com pedregulhos, media, cinza, vermelha e amarela, variegada

Silte arenoso, micaceo, com pedregulhos, medianamente compacto e muito compacto, cinza e amarelo, variegado (Solo Residual de Gnaisse)

**OBS**

- 1) Avanco do furo feito a trado de 0,00m ate 1,00m de profundidade
- 2) Furo revestido de 1,00m ate 2,00m de profundidade
- 3) (\*) Impenetravel ao trepano de lavagem
- 4) Localizacao Est 5

SPT - "STANDARD PENETRATION TEST"

000018

**ENSAIO DE LAVAGEM**

ESTAGIO	TEMPO (min)	AVANCO DO TREPANO (cm)
1°	10	3
2°	10	3
3°	10	2

**KL SERVICOS DE ENGENHARIA LTDA.**

DATA	19/11/96	DES.	VISTO:
ESC	1 100	APROV	

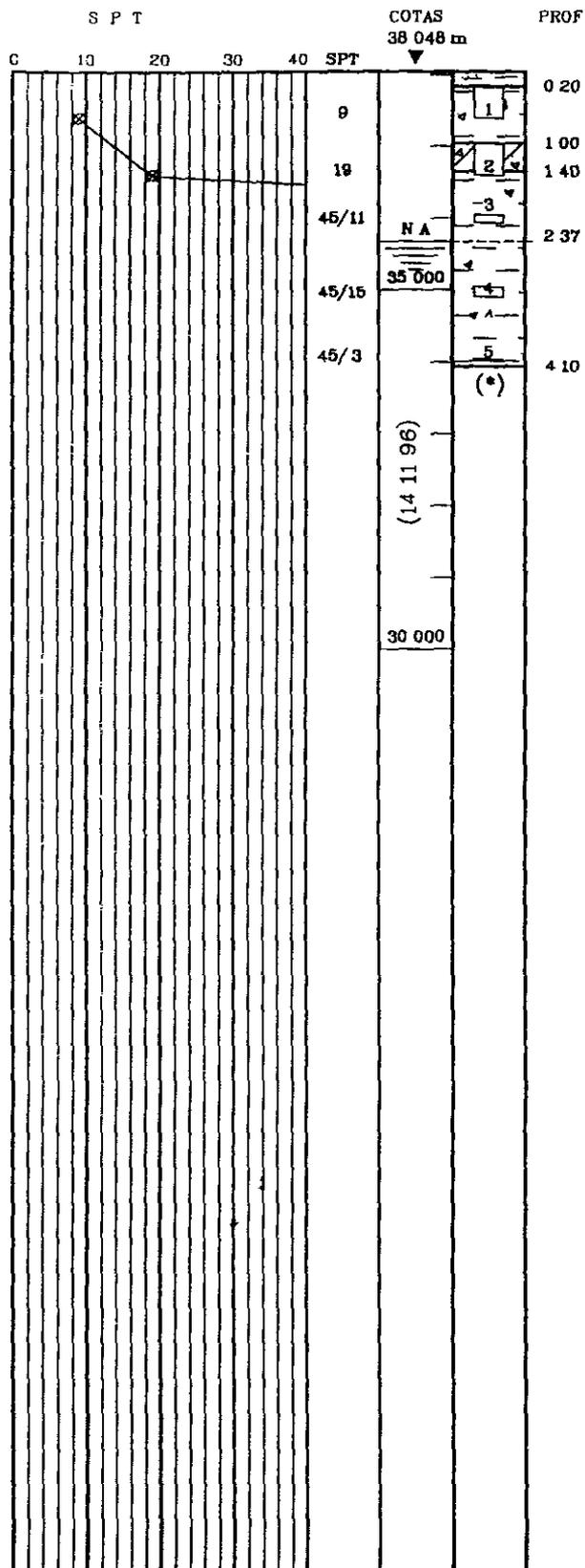
**Geonorte**

SONDAGEM SP-2  
 BARR. MAL COZINHADO - CASCAVEL/CE

T-300/96  
 DES - 03

# SONDAGEM SP- 3 Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR -  $\phi_e = 2''$   $\phi_1 = 1 \frac{3}{8}''$   
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm



**OBS**

- 1) Avanco do furo feito a trado de 0,00m ate 1,00m de profundidade
- 2) Furo revestido de 1,00m ate 3,00m de profundidade
- 3) (\*) Impenetravel ao trepano de lavagem
- 4) Localizacao Est. 12

000019

SPT - "STANDARD PENETRATION TEST"

**ENSAIO DE LAVAGEM**

ESTAGIO	TEMPO (min)	AVANCO DO TREPANO (cm)
1°	10	2
2°	10	1
3°	10	2

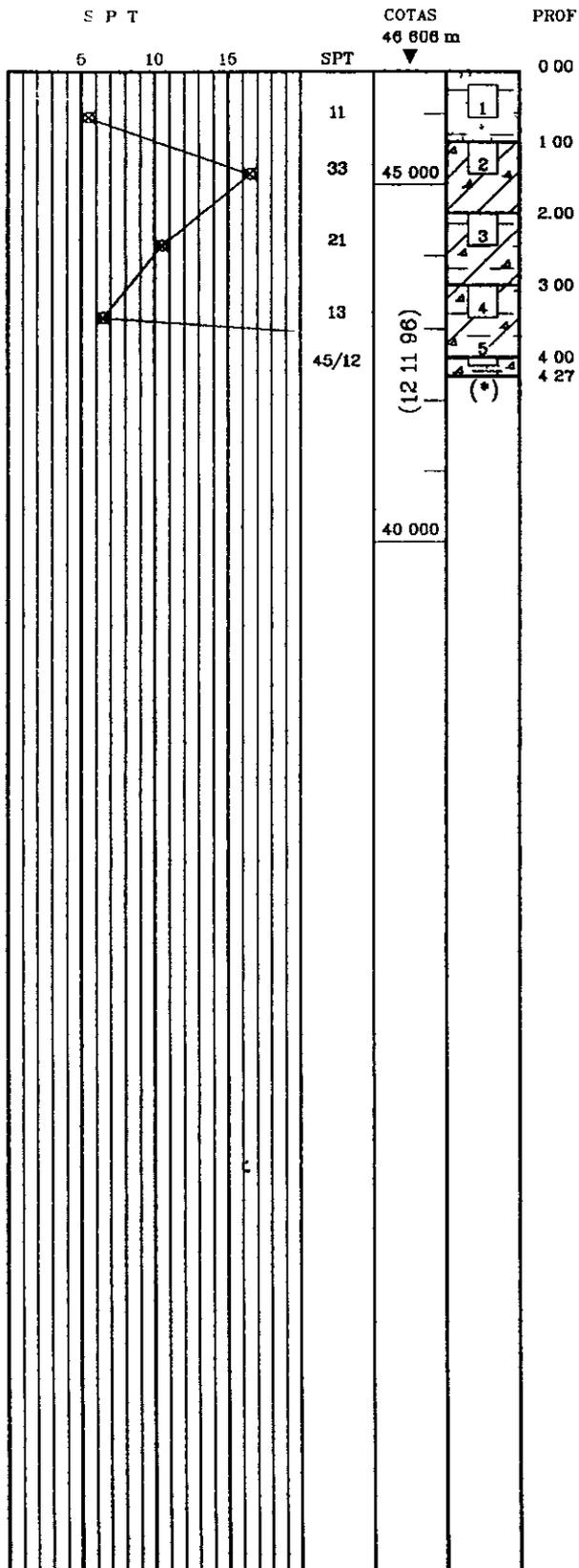
<b>KL SERVICOS DE ENGENHARIA LTDA.</b>			
DATA	19/11/96	DES.	VISTO
ESC	1 100	APROV	
SONDAGEM SP-3			T-300/96
BARR. MAL COZINHADO - CASCAVEL/CE			DES - 04

**Geonorte**



# SONDAGEM SP- 5 Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR -  $\phi_e = 2"$   $\phi_1 = 1 \frac{3}{8}"$   
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm



0.00	Areia fina e media, pouco siltosa, com materia organica, medianamente compacta, cinza
1.00	Argila arenosa, com pedregulhos, dura, cinza clara
2.00	Silte argiloso, com pedregulhos, duro, cinza, vermelho e amarelo, variegado
3.00	Silte pouco argiloso, micaceo, com pedregulhos, duro, cinza e amarelo, variegado (Solo Residual de Gnaisse)
4.00	Silte arenoso, micaceo, com pedregulhos, muito compacto, cinza e amarelo, variegado (Solo Residual de Gnaisse)
4.27	

### OBS

- 1) Nao foi encontrado nivel d'agua.
- 2) Avanco do furo feito a trado de 0,00m ate 2,00m de profundidade
- 3) Furo revestido de 2,00m ate 3,00m de profundidade
- 4) (\*) Impenetravel ao trepano de lavagem
- 5) Localizacao Est 33

000021

SPT - "STANDARD PENETRATION TEST"

### ENSAIO DE LAVAGEM

ESTAGIO	TEMPO (min)	AVANCO DO TREPANO (cm)
1°	10	2
2°	10	2
3°	10	1

KL SERVICOS DE ENGENHARIA LTDA.			
DATA	19/11/96	DES.	VISTO
ESC.	1 100	APROV	
SONDAGEM SP-5			T-300/96
BARR. MAL COZINHADO - CASCAVEL/CE			DES - 06

**Geonorte**

### **3 - FATORES CONDICIONANTES DO PROJETO**

### **3 - FATORES CONDICIONANTES DO PROJETO**

#### **3.1 - ASPECTOS HIDRO-CLIMATOLÓGICOS**

##### **- O Clima**

O clima do local dos trabalhos é bastante homogêneo no tempo e no espaço.

Para a caracterização do clima da região onde serão desenvolvidos os serviços, utilizou-se os dados da Estação Climatológica de Fortaleza, do Plano Estadual de Recursos Hídricos, conforme descrição a seguir.

##### **• Pluviometria**

A pluviometria do Estado foi detalhadamente analisada por ocasião do PERH (Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, 1990).

Tem-se portanto, dois postos pluviométricos, que abrangem a área em estudo, conforme figura 3.1.

Para caracterização do regime de chuvas intensas da região pode-se sem dúvida utilizar-se da tradicional equação de chuvas intensas de Fortaleza, mostrada a seguir:

$$i = \frac{528,076 T^{0,148}}{(t + 6)^{0,62}}, \text{ para } t \leq 120 \text{ min.} \quad \text{e} \quad i = \frac{54,50 T^{0,194}}{(t + 1)^{0,86}}, \text{ para } t > 120 \text{ min}$$

onde  $i$  é a intensidade de chuva (mm/h),  $T$  o tempo de retorno (anos) e  $t$  a duração em minutos para a primeira fórmula e em horas para a segunda.

##### **• Temperatura**

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações para os três pontos discretos de monitoramento (12:00; 18:00 e 24:00 TMG - Tempo Médio de Greenwich), sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes

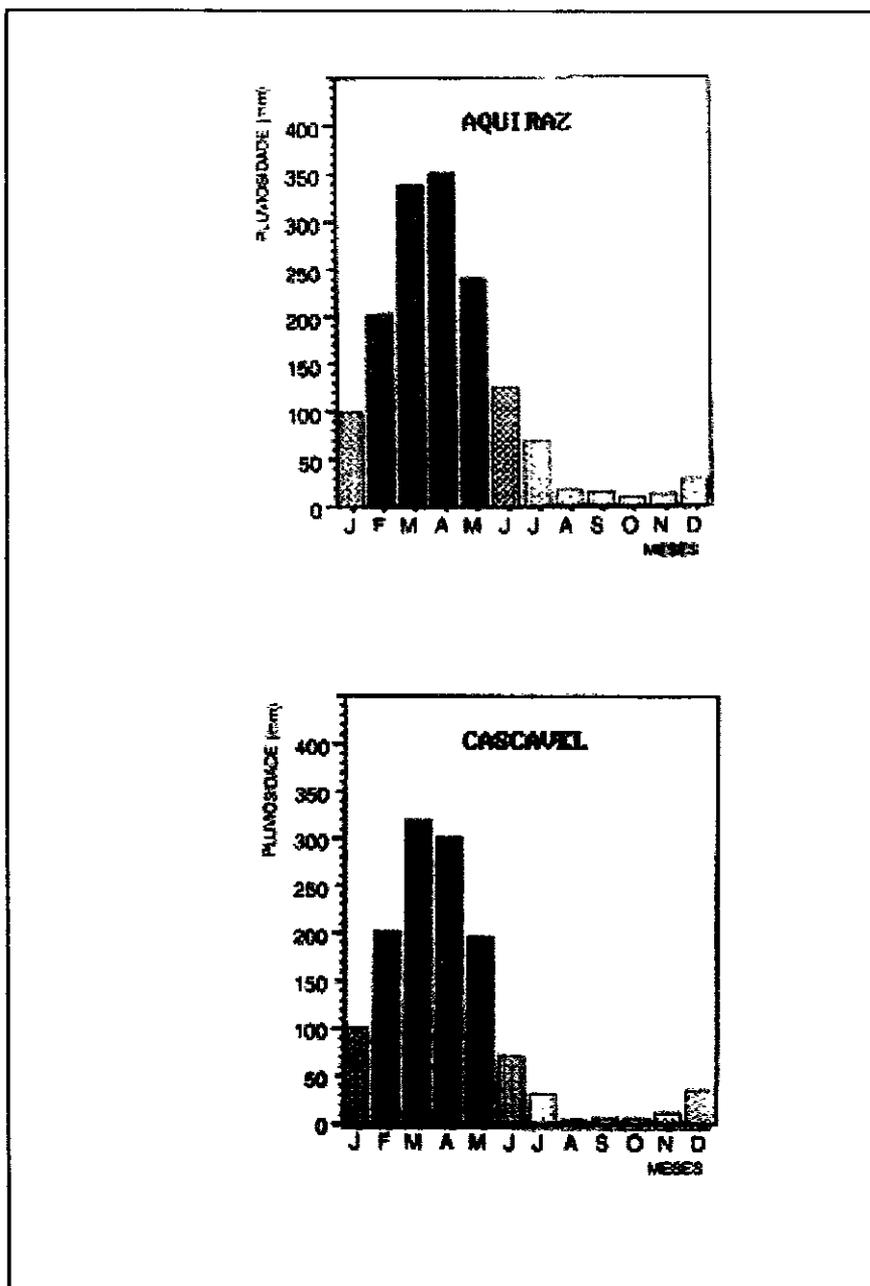


Figura 3.1 - Hietograma do PERH

Aquiraz e Cascavel

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas nas estações meteorológicas T12 e T24 TMG, T<sub>MAX</sub> e T<sub>MIN</sub> do dia, pela seguinte fórmula estabelecida pela OMM (Organização Meteorológica Mundial) :

$$T_{\text{comp}} = \frac{T_{12} + 2 T_{24} + T_{\text{MAX}} + T_{\text{MIN}}}{5}$$

onde,

T<sub>comp</sub> - Temperatura média compensada

T12 - Temperatura observada às 12:00 TMG

T24 - Temperatura observada às 24:00 TMG

T<sub>MAX</sub> - Temperatura máxima do dia

T<sub>MIN</sub> - Temperatura mínima do dia

A temperatura compensada apresenta uma pequena variação de 1,6°C, isso para os meses de julho (25,7 °C), Dezembro e janeiro (27,3 °C) As médias máximas e mínimas extremas ocorrem respectivamente nos meses de novembro e Dezembro(30,7 °C) e Julho (21,8 °C), conforme se observa no quadro 3.1 e figura 3.2.

Quadro 3.1 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Compensadas (°C) na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR.	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máx	30,5	30,1	29,7	29,7	29,1	29,6	29,5	29,1	29,2	30,5	30,7	30,7
Comp	27,3	26,7	26,3	26,5	26,3	25,9	25,7	26,1	26,6	27,0	27,2	27,3
Mín	24,7	23,2	23,8	23,4	23,4	22,1	21,8	22,8	23,4	24,5	24,4	24,6

FONTE INEMET (1991)

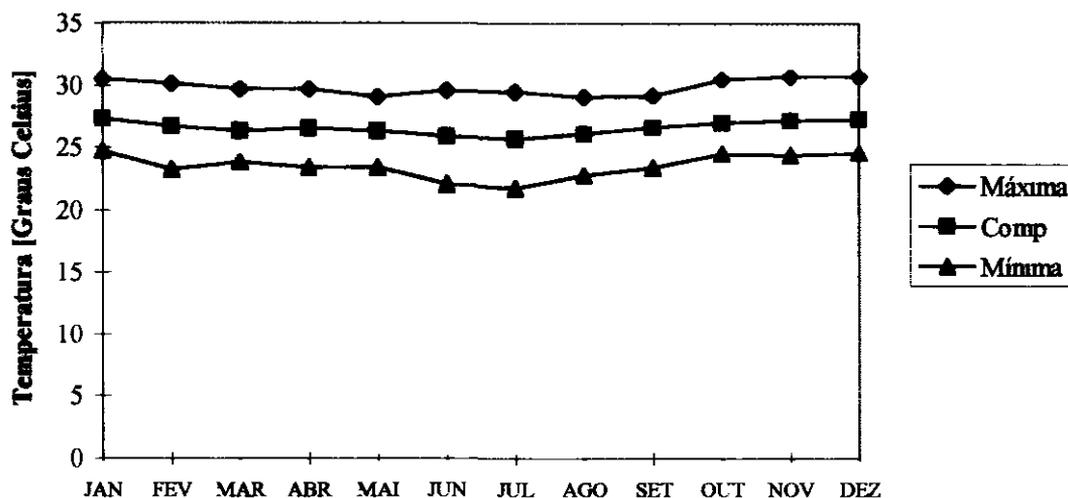


Figura 3.2 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas na Estação de Fortaleza

- Umidade Relativa

A umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 12% referente aos meses de Abril (85%) e Outubro (73%), como pode-se verificar no quadro 3.2 e figura 3.3.

Quadro 3.2 - Umidade Relativa na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
%	78	79	84	85	82	80	80	75	74	73	74	76

FONTE INEMET (1991)

000026

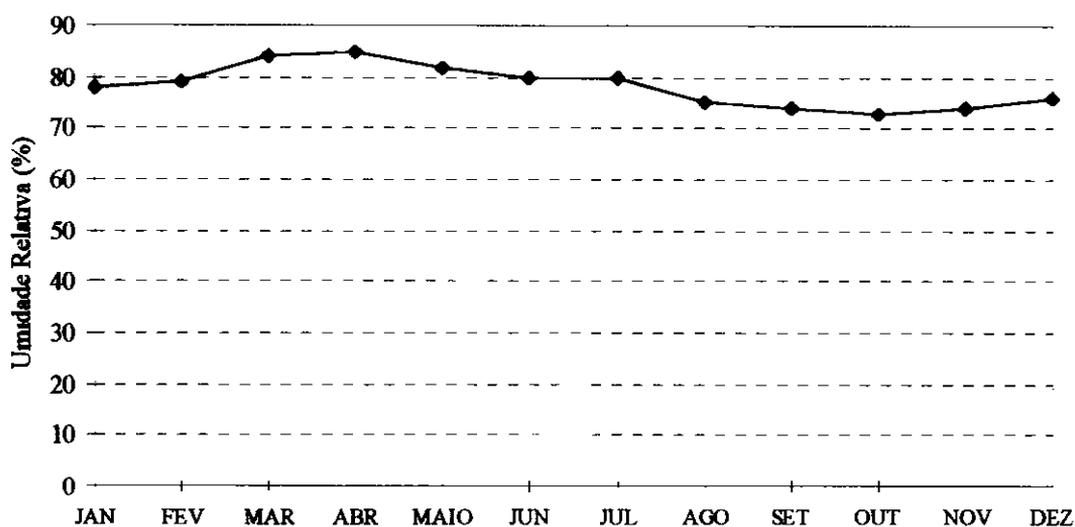


Figura 3.3 - Umidade Relativa na estação de Fortaleza

Os índices de umidade medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em conta, entre estes, a pluviometria que se constitui como o principal componente do fenômeno. A umidade é resultante da homogeneidade pluviométrica, além das pequenas oscilações dos demais parâmetros influentes.

- **Insolação Média**

O quadro 3.3 e a figura 3.4 mostram, respectivamente, o número de horas de exposição no local da estação de Fortaleza e sua distribuição mensal. Em termos anuais, no mesmo período, tem-se 2694 horas de exposição, podendo-se concluir de maneira aproximada que cerca de 62% dos dias do ano possuem incidência solar direta. O trimestre fevereiro/março/abril, apresenta os menores valores devido ser o trimestre mais chuvoso, caracterizando um maior albedo.

Quadro 3.3 - Insolação Média na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
horas	216	175	148	153	209	240	263	169	283	296	283	257

FONTE: INEMET (1991)

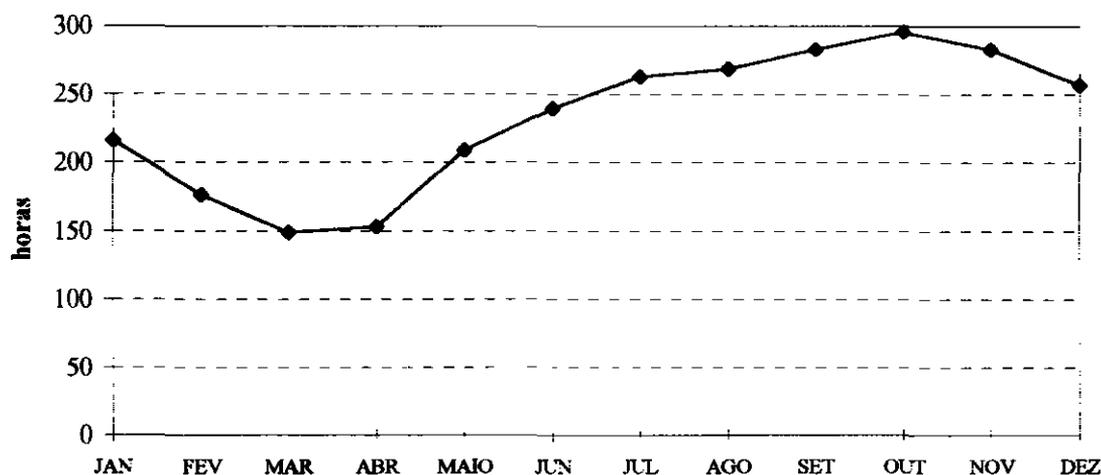


Figura 3.4 - Insolação Média na estação de Fortaleza

- Ventos

A intensidade do vento é medida nos horários sinóticos de observação, a uma altitude de 10 m em relação a estação. Da mesma forma, a direção do vento também é medida nos três horários sinóticos, indicando a direção de onde o vento se origina.

A estação de Fortaleza apresenta suas velocidades médias dos ventos descrita no Quadro 3.4. Nesta região a direção predominante dos ventos está dentro do quadrante Sudeste/Leste.

Quadro 3.4 - Velocidade Média dos Ventos na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
m/s	3,6	3,1	2,4	2,3	2,8	3,1	3,5	4,4	4,9	4,6	4,5	4,5

FONTE: PERH(1992)

- Evaporação Média

A evaporação anual observada em tanque-tipo classe "A" é de 1468 mm, distribuída ao longo dos meses segundo o quadro 3.5 e figura 3.5

Quadro 3.5 - Evaporação Média na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	120	96	72	68	85	95	118	152	167	173	168	154

FONTE: INEMET (1991)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (173,5 mm). Deve-se ressaltar, entretanto, que para adotar estes valores como representativos da evaporação em açudes, principalmente pequenos e médios, que é o caso, deve-se multiplicar estes valores pelo coeficiente entre a evaporação do açude e a evaporação no Tanque Classe A ( $K_a$ ). Molle (1989) aconselha os valores mostrados no quadro 3.6 para  $K_a$ , em função da superfície do espelho.

Quadro 3 6 -  $K_a$  em função da superfície do espelho d'água

Superfície (ha)	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 30	média
$K_a$	0,95	0,87	0,82	0,75	0,84

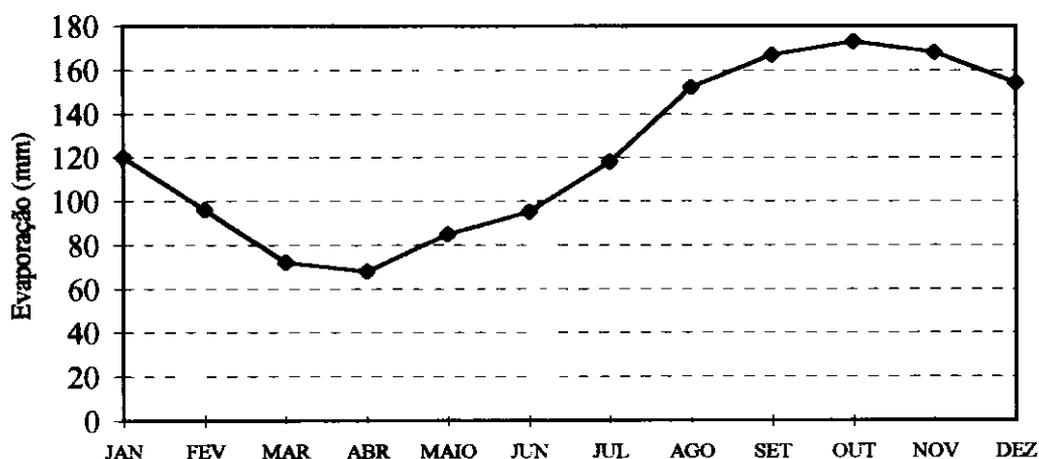


Figura 3.5 - Evaporação Média na Estação de Fortaleza

- Evapotranspiração

O quadro 3.7 apresenta a evapotranspiração potencial mensal obtida segundo Thornthwaite e Mather, totalizando 1647,4 mm. A figura 3.6 confronta os valores do quadro 3.7 com os valores da precipitação média. Percebe-se, como característica, o déficit hídrico em mais da metade do ano, com exceção dos meses de fevereiro a junho. Este fato demonstra, como é conhecido qualitativamente para as regiões semi-áridas, a necessidade da aplicação artificial de água.

Quadro 3.7 - Evapotranspiração Potencial (Thornthwaite & Mather) na Estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	154 5	129 9	134 4	132 9	131 8	120 8	120 9	129 3	134 8	149 7	150 9	157 5

FONTE PERH (1990)

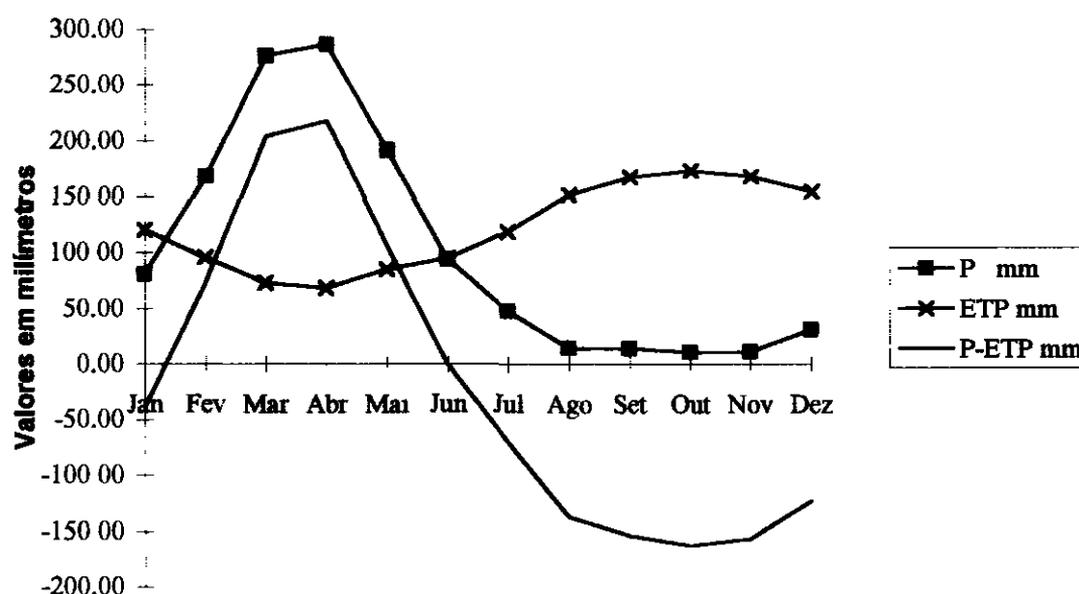


Figura 3.6 - Balanço Hídrico

#### • Classificação Climática

De acordo com esta classificação de Köppen, a região do estudo encontra-se classificada como Zona de Climas secos, tipo B. As chuvas são classificadas devido a sua sazonalidade como do tipo W, estação seca de inverno. O clima, segundo o aspecto térmico, é do tipo h, quente, já que sua temperatura média anual é superior a 18 °C. Sendo pois o clima da região em estudo classificado como Bwh.

Segundo Thornthwaite os dados para a área de estudo, mostram um clima seco e sub-úmido; tipo C1, com índice efetivo de umidade variando entre 0% e -20%; sub-tipo S, com índice de aridez superior a 33%, tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (C1SA'a')

## 3.2 - ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

### 3.2.1 - Geologia

A região, objeto de estudo, está inserida na unidade geológica denominada Grupo Barreira, datada do final do Período Terciário e início do Quaternário, da Era Cenozóica.

Tal unidade expõe-se por toda a faixa costeira, recobrando até aproximadamente 50 km no continente.

Todas as unidades estratigráficas regionais são recobertas, básica e indistintivamente por sedimentos arenosos ou lateríticos.

Do ponto de vista litológico, os sedimentos apresentam-se pouco consolidados ou incoerentes, de matriz areno-argilosa e basicamente apresentam coloração amarelada ou avermelhada. Tal fato decorre da infiltração de óxidos de ferro em sua estrutura.

As espessuras da camada supra citada encontram-se na região de forma variada, podendo atingir até 25,00 m.

Morfologicamente, tais sedimentos apresentam-se como capeamento de platô (Tabuleiros Pré-litorâneos), sendo encontrados nos mais diferentes níveis altimétricos, variando normalmente de 20,00 a 90,00 m, com classes de declividades de 0% a 0,5%.

A figura 3.7 a seguir, mostra o mapa geológico da área em estudo, para maior elucidação



### 3.2.2 - Geotecnia

A análise preliminar da subsuperfície local se deu com base nas sondagens existentes executadas quando da elaboração dos Estudos Básicos, conforme comentado no *capítulo 2 - Análise da Documentação Existente*.

Utilizou-se, portanto, os dados apresentados nas sondagens de nº SP-01 a SP-05

De forma geral, o subsolo apresenta homogeneidade das camadas em seu perfil longitudinal. Nos primeiros metros, encontra-se areia fina e média pouco siltosa, com pedregulhos, com SPT variando entre 9 e 19 golpes e espessuras entre 0,20 a 2,00m; abaixo desta camada tem-se argila arenosa com pedregulhos, média a dura, vermelha e amarela, com SPT girando em torno de 16 a 30 golpes e espessura entre 0,4 a 1,0m em média. Logo depois encontra-se silte pouco argiloso, micáceo, com pedregulhos, cinza e amarelo (solo residual de gnaiss), entre 1,0 e 6,0m de espessura.

O nível d'água foi detectado entre 1,50m e 3,40m.

As sondagens foram paralisadas por considerar-se o material impenetrável ao trépano de lavagem.

A maior profundidade alcançada pelas sondagens se deu na SP-01 (Estaca 0), com 10,26 m, e a menor ocorreu na SP-04 (Estaca 28) com 3,14 m

Houve necessidade de revestir-se os furos nos primeiros metros de sondagem.

Face ao início dos estudos referentes ao Projeto Executivo da Barragem Malcozinhado, coloca-se a importância de uma melhor discretização do subsolo por meio de sondagens a percussão, pá e picareta, rotativas e mistas. Essa maior discretização é melhor apresentada e detalhada no *capítulo 4 - Estudos Preliminares*, que norteia as investigações

### 3.3 - ASPECTOS TOPOGRÁFICOS

Com base no mapa hipsométrico do Estado do Ceará, pode-se observar que a área em questão faz parte da zona delimitada com altitudes inferiores a 200,00 m e declividades nunca superiores a 5°

No entanto, fazendo-se correlação com a Geologia local, constata-se tal classificação, unicamente com a ressalva que, nesta região o nível altimétrico máximo encontrado é da ordem de 90,00 m.

Este é portanto, um setor de topografia plana ou suavemente rampeada que se orienta para fundos de vales ou para a faixa litorânea

#### **4 - PLANEJAMENTO DOS TRABALHOS A SEREM EXECUTADOS**

#### **4 - PLANEJAMENTO DOS TRABALHOS A SEREM EXECUTADOS**

Para que a elaboração do Projeto Executivo da Barragem Malcozinhado se dê de forma adequada, coloca-se a necessidade de maior detalhamento dos elementos e dados existentes

Estabeleceu-se portanto, de forma a promover uma otimização das etapas de trabalho a serem desenvolvidas, uma programação básica, composta pelos elementos: Viagem de Reconhecimento, Levantamento Topográfico e Estudos Geológico - Geotécnicos. Todos serão melhor descritos a seguir.

##### **4.1 - VIAGEM DE RECONHECIMENTO**

Uma Equipe Técnica da KL, fez visita ao local do barramento com a finalidade básica de observar "in loco" a geologia local, relevo e aspectos físicos relevantes à análise preliminar do Arranjo Geral e análise do eixo proposto pelo Projeto Básico.

O marco topográfico inicial do projeto básico foi encontrado, bem como alguns dos furos de sondagem a percussão, validando portanto a locação das mesmas.

O eixo proposto foi considerado adequado, sendo portanto aprovado para dar continuidade à elaboração do projeto.

O relevo apresenta suave declividade e o riacho é encontrado com facilidade.

Havia uma grande quantidade de vegetação rasteira e arbustiva em decorrência do período chuvoso na região

Detectou-se no leito do riacho afloramentos rochosos.

A visita ao local da barragem forneceu subsídios importantes ao planejamento dos estudos topográficos e investigações geotécnicas

#### 4.2 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

O Levantamento Topográfico do local do barramento consistirá basicamente no levantamento do eixo barrável, sangradouro e faixas de domínio, bacia hidráulica, amarração dos empréstimos e jazidas, onde constarão os elementos físicos relevantes ao projeto.

Todos os levantamentos seguirão as especificações constantes nos Termos de Referência

#### 4.3 - ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

##### 4.3.1 - Geologia

A geologia local será devidamente descrita após reconhecimento e mapeamento da área em questão, de modo a complementar os estudos geotécnicos.

##### 4.3.2 - Geotecnia

As investigações geotécnicas promoverão uma inspeção criteriosa do eixo barrável. Consistirão basicamente de sondagens, ensaios "in situ" e laboratoriais, que visam a melhor caracterização do subsolo no local da barragem e tomada d'água.

Os locais definidos como área de empréstimo de materiais para a execução das obras também receberão atenção especial, através de ensaios de laboratório e caracterização.

O Plano Básico que rege a investigação de subsuperfície é composto por sondagens a pá e picareta, sondagens a percussão e mistas ao longo do eixo. Ensaios "in situ", como perda d'água específica serão executados de acordo com o uso e localidade, haverá extração de amostras, para os devidos ensaios de laboratório.

Apresenta-se a seguir o Plano Inicial de Investigações conforme tabela abaixo:

<b>PLANO DE SONDAGENS</b>	
<b>A. EIXO BARRÁVEL E SANGRADOURO</b>	
<b>SONDAGENS</b>	<b>QUANT.</b>
Pá e Picareta (m)	35
Percussão (m)	150
Rotativa em Rocha Ø NX (m)	130

<b>B. MATERIAL DE EMPRÉSTIMO</b>	
<b>MATERIAIS</b>	<b>QUANT.</b>
Argila - Pá e Picareta (m)	70
Areia - Trado (m)	7

<b>ENSAIOS GEOTÉCNICOS</b>	
<b>A. MATERIAIS DO EIXO BARRÁVEL E SANGRADOURO</b>	
<b>ENSAIOS</b>	<b>QUANT.</b>
Perda de água (Lugeon) Com 5 estágios de pressão	35
Infiltração in situ (Le Franc) com carga variável	28

<b>B. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SELECIONADOS</b>	
<b>ENSAIOS PARA MATERIAIS TERROSOS</b>	<b>QUANT.</b>
Granulometria sem sedimentação	20
Granulometria com sedimentação	10
Limite de Liquidez	20
Limite de Plasticidade	20
Peso Específico	15
Umidade Natural	15
Proctor Normal	15
Permeabilidade ( carga variável )	7
Cisalhamento Direto Lento	7
<b>ENSAIOS PARA MATERIAIS PÉTREOS</b>	
Los Angeles	2
<b>ENSAIOS AREAIS</b>	
Granulometria	3
Permeabilidade ( carga constante)	3

Os Quadros a seguir apresentam as locações das sondagens:

a) Sondagens a Pá e Picareta

SONDAGEM	ESTACA
SPP-1	1 + 10,00 m
SPP-2	7
SPP-3	9 + 10,00 m
SPP-4	17
SPP-5	20
SPP-6	25
SPP-7	30
SPP-8	32 + 10,00 m

b) Sondagens a Percussão

SONDAGEM	ESTACA
SP-A	2 + 10,00 m
SP-B	8 + 10,00 m
SP-C	15 + 10,00 m
SP-D	17; 10,00 m à montante
SP-E	17, 20,00 m à jusante
SP-F	19
SP-G	21
SP-H	22, 10,00 m à montante
SP-I	22, 20,00 m à jusante
SP-J	24
SP-K	30 + 10,00 m

## c) Sondagens Mistas

SONDAGEM	ESTACA
SM-1	10 + 10,00 m
SM-2	14
SM-3	20; 15,00 m à montante
SM-4	20, 25,00 m à jusante
SM-5	27 + 10,00 m

## d) Sondagens Rotativas

SONDAGEM	ESTACA
SR-1	4
SR-2	12 + 10,00 m
SR-3	18
SR-4	23
SR-5	26
SR-6	29
SR-7	31 + 10,00 m

O Desenho 02/02 - Boqueirão - Plano de Sondagem, apresenta a locação proposta dos furos de sondagem no local em estudo

## 5 - PLANO DE EDIÇÃO DOS RELATÓRIOS

## **5 - PLANO DE EDIÇÃO DOS RELATÓRIOS**

O projeto Executivo da Barragem do Riacho Malcozinhado será, conforme os Termos de Referência preconizam, dividido em duas fases, a seguir:

### **Fase A - Diagnóstico e Anteprojeto:**

- Relatório dos Estudos Preliminares
  - TOMO I - Estudos Básicos
    - Estudos Topográficos
    - Estudos Geológico-Geotécnicos
    - Estudos Hidrológicos
  - TOMO II - Relatório de Concepção

### **Fase B - Detalhamento do Projeto de Engenharia a nível Executivo:**

- Minuta do Relatório Geral
  - TOMO III - Relatório Geral
    - Volume 1 - Descrição Geral do Projeto
    - Volume 2 - Memorial de Cálculo
    - Volume 3 - Orçamento e Especificações Técnicas
    - Volume 4 - Desenhos
    - Volume 5 - Desenhos Estruturais
  - TOMO IV - Relatório Síntese

## 6 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



Foto 01 - Afloramento Rochoso na Margem Direita do Riacho Malcozinhado



Foto 02 - Vista de Montante do Riacho e Afloramentos Rochosos



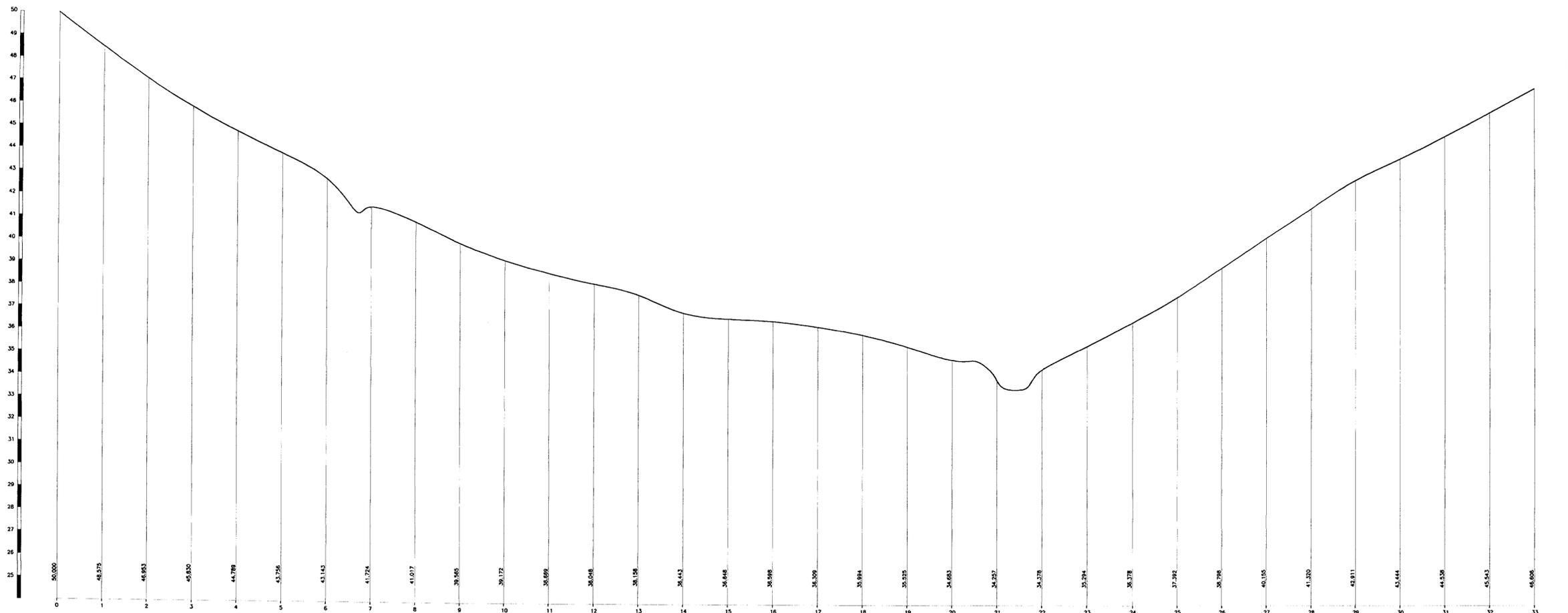
Foto 03 - Ombreira Esquerda vista da Ombreira Direita



Foto 04 - Vista de Jusante do Riacho e Afloramentos Rochosos nas Margens e Leito do Riacho

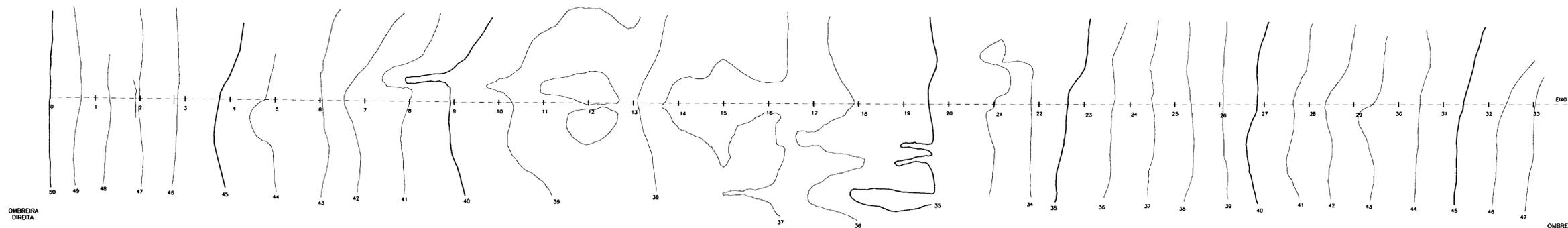
**7 - DESENHOS**

- BACIA HIDRÁULICA e
- PERFIL E LOCAÇÃO DO BOQUEIRÃO / LOCAÇÃO DAS SONDAGENS



**PERFIL LONGITUDINAL**  
 ESCALA HOR: 1/1000  
 VER: 1/100

40

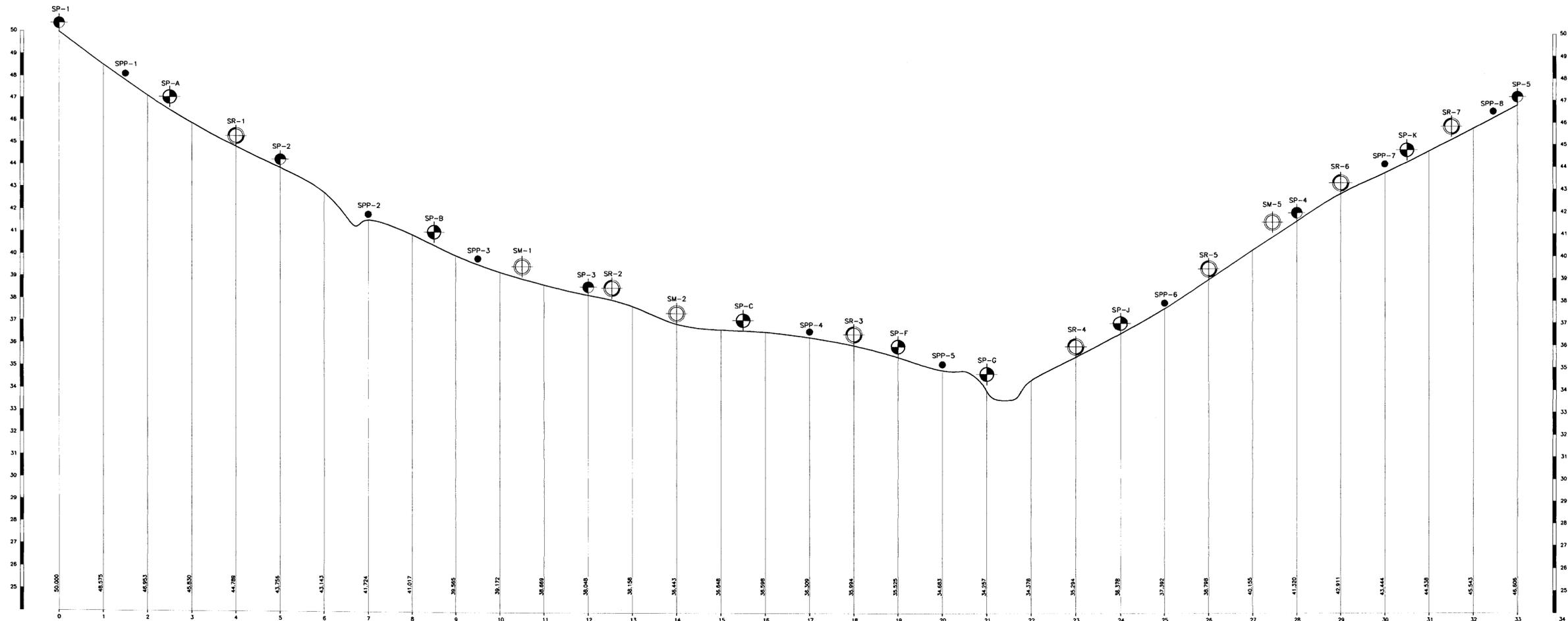


**BOQUEIRÃO (PLANTA)**  
 ESCALA 1/1000



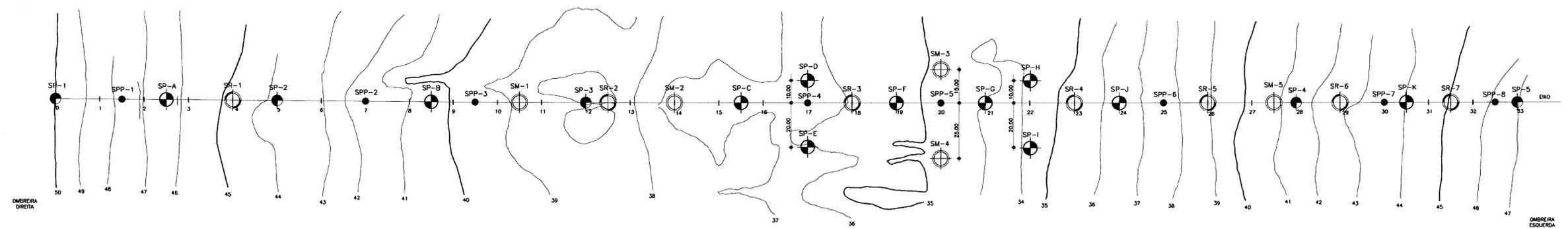
000047

LEGENDA	NOTAS	DESENHOS DE REFERÊNCIA	REVISÕES			GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS-SRH COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS-COGERH PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ -PROURB/CE PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MAL COZINHADO	
			Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA		APROVADO
						ARQUIVO: KLS/PERF-LON/DWG VISTO: VERIF.: APROVADO:	DESENHADO: ROSA DATA DE EMISSÃO: ABRIL / 97 ESCALA: INDICADA Nº DO DESENHO: 01/02
						BOQUEIRÃO PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL KL-SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.	



PERFIL LONGITUDINAL  
 ESCALA HOR: 1/1000  
 VER: 1/100

43



PLANTA-LOCAÇÃO DE SONDAGEM  
 ESCALA 1/1000



LEGENDA

- SP - SONDAGEM A PERCUSSÃO (EXISTENTE)
- ⊙ SP - SONDAGEM A PERCUSSÃO A SER EXECUTADA
- ⊕ SM - SONDAGEM MISTA A SER EXECUTADA
- ⊗ SR - SONDAGEM ROTATIVA A SER EXECUTADA
- SPP - SONDAGEM A PÁ E PICARETA A SER EXECUTADA

NOTAS

DESENHOS DE REFERÊNCIA

REVISÕES			
Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS-SRH  
 COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS-COGERH  
 PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ -PROURB/CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MAL COZINHADO

**BOQUEIRÃO**  
 PLANO DE SONDAGEM

KL-SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.

0006481

DESENHO: ROSA  
 DATA DE EMISSÃO: ABRIL / 87  
 ESCALA: INDICADA  
 Nº DO DESENHO: 02/02