

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**  
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**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 PROURB CE**

**PROJETO EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO**  
**E APROVEITAMENTO DA BARRAGEM MUQUÉM**

**TOMO I**

**RELATÓRIO GERAL DO PROJETO EXECUTIVO DA**  
**BARRAGEM**

**VOLUME 2 MEMORIAL DE CÁLCULO**

**AGUASOLOS**  
CONSULTORIA DE ENGENHARIA LTDA

**FORTALEZA- CE**  
**DEZEMBRO 1997**

GOVERNO DO ESTADO



**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 PARA IMPLANTAÇÃO**  
**E APROVEITAMENTO DA BARRAGEM**  
**MUQUÉM**

**TOMO I**

**RELATÓRIO GERAL DO PROJETO**  
**EXECUTIVO DA BARRAGEM**

**VOLUME 2**

**MEMORIAL DE CÁLCULO**

FORTALEZA  
DEZEMBRO/97



Lote: 01637 -  Prep  Scan  Index   
Projeto Nº 182/01/02/C  
Volume 1  
Qtd. A4 \_\_\_\_\_ Qtd. A3 \_\_\_\_\_  
Qtd. A2 \_\_\_\_\_ Qtd. A1 \_\_\_\_\_  
Qtd. A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_

**PROJETO EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO  
E APROVEITAMENTO DA BARRAGEM  
MUQUÉM**

**TOMO I**

**RELATÓRIO GERAL DO PROJETO  
EXECUTIVO DA BARRAGEM**

**VOLUME 2**

**MEMORIAL DE CÁLCULO**



**FORTALEZA  
FEVEREIRO / 98**

000003

## APRESENTAÇÃO

A documentação aqui apresentada compreende o Relatório Final do Projeto Executivo da Barragem MUQUÉM, desenvolvido nos Termos do Contrato nº 025/96/PROURB/CE/COGERH, firmado entre a AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda e a SRH - Secretaria dos Recursos Hídricos

O projeto do açude MUQUÉM faz parte de um Plano do Governo do Estado do Ceará, em parceria com o Banco Mundial, para implementação estratégica de um conjunto de barragens no próprio Estado, em cumprimento a uma adequada Política de Recursos Hídricos para toda região estadual

O açude MUQUÉM, com uma capacidade armazenável de 47,64 hm<sup>3</sup>, é um dos açudes escolhidos dentro do elenco de quarenta unidades previstas pelo referido Plano Estadual, devendo ter como função primordial os abastecimentos de água das cidades de Jucás e Cariús e a perenização do riacho Muquém para fins de irrigação

O projeto do Açude Muquém compreende os seguintes estudos,

- Projeto Executivo da Barragem,
- Projetos Executivos das Adutoras de Jucás e Cariús,
- Cadastro das propriedades e benfeitorias a serem submersas pela bacia hidráulica,
- Plano de Aproveitamento do Açude, com identificação dos usos programados para o reservatório, com ênfase à irrigação de área propícia e a piscicultura,

Em síntese, o Relatório final está composto dos seguintes documentos,

### Tomo I - Relatório Geral do Projeto Executivo da Barragem

Volume 1 - Descrição Geral do Projeto

Volume 2 - Memorial de cálculo

Volume 3 - Quantitativos e Especificações Técnicas

Volume 4 - Orçamento

Volume 5 - Plantas

Volume 6 - Síntese do Projeto

### Tomo II - Relatório dos Estudos Básicos

Volume 1 - Estudos Topográficos

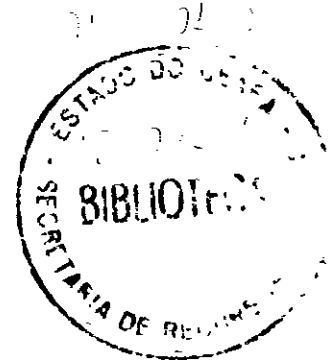
Volume 2 - Estudos Geológicos e Geotécnicos

Volume 3 - Estudos Hidrológicos

### Tomo III - Relatório do Plano de Aproveitamento do Reservatório

Volume 1 - Estudos Básicos

Volume 2 - Relatório Geral



Tomo IV - Relatório dos Estudos Básicos das Adutoras

Volume 1 - Estudos de Alternativas de Traçado.

Volume 2 - Estudos Básicos.

Volume 3 - Estudos Básicos Complementares-Topografia e Geotecnia

Volume 4 - Estudos de Concepção do Sistema

Tomo V - Relatório dos Projetos Executivos das Adutoras

Volume 1 - Relatório Geral e Memorial de Cálculo.

Volume 2 - Quantitativos e Orçamentos.

Volume 3 - Especificações Técnicas e Normas de Medição e Pagamento.

Volume 4 - Plantas

Tomo VI - Relatório do Levantamento Cadastral

Volume 1 - Relatório Geral.

Volume 2 - Laudos

**ÍNDICE**

---

---

000006

# MEMORIAL DE CÁLCULO DAS OBRAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM MUQUÉM

## ÍNDICE

<b>1. SANGRADOURO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Considerações Gerais.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Dimensionamento do Vertedouro .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1 Dados de projeto .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2 Cálculo da largura do sangradouro (L).....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.3 Determinação do perfil vertente .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Análise de Estabilidade do Vertedouro Calculado.....</b>	<b>18</b>
<b>2. DIMENSIONAMENTO DO MACIÇO PRINCIPAL.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Cálculo da Folga da Barragem.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Cálculo da Revanche da Barragem.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Cálculo da Cota do Coroamento da Barragem.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 Cálculo da Altura Máxima da Barragem .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 Cálculo da Largura do Coroamento da Barragem.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 Proteção do Coroamento da Barragem.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6 Determinação dos Taludes da Barragem.....</b>	<b>25</b>
<b>2.7 Proteção dos Taludes da Barragem .....</b>	<b>26</b>
<b>2.7.1 Talude de montante.....</b>	<b>26</b>
<b>2.7.2 Talude de jusante .....</b>	<b>28</b>
<b>2.8 Drenagem Interna da Barragem.....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.1 Dimensionamento da descarga através do maciço : <math>Q_m</math> .....</b>	<b>34</b>
<b>2.8.2 Cálculo da espessura do filtro vertical.....</b>	<b>39</b>
<b>2.8.3 Dimensionamento da espessura do tapete horizontal.....</b>	<b>39</b>

<b>2.9 Análise de Estabilidade dos Taludes</b> .....	<b>41</b>
<b>2.9.1 Parâmetros dos materiais empregados na const. do maciço</b> .....	<b>41</b>
<b>2.9.2 Condições de solicitação</b> .....	<b>42</b>
<b>2.9.3 Metodologia e critérios de Análises</b> .....	<b>46</b>
<b>2.9.4 Seção considerada</b> .....	<b>46</b>
<b>2.9.5 Resultados</b> .....	<b>47</b>
<b>3. ESTUDO DO REBAIXAMENTO RÁPIDO</b> .....	<b>48</b>
<b>3.1 Estimativa da Vazão de Descarga</b> .....	<b>48</b>
<b>3.2 Tempo para Rebaixamento do <math>N_{a_{máx}}</math> para o <math>N_{a_{min}}</math></b> .....	<b>49</b>
<b>3.3 Velocidade de Descida do Nível D'água</b> .....	<b>49</b>
<b>3.4 Estimativa da Queda da Linha de Saturação no Maciço</b> .....	<b>49</b>
<b>4. TOMADA D'ÁGUA E ESTRUTURA DE DISSIPACÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1 Localização</b> .....	<b>51</b>
<b>4.2 Cálculo do Diâmetro da Tubulação</b> .....	<b>51</b>
<b>4.3 Determinação da Perda de Carga Linear (<math>H_{fd}</math>)</b> .....	<b>52</b>
<b>4.4 Perda de Carga Localizada ( <math>H_{fL}</math> )</b> .....	<b>53</b>
<b>4.5 Cálculo da Perda de Carga Total</b> .....	<b>54</b>
<b>4.6 Cota de Assentamento da Galeria e os Níveis Operacionais</b> .....	<b>55</b>
<b>4.7 Curva de Descarga em Função do Nível a Montante (<math>N_{am}</math>)</b> .....	<b>56</b>
<b>4.8 Dimensionamento da Bacia de Dissipação</b> .....	<b>58</b>
<b>4.9. Vertedor de Jusante da Tomada D'água</b> .....	<b>59</b>
<b>5. DIMENSIONAMENTO DOS BARRAMENTOS AUXILIARES</b> .....	<b>59</b>
<b>5.1 Considerações Gerais</b> .....	<b>59</b>
<b>5.2 Dimensionamento dos Maciços Auxiliares</b> .....	<b>60</b>
<b>5.2.1 Cálculo da folga</b> .....	<b>60</b>
<b>5.2.2 Cálculo da revanche</b> .....	<b>60</b>



<b>5.2.3 Cálculo da cota do coroamento .....</b>	<b>60</b>
<b>5.2.4 Cálculo da altura máxima.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2.5 Cálculo da largura do coroamento das barragens auxiliares.....</b>	<b>61</b>
<b>5.2.6 Determinação dos taludes das barragens auxiliares .....</b>	<b>62</b>
<b>5.2.7 Proteção do coroamento das barragens auxiliares .....</b>	<b>62</b>
<b>5.2.8 Proteção dos taludes das barragens auxiliares .....</b>	<b>63</b>
<b>5.3 Drenagem Interna das Barragens Auxiliares.....</b>	<b>63</b>
<b>5.3.1 Sistema de drenagem interna da barragem auxiliar C (H=10,50m). 63</b>	
<b>5.3.2 Dimensionamento da descarga através do maciço auxiliar C: <math>Q_m</math> . 64</b>	
<b>5.4 Análise de Estabilidade dos Taludes da Barragem Auxiliar C.....</b>	<b>71</b>
<b>5.4.1 Parâmetros dos materiais empregados na const. do maciço .....</b>	<b>71</b>
<b>5.4.2 Condições de solicitação .....</b>	<b>72</b>
<b>5.4.3 Metodologia e critérios de Análises .....</b>	<b>72</b>
<b>5.4.4 Seção considerada.....</b>	<b>73</b>
<b>5.4.5 Resultados .....</b>	<b>73</b>
<b>6.0 Anexos.....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 1 - Planilhas de Cálculo da Estabilidade da Barragem Principal</b>	
<b>Anexo 2 - Planilhas de Cálculo da Estabilidade da Barragem Auxiliar “C”</b>	
<b>Anexo 3 - Planilhas de Cálculo da Cubação dos Quantitativos da Obra</b>	
<b>Anexo 4 - Custo da Vazão Regularizada Anual</b>	

## **MEMORIAL DE CÁLCULO DAS OBRAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM MUQUÉM**

A presente memória trata do dimensionamento das obras para a implantação do Açude Muquém, localizado no município de Cariús – Ce, quais sejam

- 1. Sangradouro**
- 2. Barragem Principal**
- 3. Estudo de Rebaixamento Rápido**
- 4. Tomada d'água**
- 5. Barragem Auxiliar**
- 6. Anexos**

### **1. SANGRADOURO:**

#### **1.1 Considerações Gerais :**

Para o sangradouro de serviço do Açude formado pela Barragem MUQUÉM será dimensionado um perfil vertedouro, segundo recomendações do U S B R , com o objetivo de encaminhar as águas de sangria de volta ao curso natural do riacho, dissipando a energia para amenizar os efeitos erosivos

#### **1.2 Dimensionamento do Vertedouro :**

O paramento de montante, bem como a crista vertente do perfil do vertedouro de serviço da Barragem MUQUÉM será dimensionado com base nos moldes do U S B R, com perfil que se aproxima o máximo possível da lâmina d'água caindo de um vertedouro de parede delgada, através da equação

$$Q = C_0 L H^{3/2}$$

Onde:

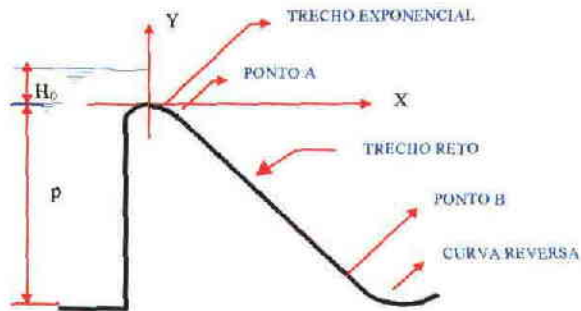
$Q$  = descarga através do sangradouro

$C_0$  = coeficiente de descarga

$L$  = largura do sangradouro

$H_0$  = lâmina máxima de sangria

O perfil assumirá a seguinte forma:



### 1.2.1 Dados de projeto:

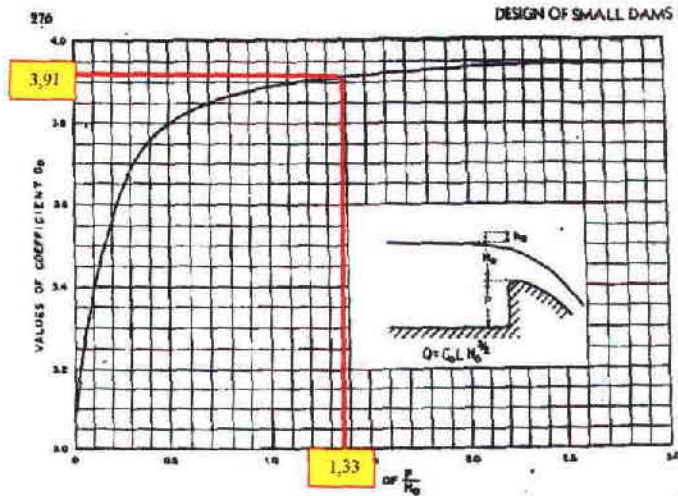
No cálculo serão considerados os seguintes dados:

- Descarga milenar amortecida de projeto: .....  $Q_{1.000} = 431,39 \text{ m}^3/\text{s}$
- Descarga decamilenar amortecida de projeto: .....  $Q_{10.000} = 669,41 \text{ m}^3/\text{s}$
- Lâmina máxima adotada: .....  $H_0 = 1,50\text{m}$
- cota da soleira do sangradouro: .....  $C_s = 267,00$
- cota do canal de acesso: .....  $C_c = 265,00$
- profundidade do canal de acesso: .....  $p = C_s - C_c = 2,00\text{m}$

### 1.2.2 Cálculo da largura do sangradouro (L):

$$Q = C_0 L H_0^{3/2}$$

Sendo  $C_0$  função da profundidade do canal de acesso e da lâmina máxima de sangria, a partir da relação  $P/H_0$ , verifica-se seu valor no ábaco a seguir, desenvolvido pelo U.S.B.R.:



Verifica-se que, para  $P/H_0 = 1,33$ ,  $C_0$  assume o valor de  $3,910 \text{ ft}^{-1/2} \cdot \text{s}$  ou  $C_0 = 2,16 \text{ m}^{-1/2} \cdot \text{s}$

Assim:

$$L = \frac{Q}{C_0 \times H_0^{3/2}} = \frac{431,39}{2,16 \times 1,50^{1,50}}$$

$$L = 108,71 \text{ m}$$

Para o caso de ocorrer a descarga decamilenar, a lâmina atingirá a seguinte altura, para a largura dimensionada:

$$H_{10\,000} = \left( \frac{Q_{10\,000}}{C_0 \times L} \right)^{2/3} = \left( \frac{669,41}{2,16 \times 108,71} \right)^{2/3}$$

$$H_{10\,000} = 2,01\text{m}$$

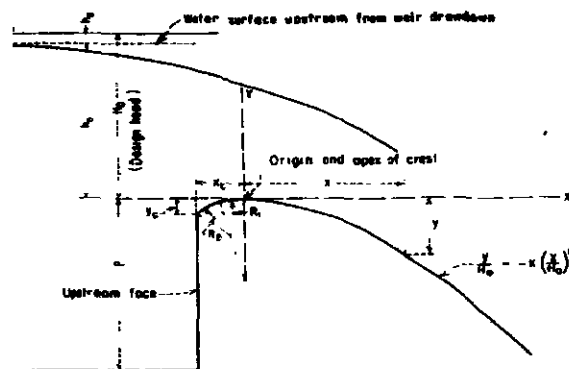
Sendo a revanche da barragem igual a 3,00m, a largura calculada satisfaz às condições de projeto

Adota-se para o sangradouro, uma largura de 110,00m

$$L = 110,00\text{m}$$

### 1.2.3 Determinação do perfil vertente

Para o dimensionamento do perfil vertente, seguiram-se as recomendações do U.S Bureau of Reclamation



(A) ELEMENTS OF NAPPE-SHAPED CREST PROFILES

$$p + H_0 = p + h_0 + h_a$$

Sendo

$$h_a = \frac{V_a^2}{2g}$$

$$V_a = \frac{q}{p+h_0}$$

onde q é a descarga unitária no sangradouro

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{431,39}{110,00} = 3,92 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

Admitindo-se valores para  $h_0$ , obtém-se os valores de  $V_a$  e  $h_a$

$$p + H_0 = p + h_0 + h_a$$

$$V_a = \frac{3,92}{2,00 + h_0}$$

$$h_a = \frac{V_a^2}{2g}$$

$$2,00 + 1,50 = 2,00 + h_0 + h_a,$$

<b>h<sub>0</sub></b>	<b>p+h<sub>0</sub></b>	<b>V<sub>a</sub></b>	<b>h<sub>a</sub></b>	<b>p+h<sub>0</sub>+h<sub>a</sub></b>
1,00	3,00	1,31	0,09	3,087
1,10	3,10	1,26	0,08	3,181
1,20	3,20	1,23	0,08	3,276
1,30	3,30	1,19	0,07	3,372
1,40	3,40	1,15	0,07	3,468
1,41	3,41	1,15	0,07	3,477
1,42	3,42	1,15	0,07	3,487
1,43	3,43	1,14	0,07	3,497
1,44	3,44	1,14	0,07	3,506
1,45	3,45	1,14	0,07	3,516

Então

$$h_0 = 1,44\text{m}$$

$$v_0 = 1,14\text{m/s}$$

$$h_a = 0,07\text{m}$$

Segundo o U S B R , a soleira será composta de duas curvas circulares à montante e uma exponencial à jusante dos eixos coordenados, cuja origem está na cota da soleira do sangradouro

A partir da relação  $h_a/H_0$  e da inclinação do paramento de montante, encontram-se os parâmetros que definem as curvas que compõem a soleira vertente, através dos ábacos a seguir

$$\frac{h_a}{H_0} = \frac{0,07}{1,50} = 0,05$$

Paramento de montante vertical

### 1.2.3.1 Parâmetros de Montante:

Os parâmetros de montante são obtidos através do seguinte ábaco, desenvolvido pelo Bureau of Reclamation

#### ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE MONTANTE

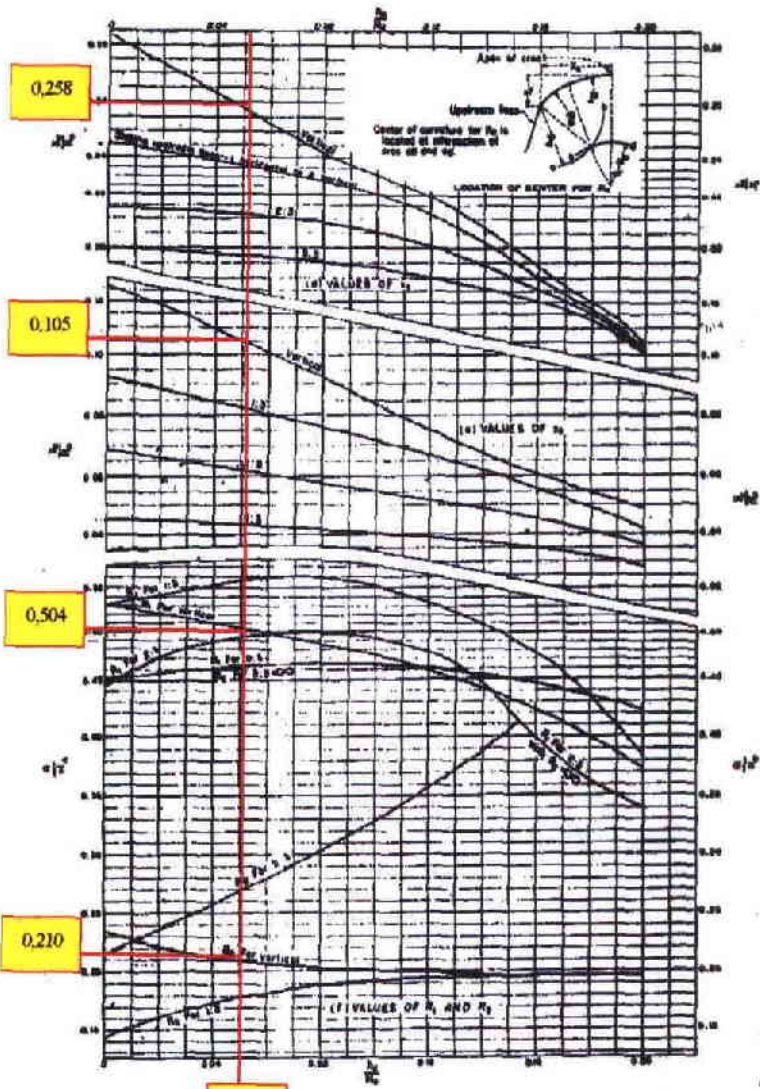


Figure 787. 0.05 definition of nappe-shaped area profiles. (Sheet 2 of 2.)

Assim :



$$\frac{x_c}{H_0} = 0,258 \rightarrow x_c = 0,258 \times 1,50 = 0,387 \cong 0,40\text{m}$$

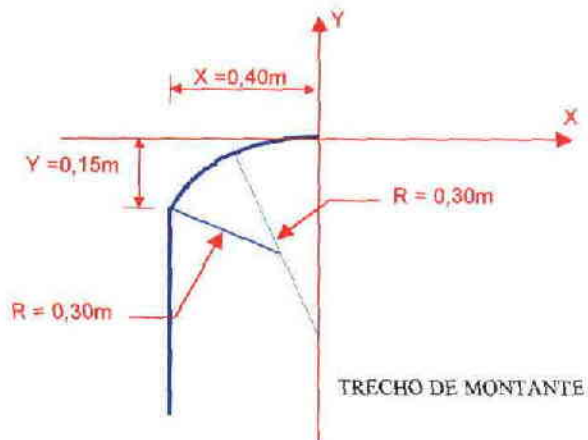
$$\frac{y_c}{H_0} = 0,105 \rightarrow y_c = 0,105 \times 1,50 = 0,158 \cong 0,15\text{m}$$

$$\frac{R_1}{H_0} = 0,504 \rightarrow R_1 = 0,504 \times 1,50 = 0,756 \cong 0,75\text{m}$$

$$\frac{R_2}{H_0} = 0,210 \rightarrow R_2 = 0,210 \times 1,50 = 0,315 \cong 0,30\text{m}$$

$$R_1 - R_2 = 0,45\text{m}$$

E o perfil assumirá a seguinte geometria:



### 1.2.3.2 Parâmetros de Jusante :

#### ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE JUSANTE

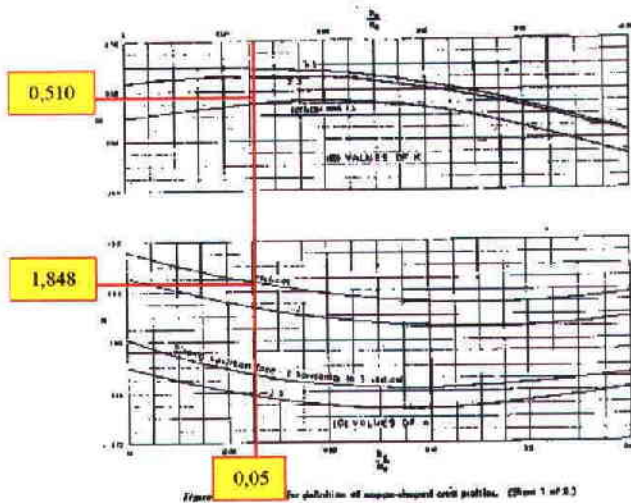


Figure 1.1 - The determination of super-elliptical curve profiles. (Part 1 of 2)

Assim:

$$k = 0,510$$

$$n = 1,848$$

A exponencial à jusante dos trechos circulares segue a equação :

$$\frac{Y}{H_0} = -k \left( \frac{X}{H_0} \right)^n$$

$$Y = -0,510 \times 1,50 \times \left( \frac{X}{1,50} \right)^{1,848}$$

$$Y = -0,362 X^{1,848}$$

A exponencial calculada deverá concordar com a reta de coeficiente angular igual a  $-1,25$ , ou seja, talude  $1(V) : 0,8(H)$ , no ponto A ( $X_a; Y_a$ ), de tangência.

### 1.2.3.3 Determinação do ponto A :

Sendo

$$\frac{d_y}{d_x} = -1,25$$

$$y = -0,362 x^{1,848}$$

$$-1,25 = -0,362 \times 1,848 \times X_A^{0,848}$$

$$X_A = 2,09m \cong 2,10m$$

$$Y_A = -0,362 X_A^{1,848}$$

$$Y_A = -0,362 \times (2,10)^{1,848}$$

$$Y_A = -1,41m$$

Então

**Ponto A ( 2,10 ; - 1,43)**

Assim, o trecho exponencial, a partir da origem (0,00 , 0,00) ao ponto de tangência será

X	Y	X	Y
0,00	0,00	1,10	-0,43
0,10	-0,01	1,20	-0,51
0,20	-0,02	1,30	-0,59
0,30	-0,04	1,40	-0,67
0,40	-0,07	1,50	-0,77
0,50	-0,10	1,60	-0,86
0,60	-0,14	1,70	-0,97
0,70	-0,19	1,80	-1,07
0,80	-0,24	1,90	-1,19
0,90	-0,30	2,00	-1,30
1,00	-0,36	<b>2,10</b>	<b>-1,43</b>

### 1.2.3.4 Equação da reta tangente à exponencial calculada, no ponto A :

A reta que contém o ponto A ( 2,10 ; -1,43 ), com coeficiente angular  $dy/dx = -1,25$ , terá a seguinte equação :

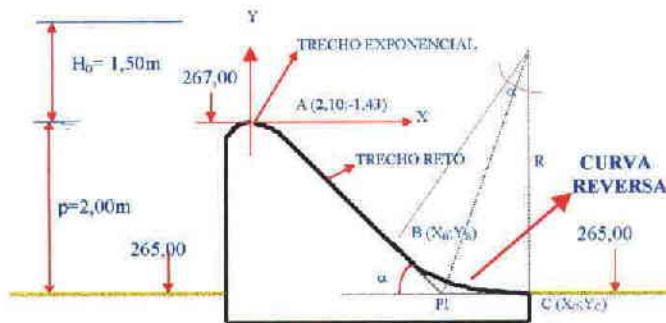
$$\frac{y - y_a}{x - x_a} = \frac{d_y}{d_x}$$

$$Y - (-1,43) = -1,25(X - 2,10)$$

$$Y + 1,43 = -1,25X + 2,63$$

$$Y + 1,25X - 1,20 = 0$$

### 1.2.3.5 Determinação da curva reversa :



#### a) Considerações:

Raio adotado :  $R = 1,00m$

$\tan \alpha = -1,25$

#### b) Determinação do ponto B, início da curva reversa:

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{\overline{BPI}}{R} \text{ ou } \overline{BPI} = R \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\alpha = \arctg(1,25) = 51,34^\circ,$$

$$\overline{BPI} = 1,00 \times \tg\left(\frac{51,34^\circ}{2}\right) = 0,48\text{m}$$

$$y = \overline{BPI} \text{ sen } \alpha = 0,48 \times \text{sen}(51,34) = 0,37\text{m}$$

$$Y_B = -(p - y) = -(2,00 - 0,37) = -1,63\text{m}$$

$$X_B = \frac{1,20 - Y_B}{1,25} = \frac{1,20 - (-1,63)}{1,25} = 2,26\text{m}$$

O ponto inicial da curva reversa fica assim determinado

**B ( 2,26 ; -1,63)**

Sendo o ponto B muito próximo de A, adota-se o ponto B coincidindo com o ponto A, e calcula-se o raio

Sabendo - se que

$$y = \overline{API} \text{ sen } \alpha \text{ e } y = p - y_B, \text{ tem - se}$$

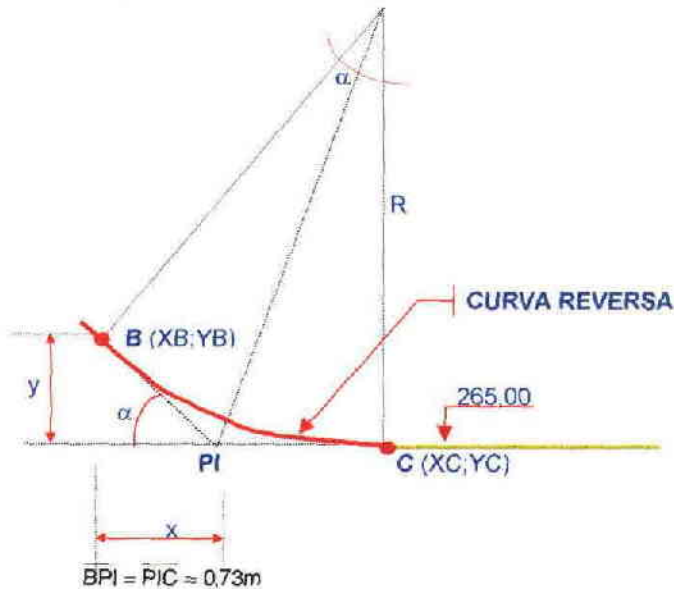
$$\overline{API} \text{ sen } \alpha = p - |y_B| \dots \overline{API} \text{ sen } (51,34^\circ) = 2,00 - 1,43$$

$$\overline{API} = \frac{0,57}{\text{sen } (51,34^\circ)} = 0,73\text{m}$$

Assim,

$$R = \frac{\overline{API}}{\tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{0,73}{\tg\left(\frac{51,34^\circ}{2}\right)} = 1,52\text{m}$$

a) Determinação do ponto C, final da curva reversa:



$$y = \overline{BPI} \operatorname{sen} \alpha = 0,73 \times \operatorname{sen}(51,34)$$

$$y = 0,57$$

$$x = \overline{BPI} \cos \alpha = 0,73 \cos(51,34^\circ)$$

$$x = 0,46\text{m}$$

$$X_C = X_B + x + \overline{PIC}$$

$$X_C = 2,10 + 0,46 + 0,73$$

$$X_C = 3,29\text{m ou } 3,30\text{m}$$

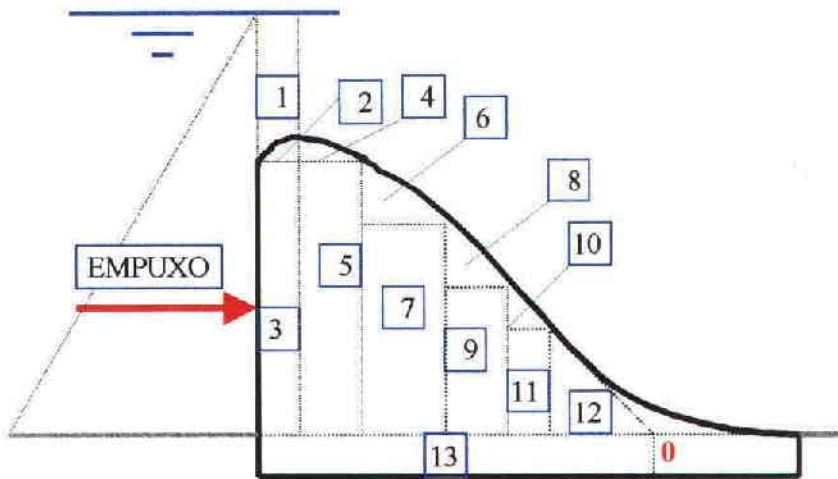
$$Y_C = 267,00 - 265,00 = 2,00$$

As coordenadas do ponto final da curva reversa são:

**C ( 3,30 ; -2,00)**

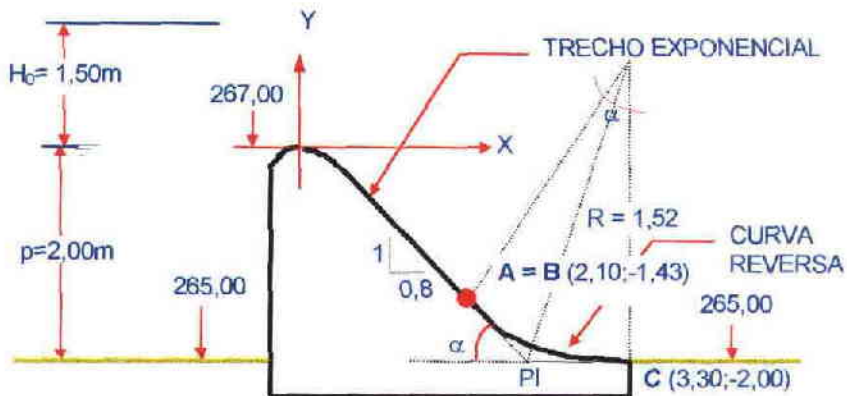
### 1.3 Análise de Estabilidade do Vertedouro Calculado :

A estabilidade do perfil vertedouro foi calculada em relação ao ponto O, mostrado no perfil da figura a seguir:



Seção	Base	Altura	Peso específico	Peso	Força horizontal	Braço	Momento
1	0,40	1,50	1,00	0,60		2,76	1,66
2	0,40	0,15	2,40	0,14		2,69	0,39
3	0,40	1,85	2,40	1,78		2,76	4,90
4	0,50	0,10	2,40	0,12		2,39	0,29
5	0,50	1,90	2,40	2,28		2,31	5,27
6	0,50	0,26	2,40	0,31		1,89	0,59
7	0,50	1,64	2,40	1,97		1,81	3,56
8	0,50	0,41	2,40	0,49		1,39	0,69
9	0,50	1,23	2,40	1,48		1,31	1,93
10	0,60	0,66	2,40	0,95		0,86	0,82
11	0,60	0,57	2,40	0,82		0,76	0,62
12	0,46	0,57	2,40	0,83		0,31	0,19
13	2,96	0,50	2,40	3,55		1,48	5,26
Empuxo	3,50	3,50	1,00		6,13	1,17	7,15
				<b>Fv+ = 10,94</b>			
					<b>MR= 20,71</b>		
					<b>MS= 7,15</b>		
FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO:					<b>FS = 2,90</b>		
FATOR DE SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO:					<b>FS = 1,79</b>		

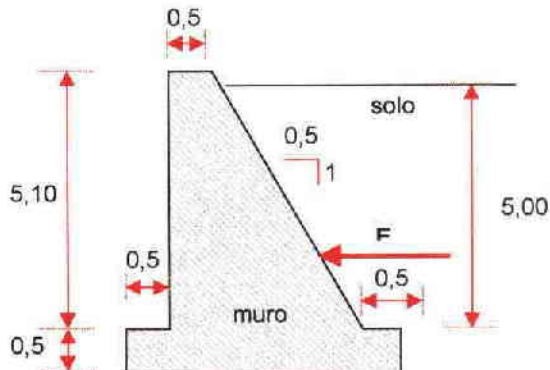
O perfil assumirá a seguinte forma:





### 1.4 Muros Laterais :

Os muros laterais das ombreiras direita e esquerda foram projetados, segundo a seguinte seção transversal:



#### 1.4.1 Cálculo da estabilidade dos muros:

##### a) Cálculo do empuxo ativo:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma K H^2$$

onde:

$\gamma$  = peso específico do solo saturado = 2,23 g/cm<sup>3</sup>

H = altura do muro = 5,10m

K = coef. De empuxo ativo, dado por:

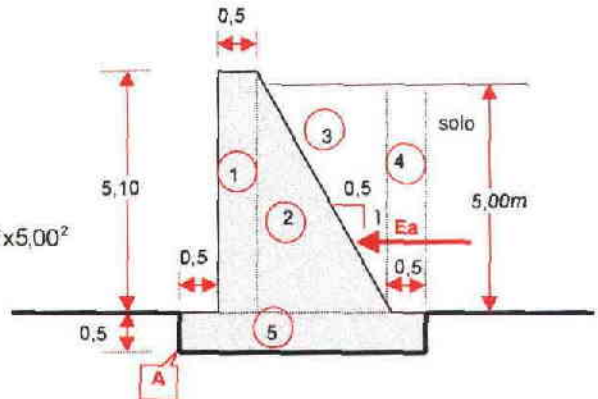
$$K = \frac{\text{sen}^2(61,07^\circ)}{\text{sen}^2(26,57^\circ)\text{sen}(43,82^\circ) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(34,5^\circ)\text{sen}(51,75^\circ)}{\text{sen}(26,57^\circ - 1)\text{sen}(26,57^\circ)}} \right]}$$

$$K = 0,87$$

então:

$$E_a = \frac{1}{2} \times 2,23 \times 0,87 \times 5,00^2$$

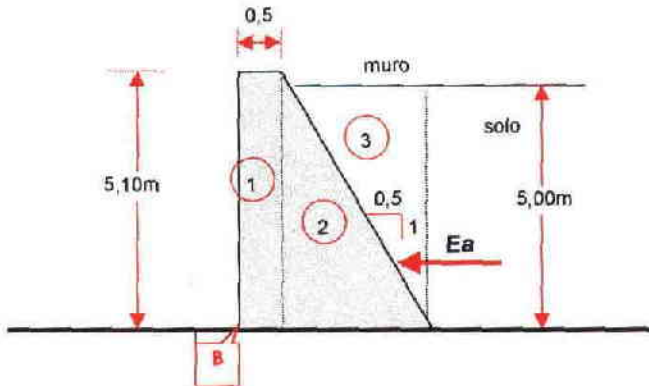
$$E_a = 24,25 \text{ t/m}$$



**b) Cálculo da estabilidade dos muros:**

Seção	Base	Altura	Peso específico	Peso	Força horizontal	Braço	Momento
1	0,50	5,10	2,40	6,12		0,75	4,59
2	2,55	5,10	2,40	15,61		1,85	28,87
3	2,50	5,00	2,23	13,94		2,67	37,17
4	0,50	5,00	2,23	5,58		3,80	21,19
5	4,05	0,50	2,40	4,86		2,03	9,84
Empuxo ativo					24,25	1,67	40,42
				<b>Fv+ = 46,10</b>	<b>MR= 101,65</b>		
					<b>MS= 40,42</b>		
FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO:						<b>FS = 2,52</b>	
FATOR DE SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO:						<b>FS = 1,90</b>	

Se considerarmos o tombamento agora em relação ao ponto B, isto é, sem levar em conta o peso da fundação, teremos:



Seção	Base	Altura	Peso específico	Peso	Força horizontal	Braço	Momento
1	0,50	5,10	2,40	6,12		0,25	1,53
2	2,55	5,10	2,40	15,61		1,35	21,07
3	2,50	5,00	2,23	13,94		2,17	30,20
Empuxo ativo					24,25	1,67	40,42
					<b>Fv+ = 35,66</b>		<b>MR= 52,80</b>
							<b>MS= 40,42</b>
FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO:							<b>FS = 1,31</b>
FATOR DE SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO:							<b>FS = 1,47</b>

Sendo o fator de segurança ao tombamento maior que 1,30, considera-se o perfil estável.

## 2. DIMENSIONAMENTO DO MACIÇO PRINCIPAL :

### 2.1 Cálculo da Folga da Barragem :

A folga da barragem é dimensionada em função da ação dos ventos sobre a superfície da água , influenciando na velocidade e altura das ondas que se formam no lago

Sendo a diferença entre a cota do coroamento e a cota do nível máximo das águas no lago, a folga é uma altura determinada pela seguinte equação empírica

$$F = 0,75h_0 + \frac{v_0^2}{2g}$$

Onde  $h_0$  = altura das ondas (m), dada pela fórmula

$$h_0 = 0,75 + 0,34\sqrt{f} - 0,26\sqrt[3]{f}$$

com  $f$  = fetch do açude = 4,15 km

$$h_0 = 0,75 + 0,34\sqrt{4,15} - 0,26\sqrt[3]{4,15}$$

$$h_0 = 1,07\text{m}$$

$v_0$  = velocidade das ondas (m/s), dada por

$$v_0 = 1,5 + 2h_0$$

$$v_0 = 1,5 + 2 \times 1,07$$

$$v_0 = 3,64 \text{ m/s}$$

Então

$$F = 0,75 \times 1,07 + \frac{(3,64)^2}{2g}$$

$$F = 1,48\text{m}$$

No projeto, adota-se o valor de

$$F = 1,50\text{m}$$

## 2.2 Cálculo da Revanche da Barragem :

A revanche é determinada pela soma da lâmina máxima de sangria com a folga da barragem

$$R = H_0 + F$$

Sendo

$$H_0 = 1,50\text{m} \text{ (lâmina máxima de sangria para descarga milenar amortecida = } 431,39 \text{ m}^3/\text{s)}$$

$$F = 1,50\text{m}$$

$$R = 1,50 + 1,50 = 3,00\text{m}$$

$$R = 3,00 \text{ m}$$

## 2.3 Cálculo da Cota do Coroamento da Barragem :

A cota do coroamento é obtida, somando-se à cota da soleira do sangradouro o valor da revanche

$$C_c = C_s + R$$

$$C_c = 267,00 + 3,00$$

$$C_c = 270,00$$

## 2.4 Cálculo da Altura Máxima da Barragem :

A altura máxima da barragem é dada pela seguinte expressão

$$H_B = C_c - C_t$$

Onde

$$C_c = \text{Cota do coroamento } 270,00$$

$$C_t = \text{Cota do talweg do rio na seção barrada} \quad 240,94$$

$$H_B = 270,00 - 240,94$$

$$H_B = 29,06\text{m}$$

#### 2.4 Cálculo da Largura do Coroamento da Barragem :

Para o cálculo da largura da barragem, foi utilizada a fórmula de Preece

$$B = 1,1\sqrt{H_B} + 0,9$$

$$B = 1,1\sqrt{29,06} + 0,9$$

$$B = 6,83\text{m}$$

Adotou-se no projeto, uma largura de 7,00m para o coroamento

$$B = 7,00\text{m}$$

#### 2.5 Proteção do Coroamento da Barragem:

O coroamento da barragem será protegido por uma camada de material GC, com 0,40m de espessura e receberá meios – fio laterais em concreto simples, no traço 1 3 6 (em volume)

Para facilitar o escoamento das águas pluviais, o coroamento deverá receber uma inclinação de 1% para montante, sendo previstas, a cada 40,00m, saídas interrompendo o meio fio. Este recurso evitará que as águas pluviais que incidiram sobre a crista da barragem escoem para o talude de jusante, eliminando a necessidade de calhas de descida no primeiro lance até a primeira banquetta de jusante (cota 260,00)

#### 2.6 Determinação dos Taludes da Barragem :

Para a barragem, foram adotados os seguintes taludes

##### a) Talude de montante :

$$\text{- Cota } 270,00 \text{ à cota } 260,00 \quad \text{- } 2,0(H) \quad 1 (V)$$

- Cota 260,00 à cota 250,00 - 2,5(H) 1 (V)
- Cota 250,00 ao terreno natural - 3,0(H) 1 (V)

**b) Talude de jusante :**

- Cota 270,00 ao terreno natural - 2,0(H) 1 (V)

No talude de jusante foram introduzidas duas banquetas de 2,00m de largura à cota 260,00 para diminuir os efeitos da erosão provocada pelas águas pluviais e à cota 250,00, formando o rock-fill para oferecer melhores condições de estabilidade

**2.7 Proteção dos Taludes da Barragem :**

Os taludes deverão ser protegidos contra erosões causadas principalmente, no de montante, pela ação das ondas que se formam no lago e, no de jusante, pelas águas pluviais

**2.7.1 Talude de montante :**

O talude de montante será protegido por um rip-rap de pedras jogadas sobre uma camada de transição em areia

A espessura do rip-rap é dada pela seguinte equação, recomendada pelo "Tennessee Valley Authority

$$e = C v_0^2$$

onde

$v_0$  – velocidade das ondas no lago =3,64m/s (vide cálculo da folga)

C – coeficiente que depende da inclinação dos taludes e peso específico da rocha utilizada no rip-rap

TALUDE	C		
	$\delta=2,50t/m^3$	$\delta=2,65t/m^3$	$\delta=2,80t/m^3$
12:1	0,024	0,022	0,020
4:1	0,027	0,024	0,022
<b>3:1</b>	<b>0,028</b>	0,025	0,023
2:1	0,031	0,028	0,026
1,5:1	0,036	0,032	0,030
1:1	0,047	0,041	0,038

Sendo:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Talude de montante} - 2,5:1 \\ \delta = 2,50t/m^3 \end{array} \right\} C = 0,028$$

$$e = 0,028 \times (3,64)^2 = 0,37m$$

No projeto, adotou-se:

$$e = 0,40m$$

Os blocos empregados na construção do rip-rap devem ser tais que 50% do enrocamento seja constituído por pedras com peso igual ou superior a:

$$P \geq 0,52 \delta e^3$$

Assim,

$$P \geq 0,52 \times 2,50 \times (0,40)^3$$

$$P \geq 0,0832 t \text{ ou } P \geq 83,2 \text{ kg}$$

Esta camada de pedras jogadas, deverá se assentar sobre uma camada de transição com espessura mínima de 0,30m, cuja composição granulométrica é apresentada a seguir:



FAIXA GRANULOMÉTRICA PARA A TRANSIÇÃO		
Peneira	diâmetro (mm)	faixa granulométrica (% que passa)
-	100	100
3"	76,2	87 - 100
2"	50,8	58 - 98
1 1/2"	38,1	47 - 84
1"	25,4	38 - 59
3/4"	19,05	34 - 51
3/8"	9,53	27 - 41
4	4,76	22 - 35
10	2	16 - 26
20	0,84	10 - 21
40	0,42	5 - 17
60	0,25	2 - 13
100	0,149	0 - 10
200	0,074	0 - 5

### 2.7.2 Talude de jusante :

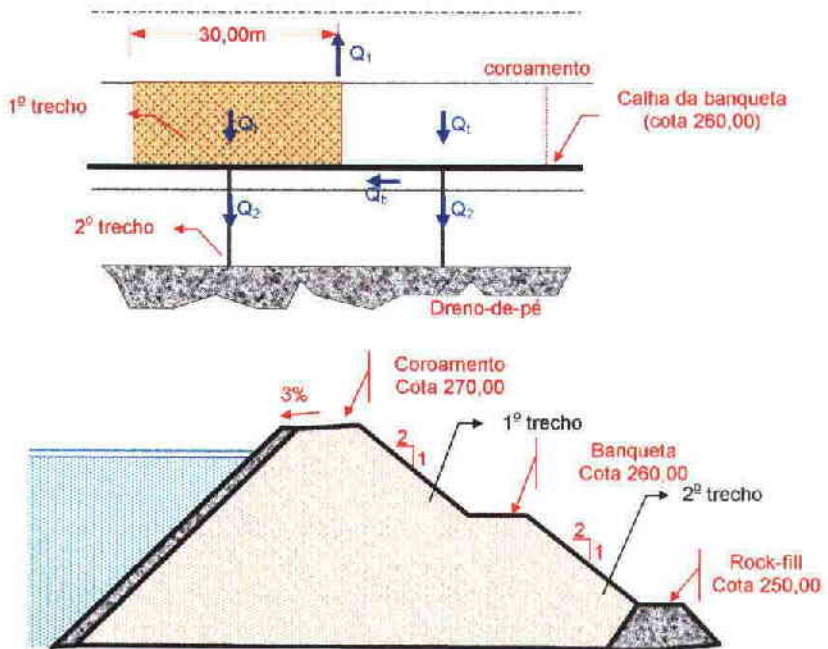
Para a proteção dos talude de jusante, foi prevista uma camada de 0,30m de cascalho ou brita graduada, além de um sistema de drenagem superficial composto por canaletas de descida, a partir da banqueteta à cota 260,00 até o dreno-de-pé ou calhas das ombreiras, detalhadas nos desenhos de projeto

#### a) Dimensionamento do sistema de calhas :

##### a.1 ) Dados de Projeto :

- Espaçamento entre as calhas de descida 30,00m
- Declividade transversal da calha na banqueteta 1%
- Intensidade de chuva admitida 3 mm/min
- $C = \text{run-off}$   $C = 0,20$
- Largura da banqueteta = 2,00m
- Declividade das calhas de descida 2(H) 1(V)

##### a.2 ) Cálculo das vazões nos diversos trechos das calhas :



**a.4) Cálculo da vazão na calha da banqueta :  $Q_b$**

$Q_b = Q_t$ , onde:

$Q_t = H \text{ (m/s)} \times A_t \times C_g$  (vazão proveniente do talude)

Sendo:

$$H = 3\text{mm/mim} \text{ (} 5 \times 10^{-5} \text{ m/s)}$$

$$A_t = 20,00 \times 15,00 = 300,00\text{m}^2$$

$$C_g = 0,20$$

$$Q_t = 5 \times 10^{-5} \times 300 \times 0,20$$

$$Q_t = 0,003\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_b = 0,003\text{m}^3/\text{s}$$

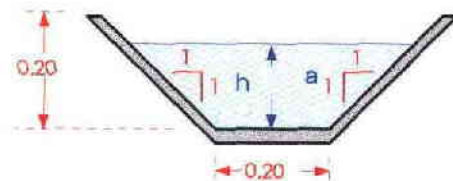
**a.5) Cálculo da vazão na calha do 2º trecho :  $Q_2$**

A vazão nas calhas do 2º trecho é a mesma da banqueta.

$$Q_2 = Q_b = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$$

**b) Determinação da seção das calhas de drenagem :**

Dada a seção:



Sabe-se que:

$$Q = v \times a$$

onde:

$$v = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{i} \quad (\text{velocidade do escoamento})$$

sendo:

$$n = 0,014 \quad (\text{coeficiente de atrito do concreto})$$

$$i = 0,5 \quad (\text{declividade da calha})$$

$$R_h = (\text{raio hidráulico}) = \frac{a}{p}$$

$a$  = área molhada :

$$a = \frac{(2h + 0,20) + 0,20}{2} \times h$$

$$a = h^2 + 0,20h$$

p = perímetro molhado

$$p = 2 \times h \times 1,41 + 0,2$$

$$p = 2,82h + 0,2$$

$$R_h = \frac{h^2 + 0,20h}{2,82h + 0,2}$$

$$v = \frac{1}{0,014} \times \left( \frac{h^2 + 0,2h}{2,82h + 0,2} \right)^{2/3} \times \sqrt{0,5}$$

$$v = 50,51 \times \left( \frac{h^2 + 0,2h}{2,82h + 0,2} \right)^{2/3}$$

A descarga na calha será

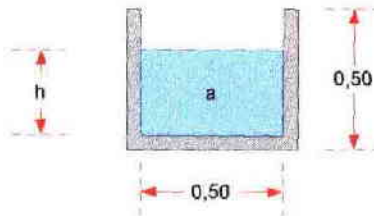
$$Q = 50,51 \times \left( \frac{h^2 + 0,2h}{2,82h + 0,2} \right)^{2/3} \times (h^2 + 0,2h) = 0,003$$

Arbitrando-se valores para h, tem-se

Lâmina h (m)	Calha na banquetta		
	Velocidade (m/s)	Área (m <sup>2</sup> )	Vazão Q (m <sup>3</sup> /s)
0,0010	0,0710	0,0002	0,0000
0,0020	0,1120	0,0004	0,0000
0,0030	0,1460	0,0006	0,0001
0,0040	0,1758	0,0008	0,0001
0,0045	0,1897	0,0009	0,0002
0,0046	0,1924	0,0009	0,0002
0,0050	0,2029	0,0010	0,0002
0,0060	0,2279	0,0012	0,0003
0,0070	0,2512	0,0014	0,0004
0,0080	0,2731	0,0017	0,0005
0,0090	0,2939	0,0019	0,0006
0,0095	0,3039	0,0020	0,0006
0,0100	0,3137	0,0021	0,0007
0,0200	0,4752	0,0044	0,0021
<b>0,0250</b>	<b>0,5401</b>	<b>0,0056</b>	<b>0,0030</b>
0,0300	0,5983	0,0069	0,0041
0,0400	0,7002	0,0096	0,0067
0,0500	0,7882	0,0125	0,0099

Vê-se que as calhas estão superdimensionada, mas, tendo em vista a trabalhabilidade na execução e durabilidade da mesma, bem como, prevenendo-se assoreamento pela ação dos ventos, fazem-se necessárias as dimensões projetadas.

A calha na banquetta à cota 260,00 terá sua seção transversal projetada como apresentada a seguir:



## 2.8 Drenagem Interna da Barragem :

O sistema de drenagem interna da barragem será constituído por um enrocamento de pedras ou dreno-de-pé, situado na extremidade do talude de jusante, ligado a um filtro vertical por um tapete drenante

O dreno-de-pé, formado por um prisma de pedras arrumadas, projetado à cota 250,00, tem a finalidade de baixar a linha freática, aumentar a estabilidade do talude de jusante e facilitar a drenagem das águas freáticas e pluviais

Entre o dreno-de-pé e o maciço compactado foi previsto um filtro de transição composto de duas camadas, sendo uma com 0,50m de espessura horizontal de brita com granulometria variável (tamanhos 1 a 3) e a outra de 0,50m de espessura horizontal de areia com granulometria para filtro. Esta camada de areia é prolongada no tapete drenante até atingir o filtro vertical

Para a areia utilizada deverão ser obedecidos os critérios de Terzaghi e Berthram, ou seja, critérios de proteção contra o carreamento das partículas mais finas e de garantia de permeabilidade, que são

$$D_{15} \leq 0,4\text{mm}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 20 \text{ (coeficiente de uniformidade)}$$

$$\frac{D_{15}(\text{Filtro})}{D_{15}(\text{Maciço})} = 5 \text{ a } 40$$

$$\frac{D_{15}(\text{Filtro})}{D_{85}(\text{Maciço})} \leq 5$$

As curvas granulométricas dos materiais de filtro deverão ser aproximadamente paralelas à curva do material do maciço

A posição do filtro vertical foi escolhida em função de garantir a coleta das águas de percolação, com o reservatório cheio, mesmo podendo ocorrer fissuras próximas ao coroamento da barragem. Seu topo foi fixado na cota 268,50 (lâmina máxima de projeto) e sua face de montante dista 2,50m do eixo do maciço

### 2.8.1 Dimensionamento da descarga através do maciço : $Q_m$

Para o cálculo da descarga através do maciço, considerou-se a seguinte equação

$$Q_m = \sqrt{K_x K_y} y_0$$

Onde

$Q_m$  = descarga através do maciço ( $m^3/s$ )

$K_x$  = permeabilidade do maciço na direção horizontal ( $m/s$ )

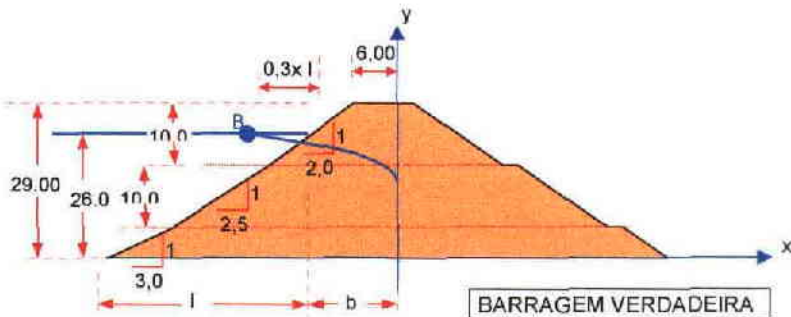
$K_y$  = permeabilidade do maciço na direção vertical ( $m/s$ )

$y_0$  = ordenada do ponto focal da parábola básica que define a superfície freática (m)

Para a determinação do valor  $y_0$ , determina-se a linha freática através do maciço

#### a) Traçado da linha freática :

Dada a seção da barragem adotada para o projeto



$$b = 6,00 + 2,0 \times 3,00 = 12,00\text{m}$$

$$l = (10,00 - 3,00) \times 2,0 + 10,00 \times 2,50 + 9,00 \times 3,00 = 66,00$$

Admitindo-se que o aterro compactado é um meio anisotrópico, e uma relação média entre as permeabilidades horizontal e vertical igual a nove, faz-se necessário fazer a transformação de uma das ordenadas.

Fazendo-se a transformação no eixo horizontal, tem-se:

$$x_t = x \sqrt{\frac{K_y}{K_x}}$$

onde:

$x_t$  = abcissa transformada

$x$  = abcissa real

$K_x$  = permeabilidade na direção horizontal =  $9K_y$

$K_y$  = permeabilidade na direção vertical

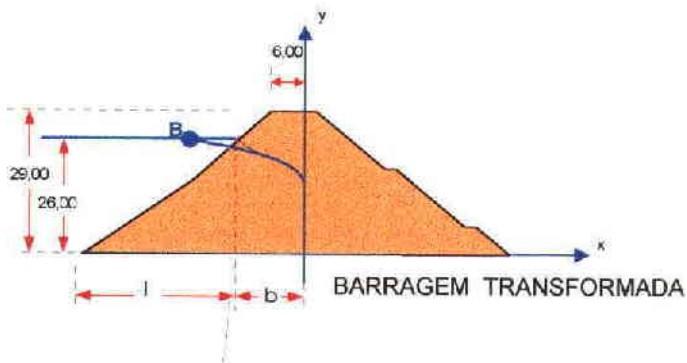


$$x_t = x \sqrt{\frac{K_y}{9Ky}} = \frac{x}{3}$$

Assim,

$$b_t = \frac{b}{3} = \frac{12,00}{3} = 4,00$$

$$l_t = \frac{l}{3} = \frac{66,00}{3} = 22,00$$



O ponto B mostrado na figura anterior pertence à parábola que representa a linha freática. Suas coordenadas são:

$$X_B = 0,3 \times l + b = 0,3 \times 22,00 + 4,00 = 10,60\text{m}$$

$$Y_B = 26,00\text{m}$$

Parábola de Kozeny :

$$\sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = X_B + y_0$$

$$\sqrt{(10,96)^2 + 26^2} = 10,96 + y_0$$

$$y_0 = 17,48\text{m}$$

então

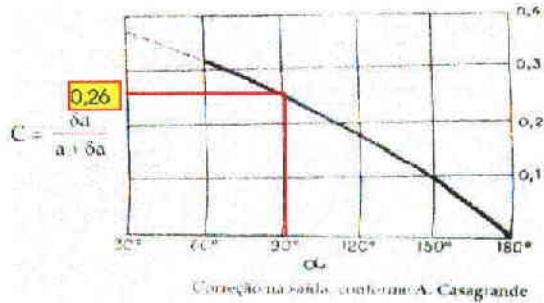
$$\sqrt{x_t^2 + y^2} = x_t + 17,48$$

$$y_t = \sqrt{34,96 x_t + 305,55}$$

BARRAGEM TRANSFORMADA		BARRAGEM VERDADEIRA	
$y_t = \sqrt{34,96x_t + 305,55}$		$x = 3x_t$	
$x_t$	$y_t$	$x$	$y$
-8,74	0,00	-26,22	0,00
0,00	17,48	0,00	17,48
1,00	18,45	3,00	18,45
2,00	19,38	6,00	19,38
3,00	20,26	9,00	20,26
4,00	21,10	12,00	21,10
5,00	21,92	15,00	21,92
6,00	22,70	18,00	22,70
7,00	23,46	21,00	23,46
8,00	24,19	24,00	24,19
9,00	24,90	27,00	24,90
10,00	25,60	30,00	25,60
10,60	26,00	31,80	26,00

A partir da equação da parábola, fazem-se as correções na entrada e na saída da linha, de acordo com os critérios de A Casagrande

A relação  $\frac{\delta a}{a + \delta a}$  é determinada em função do ângulo  $\alpha$  que o maciço forma com a horizontal, na região de descarga, para o meio de maior permeabilidade



No caso,  $\alpha = 90^\circ$ , resultando pelo ábaco de Casagrande em:

$$\frac{\delta a}{a + \delta a} = 0,26$$

Sendo  $a + \delta a = y_0 = 17,48$ , calcula-se o valor de  $a$ , que é o ponto de saída da linha freática no filtro vertical:

$$\frac{\delta a}{a + \delta a} = \frac{\delta a}{17,48} = 0,26$$

$$\delta a = 4,54$$

$$a = (a + \delta a) - \delta a = 17,48 - 4,54$$

$$a = 12,94\text{m}$$

Então, a descarga através do maciço utilizada para o cálculo da espessura do filtro vertical corresponde ao seguinte valor :

$$Q_m = \sqrt{K_x K_y} a$$

$$Q_m = \sqrt{7,6 \times 10^{-9} \times \frac{7,6 \times 10^{-9}}{9}} \times 12,94$$

$$Q_m = 32,78 \times 10^{-9} \text{m}^3 / \text{s}$$

### 2.8.2 Cálculo da espessura do filtro vertical :

A espessura do filtro vertical capaz de dar vazão à descarga de projeto, será calculada através da equação de Darcy

$$Q_m = K_f \times l_f \times a_f$$

Onde

$$K_f = \text{permeabilidade do filtro} = 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$l_f = 1,00$$

$$a_f = \text{área transversal do filtro} = e_f \times 1,00 \text{ (por metro linear)}$$

Então

$$Q_m = 10^{-4} \times 1,00 \times e_f = 32,78 \times 10^{-9}$$

$$e_f = 32,78 \times 10^{-5} \text{ m, ou}$$

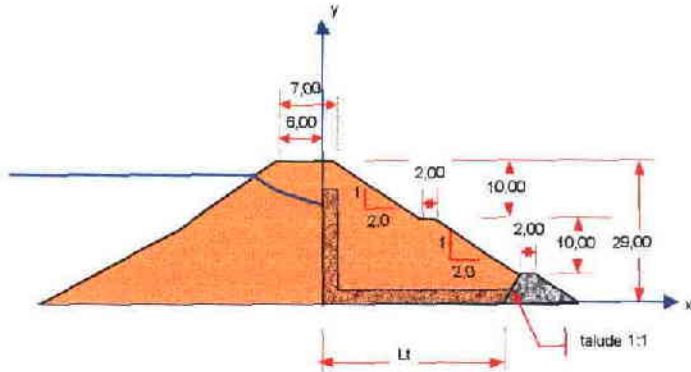
$$e_f = 0,0003278 \text{ m}$$

Tendo em vista aspectos construtivos, foi adotada, no projeto, uma espessura igual a 1,00m

$$e_f = 1,00 \text{ m}$$

### 2.8.3 Dimensionamento da espessura do tapete horizontal :

Tendo sido determinado a posição do filtro vertical a 2,50m do eixo da barragem para jusante, e como o tapete horizontal liga este filtro ao dreno-de-pé, o comprimento do tapete está assim determinado



$$L_t \cong 1,00 + 10,00 \times 2,00 + 2,00 + 10,00 \times 2,00 - 9,00 \times 1,00 = 34,00 \text{ m}$$

A espessura do dreno será dimensionada de modo a dar vazão à descarga freática através do maciço ( $Q_m$ )

$$Q_m = K_t \times i_t \times a_t$$

Onde:

$$Q_m = 32,78 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$K_t = \text{permeabilidade do tapete} = 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$a_t = e_t \times 1,00 \text{ (área transversal do tapete, por metro linear)}$$

$$i_t = \frac{e_t}{L_t} = \frac{e_t}{34,00}$$

$$32,78 \times 10^{-9} = 10^{-4} \times \frac{e_t}{34,00} \times e_t$$

$$e_t^2 = 1.114,52 \times 10^{-5}$$

$$e_t = 0,11 \text{ m}$$

Por motivos construtivos, adota-se uma espessura de 1,00m para o tapete horizontal

$$e_t = 1,00m$$

## 2.9 Análise de Estabilidade dos Taludes :

### 2.9.1 Parâmetros dos materiais empregados na construção do maciço:

#### a) Material argiloso :

Os parâmetros de resistência para o solo compactado foram obtidos a partir de um estudo de interpretação de quatro ensaios de cisalhamento direto, sendo uma amostra indeformada de solo proveniente do eixo da barragem e três amostras deformadas provenientes das jazidas, para a construção do maciço. Os resultados levaram à adoção dos seguintes valores

$$\text{Peso específico seco máximo } \gamma_s = 1,83 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Umidade ótima } h_{ótima} = 15,8\%$$

Classificação predominante CL,ML

$$\text{Coesão } C = 0,031 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Ângulo de atrito interno } \phi = 34,5^\circ$$

O peso específico saturado,  $\gamma_{sat}$ , foi assim determinado

$$\gamma_{sat} = \gamma_s (1 + h)$$

$$h = \frac{e}{\delta} \text{ onde}$$

$e$  = índice de vazios

$\delta$  = peso específico das partículas do solo

Os parâmetros  $e$  e  $\delta$  foram estimados em função da classificação do solo (CL)

$$e = 0,57$$

$$\delta = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Assim, } h = \frac{0,57}{2,65} = 0,22 \text{ (22\%)}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = \gamma_s (1 + h) = 1,83 \times (1 + 0,22) = 2,23 \text{ t/m}^3$$

#### **b) Material arenoso :**

Para a areia foram considerados os seguintes parâmetros

$$\text{Peso específico seco } \gamma_s = 1,90 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Coesão } C = 0,00 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Ângulo de atrito interno } \phi = 35,7^\circ$$

$$\gamma_{\text{sat}} = \gamma_s (1 + h)$$

Para a areia, foram adotados os valores

$$e = 0,53$$

$$\delta = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$h = \frac{0,53}{2,65} = 0,20$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,9 (1 + 0,20) = 2,28 \text{ t/m}^3$$

#### **c) Enrocamento :**

$$\text{Peso específico seco } \gamma_s = 2,50 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Coesão } C = 0,00 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Ângulo de atrito interno } \phi = 37^\circ$$

### **2.9.2 Condições de solicitação :**

As condições de solicitação analisadas foram as seguintes

**a) Final de Construção** para os taludes de montante e jusante

A condição de Final de construção representa a situação em que o aterro compactado apresenta níveis de terraplanagem, com pressões neutras geradas durante a construção, ainda não dissipadas, sendo estimadas nas análises por parâmetros de pressão neutra  $R_u$ . Nas análises realizadas foi adotado um valor constante e igual a 20%

**b) Barragem em operação** para o talude de jusante

A condição de Barragem em operação considera que as pressões neutras atuantes no aterro compactado são provenientes do estabelecimento do fluxo em regime permanente na seção. Apenas o talude de jusante é analisado para esta condição, devido à ação estabilizante da pressão externa exercida pela água no talude de montante

**c) Esvaziamento Rápido** para o talude de montante

A condição de Esvaziamento Rápido pretende retratar a situação em que o nível da água do reservatório desce rapidamente, enquanto que o nível piezométrico no interior da seção não rebaixa com igual velocidade, sendo admitida, o mesmo regime de fluxo da condição de regime de operação. Nesta condição, a retirada da pressão externa exercida pela água no talude e a manutenção de níveis piezométricos parcialmente drenados no maciço levam a uma redução do fator de segurança. Foi suposto, na análise de estabilidade, que o rebaixamento realiza-se instantaneamente, e que a superfície freática se mantém na mesma posição em que se encontrava no instante imediatamente anterior ao início do rebaixamento



Todas as condições de cálculo foram realizadas considerando também a hipótese de ocorrência de abalo sísmico, através de um coeficiente de sismicidade

**c.1) Determinação do Coeficiente de sismicidade :**

Considerando que não existem dados experimentais relativos ao local onde será construída a barragem Muquém, buscou-se informações sobre a ocorrência de abalos sísmicos em toda a região nordestina

Na verdade, há constatações comprovadas de tremores, conforme se verifica na tabela publicada pelo DNOCS, transcrita a seguir, onde assinala que o maior já registrado no Nordeste brasileiro ocorreu no município de Pacajus-Ce, em 1980, quando foi observado naquela cidade um abalo sísmico de intensidade 7 na escala Mercalli e magnitude 5,2 na escala Richter

**REGISTRO DE TREMORES DE TERRA OBSERVADOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO (DNOCS-1990)**

DATE Y	M	D	COORD Lat	Long	LOCALITY	ENC. MERCALLI MODIFIED	RICHTER MAGNITUDE (mb)	COMMENTS
1908	0808		05 70	37 70	Acu RN	VI	4.8	
1811	1028		06 08	34 87	Recife PE	V		
1824			08 00	39 00		VII	6.3 MI*	
1854	0110		05 20	35 48	Touros RN	V-VI		
1879	0724		05 77	35 21	Natal RN	V	3.3	
1903	02		04 38	38 97	Barraete CE	VI		5 events in one week
1905	0718		10 20	40 40	S do Bonfim BA	V	4.8	
1905			11 20	42.30	Xique-Xique BA	IV	4.7	
1919	1124		03 87	38 92	Maranguape CE	IV	4.5	
1928	0414		04 56	37 76	Aracaju CE	VI	4.0	
1949	1231		05 69	36 24	Lajes RN	VI		
1963	0827		05 69	36.24	Lajes RN	V-VI		
	1002		05.69	36.24	Lajes RN	VI		
1964	0119		08 28	35 98	Caruaru PE	V		
	0816		08 28	35 98	Caruaru PE	V		
1967	0121		08 20	35 98	Caruaru PE	V	3.9	
1968			08 09	38 44	Parera Ce	V VII	3.9-4.5	5 events-Jan Marc
1970	01		07 96	36 21	S C Capitan PE	VI		3 events
	11		08 93	35 53	Alagoinha PB	VI		
1971	0804		08 04	34 90	Recife PE	V	3.0	5 events
1972	0904		08 93	36 49	Junqueiro AL	V	3.3	
1973	07		08.28	35.82	Paratinho RN	VI-VII	4.0-4.4	2 events
1974	03		04 18	38.13	Barraete CE	V		many events
	1020		07 99	36 06	Toritama PE	V	3.7	
	1215		03 67	39 24	S L de Curu CE	VI	3.4	
1976	0729		04 83	38 80	Barraete CE	V		others events
1977	0226		08 71	38.75	Riachuelo RN	VI-VII	3.5	3 more events
1978	0214		05 28	36 03	Santa Cruz RN	V	3.7	more events
1980	1129		04 30	36 40	Pacajus CE	VI	5.2	
1987			05 50	33 70	João Câmara RN		5.1	many events 1986-1988

Events from "808-10A" summarized from Gombosi and others (1963)  
 1824 event is from EPR (1967) and Brenner (1912-1920)  
 1967 João Câmara events are from Ferreira and others (1987b)  
 \* Modified Mercalli Intensity  
 \*\* Density magnitude (EPR: 1967)

Nos Estados Unidos, onde existem mapas específicos com traçados das curvas isosísmicas das regiões que estão sujeitas a tremores de terra, são frequentemente utilizados, em projetos de barragens, coeficientes de sismicidade empíricos variando entre 0,10g a 0,15g

No caso da barragem Muquém, embora situada em região bastante diferente daquelas que são frequentemente assoladas por terremotos, adotar-se-á, por segurança, um coeficiente  $\alpha = 0,08g$ , o qual será aplicado nos cálculos de

estabilidade, com o critério denominado “pseudo-dinâmico”

### 2.9.3 Metodologia e critérios de Análises :

Todas as análises realizadas levaram em conta o mecanismo da ruptura por meio de superfícies circulares, considerando que a resistência ao cisalhamento ao longo desta superfície é mobilizada uniformemente, como preconiza a teoria do equilíbrio limite, ou seja, todos os pontos ao longo da superfície analisada estão submetidos ao mesmo F S

As superfícies potenciais de ruptura correlacionadas às superfícies que apresentaram o menor fator de segurança foram determinadas a partir da pesquisa automática processada por computador pelo programa denominado SB-SLOPE Simplified Bishop Slope Stability Analysis ( VEIS INC -PO BOX 8813-Fort COLLINS, COLORADO 80525), desenvolvido por Michael W Von Guten, que aplica o método de Bishop Simplificado

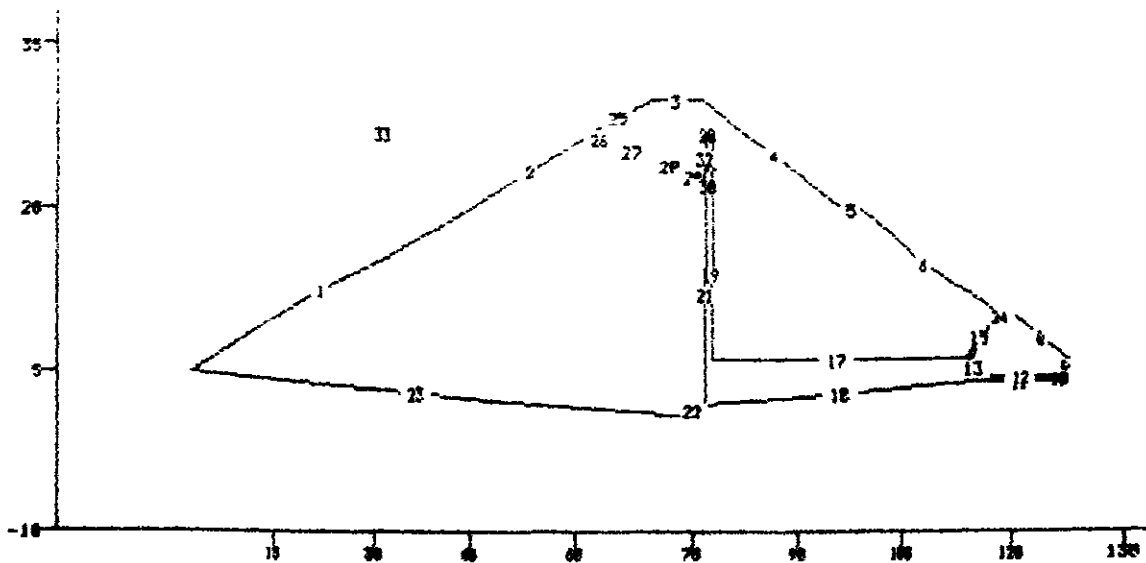
Foram considerados como fatores de segurança admissíveis os a seguir descritos

<b>CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO</b>	<b>FATOR DE SEGURANÇA ADMISSÍVEL</b>	<b>FATOR DE SEGURANÇA ADMISSÍVEL-Cs</b>
Final de construção	1,3	1,0
Barragem em Operação	1,5	1,0
Esvaziamento Rápido	1,1	1,1

### 2.9.4 Seção considerada :

Foi escolhida, para os estudos de estabilidade, a seção que

apresenta maior altura (seção máxima), representada pela figura a seguir



### 2.9.5 Resultados :

A tabela a seguir mostra os resultados das análises de estabilidade obtidos para as condições de solicitações consideradas. Os valores de F S apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir da pesquisa de superfícies potenciais de ruptura circulares

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA	FATOR DE SEGURANÇA Cs=0,08
<b>Final de Construção</b>	Montante	1,37	1,11
	Jusante	1,36	1,08
<b>Barragem em Operação</b>	Jusante	1,75	1,43
<b>Esvaziamento Rápido</b>	Montante	1,73	1,44

Obs Cs – Coeficiente de sismicidade

o anexo 1 mostra as planilhas e as figuras que indicam, para cada tipo de solicitação, os círculos críticos associados aos F S obtidos

### 3. ESTUDO DO REBAIXAMENTO RÁPIDO :

Esse estudo foi desenvolvido com base nas pesquisas empreendidas pelo “Engineering and Design Stability of Earth and Rockfill Dams” - USCE (1970), onde é dada a estimativa da descida da linha de saturação em maciços permeáveis no Talude de montante durante rebaixamento do nível água do reservatório, compreendendo as seguintes etapas

#### 3.1 Estimativa da Vazão de Descarga :

São consideradas duas componentes

a)  $q_{\text{evap}}$  = vazão dada pela evaporação da água no reservatório No nordeste e, especificamente na região, tomou-se a evaporação média anual igual a 2,35m,

b)  $q_{\text{tub}}$  = vazão dada pela descarga regularizada pela tomada d'água, cujo valor é de 0,34 1 m<sup>3</sup>/s,

Consultando o gráfico da curva “área - volume”, avaliou-se o “ $q_{\text{evap}}$ ” da seguinte forma

cota<sub>287</sub> →  $V_1 \cong 47,6 \text{ hm}^3$ , com área  $S_1 = 962 \text{ ha}$

cota<sub>252</sub> →  $V_2 \cong 4,1 \text{ hm}^3$ , com área  $S_2 = 199 \text{ ha}$

Então teremos

$$q_{\text{evap}} = \left( \frac{S_1 + S_2}{2} \right) \times 2,35$$

$$q_{\text{evap}} = 1,64 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano} \quad \text{ou} \quad 13\,640\,000 \text{ m}^3/\text{ano}$$

A vazão total "Q<sub>t</sub>" será, então

$$Q_t \text{ (m}^3/\text{ano)} = q_{\text{evap}} + q_{\text{tub}}$$

$$Q_t = [1,364 + (0,341 \times 3,153)] \times 10^7$$

$$Q_t = 24,392 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano} \quad \text{ou} \quad 24\,392\,000 \text{ m}^3 / \text{ano}$$

### 3.2 Tempo para Rebaixamento do NA<sub>máx</sub> para o Na<sub>min</sub> :

$$t = \frac{\Delta \text{ volume}}{Q} = \frac{V_1 - V_2}{Q} = \frac{(47,6 - 4,1) \times 10^6}{24,4 \times 10^6} = 1,7828$$

$$t = 1,783 \text{ anos}$$

### 3.3 Velocidade de Descida do Nível D'água :

$$V = \frac{\Delta H}{t} = \frac{267 - 252}{1,783} = 8,42 \text{ m/ano}$$

$$V = 2,67 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

### 3.4 Estimativa da Queda da Linha de Saturação no Maciço :

Do exposto anteriormente, tem-se que

$$P_D = \frac{K}{n_e \times V}$$

onde

$k$  = permeabilidade do material do maciço

$n_e$  = porosidade efetiva, dada por

$$n_e = \frac{n}{100} = \frac{W_1 - W_2}{W_1}, \text{ sabendo que}$$

$W_1$  = teor de umidade saturado

$W_2$  = teor de umidade depois de drenado

$V$  = velocidade de rebaixamento do nível d'água do reservatório

Considerando que a barragem MUQUÉM oferece os seguintes parâmetros

$$K = 10^{-7} \text{ cm /s}$$

$$N_e = 22\%$$

$$V = 2,54 \times 10^{-7} \text{ m/s} = 2,54 \times 10^{-5} \text{ cm /s}$$

Tem-se

$$P_D = \frac{10^{-7}}{0,22 \times 2,54 \times 10^{-5}} = 1,79 \times 10^{-2}$$

Para taludes de 2,5 1, obtém-se  $X = 96\%$ , conforme diagrama respectivo

$$X = \frac{H_D - DH_D}{H_D}$$

$$DH_D = (1 - X)H_D$$

onde

$$H_D = 267 - 252 = 15 \text{ m}$$

$$DH_D = (1 - 0,96) \times 15 = 0,60 \text{ m}$$

Considerando que a mudança de posição da linha freática no maciço é bastante reduzida em relação ao rebaixamento do nível d'água no açude, haverá a condição caracterizada como rebaixamento rápido

#### **4. TOMADA D'ÁGUA E ESTRUTURA DE DISSIPÇÃO :**

##### **4.1 Localização :**

A tomada d'água acha-se localizada na Estaca 6 + 5,00m e está totalmente assente em rocha sã, classificada geologicamente como um anfibolito, cuja diretriz faz um ângulo de 83°30' com o eixo da barragem, ficando o controle de vazão localizado no lado de jusante, através de registros de gaveta de ferro fundido

##### **4.2 Cálculo do Diâmetro da Tubulação :**

O cálculo do diâmetro será desenvolvido em função da vazão regularizada, utilizando-se a fórmula do diâmetro econômico, então desenvolvida por Lencastre (1983), que tem a seguinte expressão

$$D = 0,95 \times Q^{0,43}$$

onde

D = diâmetro em metro

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s

Logo, para uma vazão regularizada,  $Q_{90\%} = 341$  l/s, tem-se

$$D = 0,95 \times 0,341^{0,43}$$

$$D = 0,598\text{m}$$

Adotou-se o diâmetro **D = 600mm**



### 4.3 Determinação da Perda de Carga Linear ( $H_{fd}$ ) :

Empregando-se a expressão de Hazen-Williams, tem-se

$$J = \frac{10,643 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}, \text{ onde}$$

$J$  = perda de carga unitária em m/m ,

$Q$  = vazão em  $m^3/s$ ,

No caso, serão consideradas as seguintes vazões

$$- Q_{90\%} = 341 \text{ l/s } (0,341 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$- Q_{\text{alerta}} = \frac{Q_{90\%}}{2} = 170,5 \text{ l/s } (0,1705 \text{ m}^3/\text{s})$$

$C$  = coeficiente de rugosidade adotado igual a 90 (normalmente usa-se o aço soldado)

$D$  = diâmetro da tubulação em metro 0,60 m

$L$  = 95 m (extensão da galeria)

Daí, tem-se

$$J = \frac{10,643 \times Q^{1,85}}{90^{1,85} \times 0,600^{4,87}} = 0,031054 \times Q^{1,85}$$

Para toda a extensão da tubulação, resulta

$$H_{fd} = J \times L = 0,31054 \times Q^{1,85} \times 95,00$$

$$H_{fd} = 2,95 \times Q^{1,85}$$

Assim

Vazões de Operação	Perda de carga linear (m c a) $H_{fd} = 2,95 \times Q^{1,85}$
$Q_{90\%} = 341,00 \text{ l/s}$	0,403
$Q_{alerta} = 170,50 \text{ l/s}$	0,112

#### 4.4 Perda de Carga Localizada ( $H_{fL}$ ) :

Adotando-se a expressão geral para perda de carga localizada, tem-se

$$H_{fL} = \frac{V^2}{2g}$$

onde

$V$  = velocidade em m/s,

$g$  = aceleração da gravidade

Perdas a serem consideradas pelas seguintes peças

- a) Crivo  $\phi$  600mm  $k = 0,40$
- b) Registro de gaveta  $\phi=600\text{mm}$   $k = 2 \times 0,20 = 0,40$
- c) Uma saída  $K = 1,0$

Logo,

$$K_{total} = 1,80$$

Assim

$$H_f = K \frac{V^2}{2g}$$

mas sabemos que

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{Q^2}{A^2} = \frac{Q^2}{2g \left( \frac{\pi D^2}{4} \right)^2}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{16xQ^2}{2 \times g \times \pi^2 \times D^4} = \frac{16xQ^2}{2x9,81x3,1416^2 \times 0,600^4} = 0,638 \times Q^2$$

Logo

$$H_{fL} = 1,8 \times 0,638 \times Q^2 \quad \text{ou}$$

$$H_{fL} = 1,15 \times Q^2$$

Vazões de Operação	Perda de carga localizada (m c a) $H_{fl} = 1,15 \times Q^2$
$Q_{90\%} = 341,00 \text{ l/s}$	0,134
$Q_{alerta} = 170,50 \text{ l/s}$	0,033

#### 4.5 Cálculo da Perda de Carga Total :

$$H_f = H_{fd} + H_{fL}$$

$$H_f = 2,95 \times Q^{1,85} + 1,15 \times Q^2$$

O quadro a seguir mostra as perdas de carga totais para as vazões de operação

Vazões de Operação	Perda de carga total (m c a) $H_f = 2,95 \times Q1,85 + 1,15 \times Q2$
$Q_{90\%} = 341,00 \text{ l/s}$	0,537
$Q_{alerta} = 170,50 \text{ l/s}$	0,145

Adotamos o valor da maior perda de carga, isto é

$$H_{f_r} = 0,537 \text{ m.c.a}$$

#### 4.6 Cota de Assentamento da Galeria e os Níveis Operacionais :

##### a) Cota de entrada :

A localização da Tomada D'água na Estaca 6+5,00m, foi feita em função das condições geotécnicas apresentadas e das operações estabelecidas na simulação do reservatório, definindo-se a cota 252,00 para a geratriz inferior da entrada da mesma (montante), cujo diâmetro é de 600mm

$$CGI_m = 252,00$$

Considerando-se essa cota de entrada  $CGI_m = 252,00$  e a condição

de submergência mínima à montante de 0,20m, onde  $\frac{V^2}{2g} = 0,09 \text{ m/s}$ , para  $Q =$

341l/s, demonstra-se a seguir o nível mínimo de garantia total de derivação para jusante

##### b) Nível mínimo de operação :

$$NA_{\min} = CGI_m + D + 0,20, \text{ logo}$$

$$NA_{\min} = 252,00 + 0,600 + 0,20 = 252,80, \text{ que na curva cota x área x}$$

volume do reservatório corresponde a  $5,099 \times 10^6 \text{ m}^3$  de água

$$NA_{\text{min}} = 252,80$$

Como declividade de assentamento da Tubulação, adotou-se a da linha piezométrica média para as perdas totais, quando a vazão regularizada que passa é de 341 l/s

**c) Cota de jusante :**

$$CGI_J = CGI_m - H_f$$

$$CGI_J = 252,00 - 0,536$$

$$CGI_J = 251,464$$

$$CGI_J = 251,50$$

#### **4.7 Curva de Descarga em Função do Nível a Montante ( $N_{am}$ ) :**

A equação das perdas de cargas totais ( $H_f$ ) é

$$H_f = H_{fd} + H_{fl} = 2,95 \times Q^{1,85} + 1,15 \times Q^2$$

- Verificando o nível de saída à jusante

$$NA_J = CGI_J + D$$

$$NA_J = 251,464 + 0,600, \text{ logo}$$

$$NA_J = 252,064\text{m}$$

Verificando a carga disponível em função do nível de montante

(tirante):  $Na_m$  (variável):

$$\Delta Na = Na_m - Na_j = Na_m - 252,064$$

Fazendo-se  $\Delta Na = H_f$ , tem-se:

$$\Delta Na = Na_m - 252,064 = 2,95 \times Q^{1,85} + 1,15 \times Q^2$$

$$\Delta Na = 0,536 \text{ m.c.a} = 0,54 \text{ m.c.a}$$

Para  $Q_{90\%} = 341 \text{ l/s}$ , que é a equação final relacionando a descarga com o nível de montante, que varia do mínimo de 252,80 ao máximo de 267,00m, tem-se o seguinte quadro ilustrativo:

VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	COTA (m)	H (m)	V (m/s)
0,341	252,80	0,54	3,25
0,441	253,10	0,84	4,06
0,541	253,50	1,24	4,93
0,641	253,96	1,70	5,77
0,741	254,50	2,24	6,63
0,841	255,21	2,95	7,60
0,941	255,91	3,65	8,46
1,041	256,68	4,42	9,31
1,141	257,52	5,26	10,16
1,241	258,43	6,17	11,00
1,341	259,41	7,15	11,84
1,441	260,44	8,18	12,67
1,541	261,56	9,30	13,50
1,641	262,73	10,47	14,33
1,741	263,97	11,71	15,16
1,841	265,28	13,02	15,98
1,941	266,65	14,39	16,80
2,041	267,00	14,74	17,00

Obs.:  $Na_{\text{min.mont}} = 252,80 \text{ m}$ : onde o  $Na_{\text{mínimo}}$  corresponde a um volume armazenado de  $5,099 \times 10^6 \text{ m}^3$ , considerando 0,20 m acima da geratriz do

tubo a montante para garantir submersão mínima, sendo  $Q \geq 341$  l/s

#### 4.8 Dimensionamento da Bacia de Dissipação :

A estrutura de dissipação selecionada para a descarga da Tomada d'água foi a bacia de impacto padronizada pelo "Bureau of Reclamation" nas obras apresentadas no "Design of Small Dams" e "Hydraulic Design of Stilling Basins ou Energy Dissipations", cujo processo de cálculos é apresentado a seguir

- Carga hidráulica máxima que atua até o nível de tomada d'água.

$$h = 267,00 - 252,00 = 15,00\text{m}$$

- Velocidade de impacto

$$V = \sqrt{2gxh} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 15,00} = 17,15 \text{ m/s} = 56,26 \text{ ft/s}$$

- Área fictícia de fluxo quadrado

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{2,041}{17,15} = 0,119 \text{ m}^2$$

- Largura fictícia do fluxo

$$D = \sqrt{A} = \sqrt{0,119} = 0,345 \text{ m}$$

- Número de Froude

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \times D}} = \frac{17,5}{\sqrt{9,81 \times 0,345}} = 9,32$$

Pela figura 10 - 14 do Design of Small Dams, temos que  $\frac{W}{D} = 9,5$

ou seja

$$W = 8,8 \times 0,46 = 4,048\text{m}$$

Para facilidade de execução, adotou-se uma bacia padronizada com

$W = 13 \approx 4,00\text{m}$ , referida a Tabela de pág 86 do livro já citado anteriormente

#### 4.9 Vertedor de Jusante da Tomada D'água :

Seja um vertedor retangular sem contração lateral, com curva de vazão calculada pela fórmula de Bazin, cuja expressão é a seguinte

$$Q = (m l \sqrt{2g}) H^{2/3}$$

$$\text{onde } m = \left( 0,405 + \frac{0,003}{0,15} \right) \left[ 1 + \left( 0,55 \frac{0,15}{0,15 + 0,66} \right) \right]$$

sendo

$$L = 4,00 \text{ m}$$

$$P = 0,66 \text{ m}$$

Logo, a curva de vazão do vertedouro é apresentada a seguir

$$Q = m \times 4 \times 4,4294 H^{3/2} = m \times 17,72 H^{3/2} \text{ ou } H = \left( \frac{Q}{m \times 17,72} \right)^{2/3}$$

$$\text{Sendo } Q = 341,00 \text{ l/s}$$

$$m = 0,468$$

$$H = 0,1191 \text{ ou } H = 0,12\text{m}$$

## 5. DIMENSIONAMENTO DOS BARRAMENTOS AUXILIARES :

### 5.1 Considerações Gerais :



Neste projeto está prevista a construção de três barragens auxiliares, consideradas de pequeno porte. visto que apresentam alturas de 3,50 m, 3,30 m, e 10,50 m

## **5.2 Dimensionamento dos Maciços Auxiliares:**

### **5.2.1 Cálculo da folga:**

A folga das barragens auxiliares foi adotada igual à do maciço principal Portanto

$$F = 1,50m$$

### **5.2.2 Cálculo da revanche:**

A revanche adotada é a mesma da barragem principal

$$R = 3,00 m$$

### **5.2.3 Cálculo da cota do coroamento :**

A cota do coroamento deverá ser a mesma da barragem principal

$$C_c = 270,00$$

### **5.2.4 Cálculo da altura máxima:**

A altura máxima das barragens auxiliares é dada pela seguinte expressão

$$H_B = C_c - C_t$$

Onde

$$C_c = \text{Cota do coroamento } 270,00$$

$C_t$  = Cota do talweg do rio na seção barrada

Para a barragem auxiliar A  $C_t = 266,50$

Para a barragem auxiliar B  $C_t = 266,70$

Para a barragem auxiliar C  $C_t = 259,50$

Então, as alturas das barramentos auxiliares serão

$H_A = 3,50m$

$H_B = 3,50m$

$H_C = 10,50m$

### 5.2.5 Cálculo da largura do coroamento das barragens auxiliares:

Para o cálculo da largura do coroamento da barragem, foi utilizada a fórmula de Preece

$$B = 1,1\sqrt{H} + 0,9$$

Sendo consideradas as seguintes alturas para os três barramentos

$H_A = 3,50m$

$H_B = 3,30m$

$H_C = 10,50m$

Obtêm-se os seguintes resultados

$B_A = 2,96m$

$B_B = 2,90m$

$B_C = 4,46m$

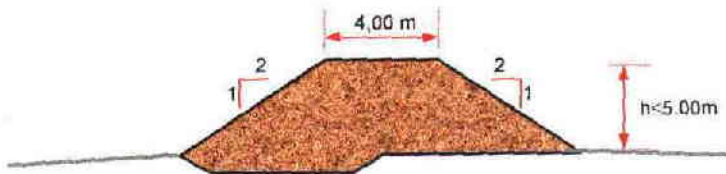
Adotou-se no projeto, as seguintes dimensões para a largura do coroamento das três barragens auxiliares

$B_A = B_B = 4,00m$

$$B_c = 5,00\text{m}$$

### 5.2.6 Determinação dos taludes das barragens auxiliares :

Para as duas menores foi projetada uma seção, com as seguintes dimensões:



A inclinação dos taludes seguiram a orientação contida na publicação "Roteiro para Projeto de Pequenos Açudes" dos Engenheiros Vicente de Paulo P.B.Vieira e Antônio Gouveia Neto.

Para a barragem de 10,50 m de altura, apesar de poder seguir a mesma orientação das outras, foi feito um estudo para o cálculo de sua estabilidade, nos mesmos moldes do maciço principal.

Para essa barragem auxiliar, foram adotados os seguintes taludes:

#### a) Talude de montante :

- Cota 270,00 ao terreno natural - 2,5(H) : 1 (V)

#### b) Talude de jusante :

- Cota 270,00 ao terreno natural - 2,0(H) : 1 (V)

### 5.2.7 Proteção do coroamento das barragens auxiliares:

O coroamento das barragens serão protegidos por uma camada de material GC, com 0,40m de espessura e receberão meios – fio laterais em concreto simples, no traço 1:3:6 (em volume).

O coroamento deverá receber uma inclinação de 3% para montante, a fim de encaminhar as águas pluviais para o lago, evitando assim, a execução de

calhas de descida no talude de jusante

### **5.2.8 Proteção dos taludes das barragens auxiliares :**

Os taludes da barragem auxiliares deverão ser protegidos contra erosões causadas principalmente pela ação das ondas que se formam no lago, para o talude de montante, e das águas pluviais para o de jusante

#### **a) Talude de montante :**

O talude de montante será protegido por um rip-rap de pedras jogadas sobre uma camada de transição em areia, com as mesmas dimensões calculadas para o barramento principal

No projeto, adotou-se

**e = 0,40m**

#### **b) Talude de jusante :**

Para a proteção dos talude de jusante, foi prevista uma camada de 0,30m de cascalho ou brita graduada e calhas de ombreiras, detalhadas nos desenhos de projeto

### **5.3 Drenagem Interna das Barragens Auxiliares:**

O sistema de drenagem interna para as duas barragens A e B será constituído por um dreno-de-pé, situado na extremidade do talude de jusante. Este dreno-de-pé deverá ter altura de 1,00m, se desenvolvendo entre as cotas 268,50 das ombreiras

#### **5.3.1 Sistema de drenagem interna da barragem auxiliar C (H=10,50m):**

O sistema de drenagem interna da barragem auxiliar C será constituído por um enrocamento de pedras ou rock-fill, situado na extremidade do talude de jusante, ligado a um filtro vertical por um tapete drenante

O rock-fill, formado por um prisma de pedras jogadas, projetado à

cota 263,00, tem a finalidade de baixar a linha freática, aumentar a estabilidade do talude de jusante e facilitar a drenagem das águas freáticas e pluviais

Entre o dreno-de-pé e o maciço compactado foi previsto um filtro de transição composto de duas camadas, sendo uma com 0,50m de espessura horizontal de brita com granulometria variável (tamanhos 1 a 3) e a outra de 0,50m de espessura horizontal de areia com granulometria para filtro. Esta camada de areia é prolongada no tapete drenante até atingir o filtro vertical

Para a areia utilizada deverão ser obedecidos os critérios de Terzaghi e Berthram, ou seja, critérios de proteção contra o carreamento das partículas mais finas e de garantia de permeabilidade, que são

$$D_{15} \leq 0,4\text{mm}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 20 \text{ (coeficiente de uniformidade)}$$

$$\frac{D_{15}(\text{Filtro})}{D_{15}(\text{Maciço})} = 5 \text{ a } 40$$

$$\frac{D_{15}(\text{Filtro})}{D_{85}(\text{Maciço})} \leq 5$$

As curvas granulométricas dos materiais de filtro deverão ser aproximadamente paralelas à curva do material do maciço

A posição do filtro vertical foi escolhida em função de garantir a coleta das águas de percolação, com o reservatório cheio, mesmo podendo ocorrer fissuras próximas ao coroamento da barragem. Seu topo foi fixado na cota 268,50 (Lâmina máxima de projeto) e sua face de montante dista 1,50m do eixo do maciço

### 5.3.2 Dimensionamento da descarga através do maciço auxiliar C : $Q_m$

Para o cálculo da descarga através do maciço, considerou-se a seguinte equação

$$Q_m = \sqrt{K_x K_y} y_0$$

Onde

$$Q_m = \text{descarga através do maciço (m}^3/\text{s)}$$

$K_x$  = permeabilidade do maciço na direção horizontal (m/s)

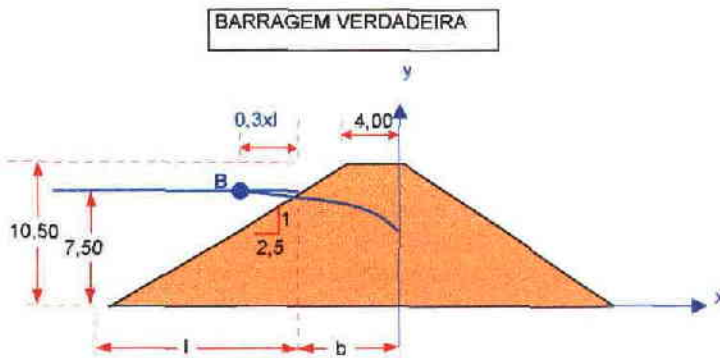
$K_y$  = permeabilidade do maciço na direção vertical (m/s)

$y_0$  = ordenada do ponto focal da parábola básica que define a superfície freática (m).

Para a determinação do valor  $y_0$ , determina-se a linha freática através do maciço.

### a) Traçado da linha freática :

Dada a seção da barragem adotada para o projeto:



$$b = 4,00 + 2,5 \times 3,00 = 11,50\text{m}$$

$$l = 7,50 \times 2,50 = 18,75\text{m}$$

Admitindo-se que o aterro compactado é um meio anisotrópico, e uma relação média entre as permeabilidades horizontal e vertical igual a nove, faz-se necessário fazer a transformação de uma das ordenadas.

Fazendo-se a transformação no eixo horizontal, tem-se:

$$x_t = x \sqrt{\frac{K_y}{K_x}}$$

onde

$x_t$  = abcissa transformada

$x$  = abcissa real

$K_x$  = permeabilidade na direção horizontal =  $9K_y$

$K_y$  = permeabilidade na direção vertical

$$x_t = x \sqrt{\frac{K_y}{9K_y}} = \frac{x}{3}$$

Assim,

$$b_t = \frac{b}{3} = \frac{11,50}{3} = 3,83$$

$$l_t = \frac{l}{3} = \frac{18,75}{3} = 6,25$$

O ponto B mostrado na figura anterior pertence à parábola que representa a linha freática. Suas coordenadas são

$$X_B = 0,3 \times l + b = 0,3 \times 6,25 + 3,83 = 5,71$$

$$Y_B = 7,50$$

Parábola de Kozeny

$$\sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = X_B + y_0$$

$$\sqrt{(5,71)^2 + 7,50^2} = 5,71 + y_0$$

$$y_0 = 3,72\text{m}$$

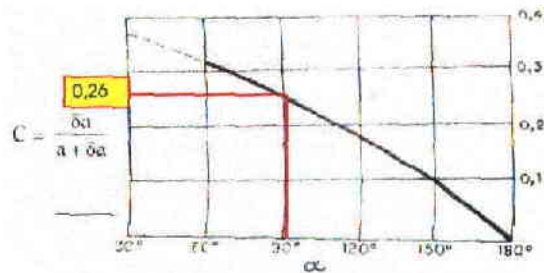
então:

$$\sqrt{x_t^2 + y_t^2} = x_t + 3,72$$

$$y_t = \sqrt{7,44 x_t + 13,84}$$

$y_t = \sqrt{7,44 x_t + 13,84}$		$x = 3x_t$	
$x_t$	$y_t$	$x$	$y$
-1,86	0,00	-5,58	0,00
0,00	3,72	0,00	3,72
1,00	4,61	3,00	4,61
2,00	5,36	6,00	5,36
3,00	6,01	9,00	6,01
4,00	6,60	12,00	6,60
5,00	7,14	15,00	7,14
5,71	7,50	17,13	7,50

A partir da equação da parábola, fazem-se as correções na entrada e na saída da linha, de acordo com os critérios de A. Casagrande:



Correção na saída, conforme A. Casagrande



A relação  $\frac{\delta a}{a + \delta a}$  é determinada em função do ângulo  $\alpha$  que o maciço forma com a horizontal, na região de descarga, para o meio de maior permeabilidade

No caso,  $\alpha = 90^\circ$ , resultando pelo ábaco de Casagrande em

$$\frac{\delta a}{a + \delta a} = 0,26$$

Sendo  $a + \delta a = y_0 = 3,72$ , calcula-se o valor de  $a$ , que é o ponto de saída da linha freática no filtro vertical

$$\frac{\delta a}{a + \delta a} = \frac{\delta a}{3,72} = 0,26$$

$$\delta a = 0,97$$

$$a = (a + \delta a) - \delta a = 3,72 - 0,97$$

$$a = 2,75\text{m}$$

Então, a descarga através do maciço utilizada para o cálculo da espessura do filtro vertical corresponde ao seguinte valor

$$Q_m = \sqrt{K_x K_y} a$$

$$Q_m = \sqrt{7,6 \times 10^{-9} \times \frac{7,6 \times 10^{-9}}{9}} \times 2,75$$

$$Q_m = 6,97 \times 10^{-9} \text{ m}^3 / \text{s}$$

**b) Cálculo da espessura do filtro vertical :  $e_f$**

A espessura do filtro vertical capaz de dar vazão à descarga de projeto, será calculada através da equação de Darcy

$$Q_m = K_f \times l_f \times a_f$$

Onde

$$K_f = \text{permeabilidade do filtro} = 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$l_f = 1,00$$

$$a_f = \text{área transversal do filtro} = e_f \times 1,00 \text{ (por metro linear)}$$

$$Q_m = 10^{-4} \times 1,00 \times e_f = 6,97 \times 10^{-9}$$

$$e_f = 6,97 \times 10^{-5} \text{ m, ou}$$

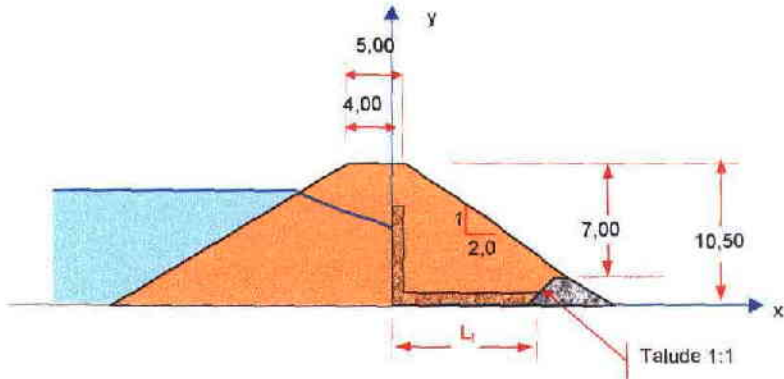
$$e_f = 0,00007 \text{ m}$$

Tendo em vista aspectos construtivos, foi adotada, no projeto, uma espessura igual a 1,00m

$$e_f = 1,00 \text{ m}$$

#### **a) Dimensionamento da espessura do tapete horizontal :**

Tendo sido determinado a posição do filtro vertical a 1,50m do eixo da barragem para jusante, e como o tapete horizontal liga este filtro ao dreno-de-pé, o comprimento do tapete está assim determinado



$$L_t \cong 10,50 \times 2,00 + 1,00 - 3,50 \times 2 - 3,50 \times 1 = 11,50 \text{ m}$$

A espessura do tapete será dimensionada de modo a dar vazão à descarga freática através do maciço ( $Q_m$ )

$$Q_m = K_t \times i_t \times a_t$$

Onde:

$$Q_m = 6,97 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$K_t = \text{permeabilidade do tapete} = 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$a_t = \text{área transversal do tapete} = e_t \times 1,00 \text{ (por metro linear)}$$

$$i_t = \frac{e_t}{L_t} = \frac{e_t}{11,50}$$

$$6,97 \times 10^{-9} = 10^{-4} \times \frac{e_t}{11,50} \times e_t$$

$$e_t^2 = 0,08 \times 10^{-2}$$

$$e_t = 0,03 \text{ m}$$

Adota-se 1,00m a espessura do tapete horizontal, por motivos construtivos

$$e_t = 1,00\text{m}$$

#### 5.4 Análise de Estabilidade dos Taludes da Barragem Auxiliar C:

##### 5.4.1 Parâmetros dos materiais empregados na construção do maciço :

Os materiais a serem utilizados para construção do barramento auxiliar será proveniente dos mesmos empréstimos utilizados para a execução do maciço principal, portanto os parâmetros para o cálculo da estabilidade assumem os mesmos valores

##### a) Material argiloso :

$$\text{Peso específico seco máximo } \gamma_s = 1,80 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Umidade ótima } h_{\text{ótima}} = 15,8\%$$

Classificação predominante CL,ML

$$\text{Coesão } C = 0,031 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Ângulo de atrito interno } \phi = 34,5^\circ$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2,23\text{t/m}^3$$

##### b) Material arenoso :

$$\text{Peso específico seco } \gamma_s = 1,90 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Coesão } C = 0,00 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Ângulo de atrito interno } \phi = 35,7^\circ$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2,28\text{t/m}^3$$

**c) Enrocamento :**

Peso específico seco  $\gamma_s = 2,50 \text{ t/m}^3$

Coesão  $C = 0,00 \text{ kgf/cm}^2$

Ângulo de atrito interno  $\phi = 37^\circ$

**5.4.2 Condições de solicitação :**

As condições de solicitação analisadas foram as mesmas consideradas para a barragem principal

**1. Final de Construção** para os taludes de montante e jusante

**2. Barragem em Operação** para o talude de jusante

**3. Esvaziamento Rápido** para o talude de montante

Para a condição de barragem em operação, foi considerado também a hipótese de ocorrência de abalo sísmico, sendo adotado um coeficiente de sismicidade  $C_s = 0,08$

**5.4.3 Metodologia e critérios de Análises :**

Todas as análises realizadas levaram em conta o mecanismo da ruptura por meio de superfícies circulares, considerando que a resistência ao cisalhamento ao longo desta superfície é mobilizada uniformemente, como preconiza a teoria do equilíbrio limite, ou seja, todos os pontos ao longo da superfície analisada estão submetidos ao mesmo F S

As superfícies potenciais de ruptura correlacionadas às superfícies que apresentaram o menor fator de segurança foram determinadas a partir da pesquisa automática processada por computador pelo programa denominado SB-SLOPE Simplified Bishop Slope Stability Analysis ( VE\ S INC -PO BOX 8813-Fort COLLINS, COLORADO 80525), desenvolvido por Michael W Von Guten, que aplica o método de Bishop Simplificado

Foram considerados como fatores de segurança admissíveis os a seguir descritos

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	FATOR SE SEGURANÇA ADMISSÍVEL
Final de construção	1,3
Barragem em Operação	1,5
Esvaziamento Rápido	1,1

#### 5.4.4 Seção considerada :

Foi escolhida, para os estudos de estabilidade, a seção que apresenta maior altura (seção máxima), representada pela figura a seguir



#### 5.4.5 Resultados :

A tabela a seguir mostra os resultados das análises de estabilidade obtidos para as condições de solicitações consideradas. Os valores de F S apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir da pesquisa de

superfícies potenciais de ruptura circulares

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA	FATOR DE SEGURANÇA Cs=0,08
Final de Construção	Montante	1,72	-
	Jusante	1,46	-
Barragem em Operação	Montante	-	1,21
	Jusante	1,79	1,41
Esvaziamento Rápido	Montante	2,03	-

Obs Cs – Coeficiente de sismicidade

O anexo 2 mostra as planilhas as figuras que indicam, para cada tipo de solicitação, os círculos críticos associados aos F S obtidos

**PROJETO EXECUTIVO  
DA  
BARRAGEM MUQUEM**

**ANEXOS**



**PROJETO EXECUTIVO  
DA  
BARRAGEM MUQUEM**

**ANEXO 1 : PLANILHAS DE CÁLCULO DA  
ESTABILIDADE DA BARRAGEM PRINCIPAL**

GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 10 slices selected

Xmin= 10 0 Xmax= 50.0 Increment= 2.0  
 Ymin= 45.0 Ymax= 80 0 Increment= 2.0  
 Rmin= 35.0 Rmax= 70.0 Increment= 2.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.37

Found at X= 44 0, Y= 55.0, R= 37 0

X= 12.0 Y= 55.0 R= 47.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	21.7	1.4	0.228	0.687	3.1	2	0	6	0
2	23.2	1.4	0.261	0.687	3.1	6	0	8	1
3	24.6	1.6	0.297	0.687	3.1	10	2	10	3
4	26.2	1.6	0.335	0.687	3.1	14	3	12	4
5	27.7	1.6	0.375	0.687	3.1	15	3	13	5
6	29.3	1.6	0.416	0.687	3.1	15	3	13	6
7	30.8	1.6	0.459	0.687	3.1	13	3	12	6
8	32.4	1.6	0.504	0.687	3.1	9	2	10	4
9	33.9	1.6	0.552	0.687	3.1	3	1	7	2

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Barragem Muquem

Location: Municipio de Cariri - Ceara

Filename: MFCTM Description: Muquem-final de Construcao-Talude:Montante

ANALYSIS DATA

Line No	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Ru
1	24.6	10.0	50.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
2	50.0	20.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
3	70.0	30.0	77.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
4	77.0	30.0	97.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
5	97.0	20.0	99.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
6	99.0	20.0	119.0	10.0	18.3	3.1	35	0.20
7	119.0	10.0	121.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
8	121.0	10.0	129.0	6.0	25.0	0.0	37	0.00
9	128.0	4.5	129.0	6.0	19.0	0.0	36	0.00
10	127.5	4.0	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
11	115.8	4.0	127.5	4.0	25.0	0.0	37	0.00
12	115.7	4.5	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
13	114.5	6.0	115.7	4.5	19.0	0.0	36	0.00
14	114.5	6.0	118.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
15	114.0	6.2	118.0	10.0	19.0	0.0	36	0.00
16	118.0	10.0	118.5	10.0	19.0	0.0	36	0.00
17	78.0	6.2	114.0	6.2	19.0	0.0	36	0.00
18	77.0	2.0	115.8	4.0	25.0	0.0	37	0.00
19	78.0	6.2	78.1	27.0	18.3	3.1	35	0.20
20	77.1	27.0	78.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
21	77.0	2.0	77.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
22	73.5	1.0	77.0	2.0	25.0	0.0	37	0.00
23	7.6	4.2	73.5	1.0	25.0	0.0	37	0.00
24	118.5	10.0	119.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
25	7.6	4.2	24.6	10.0	18.3	3.1	35	0.00

Metodo de BISHOP Simplificado

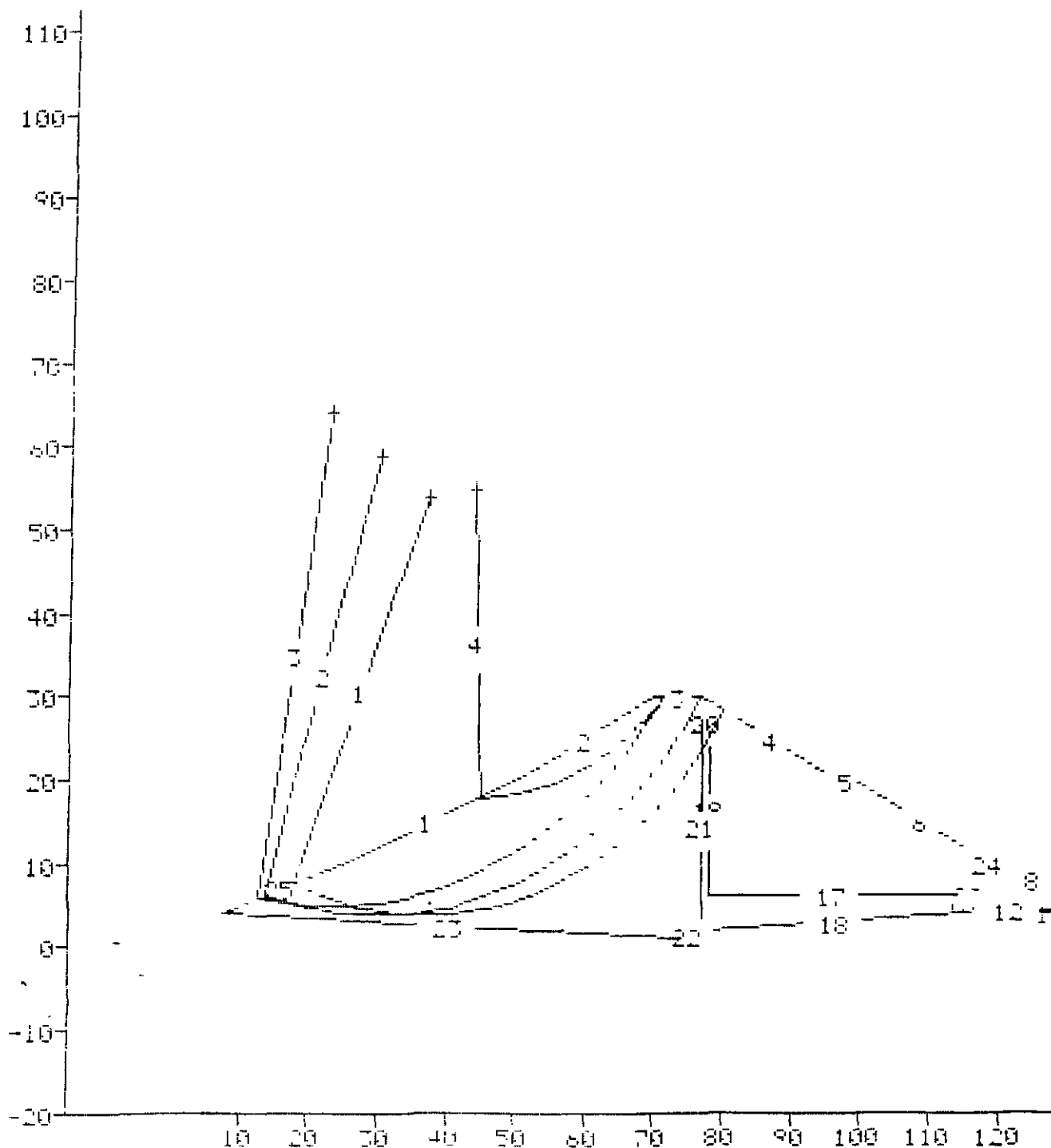
PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Caruz - Ceara

HOR.: MFCTM

SECHO COMPLETH DO THLUDE

CIRCUL.	H	V	RHIO	FS
1	37.0	54.0	50.0	1.83
2	38.0	59.0	55.0	1.68
3	27.0	64.0	59.0	1.59
4	44.0	55.0	37.0	1.37



GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 10 slices selected

Xmin= 95.0 Xmax= 130.0 Increment= 2.0  
 Ymin= 45.0 Ymax= 70.0 Increment= 2.0  
 Rmin= 35.0 Rmax= 70.0 Increment= 2.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.36  
 Found at X= 121.0, Y= 69.0, R= 59.0

X= 97.0 Y= 69.0 R= 45.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	WATER RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	74.6	1.2	0.555	0.687	3.1	8	2	7	4
2	75.8	1.2	0.515	0.687	3.1	22	4	15	10
3	77.0	0.1	0.495	0.687	3.1	2	0	1	1
4	77.1	0.9	0.479	0.687	3.1	21	4	13	9
5	78.0	0.1	0.464	0.687	3.1	2	0	1	1
6	78.1	1.2	0.445	0.687	3.1	28	6	17	11
7	79.3	1.2	0.411	0.687	3.1	26	5	16	10
8	80.5	1.2	0.377	0.687	3.1	23	5	15	8
9	81.7	1.2	0.345	0.687	3.1	19	4	13	6
10	82.9	1.2	0.314	0.687	3.1	15	3	11	4
11	84.1	1.2	0.284	0.687	3.1	9	2	8	3
12	85.3	1.2	0.254	0.687	3.1	3	1	5	1

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Barragem Muquem

Location: Municipio de Carirus - Ceara

Filename: MFCTJ Description: Muquem-Final de Construcao-Talude-Jusante

ANALYSIS DATA

Line No	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Ru
1	24.6	10.0	50.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
2	50.0	20.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
3	70.0	30.0	77.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
4	77.0	30.0	97.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
5	97.0	20.0	99.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
6	99.0	20.0	119.0	10.0	18.3	3.1	35	0.20
7	119.0	10.0	121.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
8	121.0	10.0	129.0	6.0	25.0	0.0	37	0.00
9	128.0	4.5	129.0	6.0	19.0	0.0	36	0.00
10	127.5	4.0	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
11	115.8	4.0	127.5	4.0	25.0	0.0	37	0.00
12	115.7	4.5	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
13	114.5	6.0	115.7	4.5	19.0	0.0	36	0.00
14	114.5	6.0	118.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
15	114.0	6.2	118.0	10.0	19.0	0.0	36	0.00
16	118.0	10.0	118.5	10.0	19.0	0.0	36	0.00
17	78.0	6.2	114.0	6.2	19.0	0.0	36	0.00
18	77.0	2.0	115.8	4.0	25.0	0.0	37	0.00
19	78.0	6.2	78.1	27.0	18.3	3.1	35	0.20
20	77.1	27.0	78.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
21	77.0	2.0	77.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
22	73.5	1.0	77.0	2.0	25.0	0.0	37	0.00
23	7.6	4.2	73.5	1.0	25.0	0.0	37	0.00
24	118.5	10.0	119.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
25	7.6	4.2	24.6	10.0	18.3	3.1	35	0.00

THLUDE

Metodo de BISHOP Simplificado

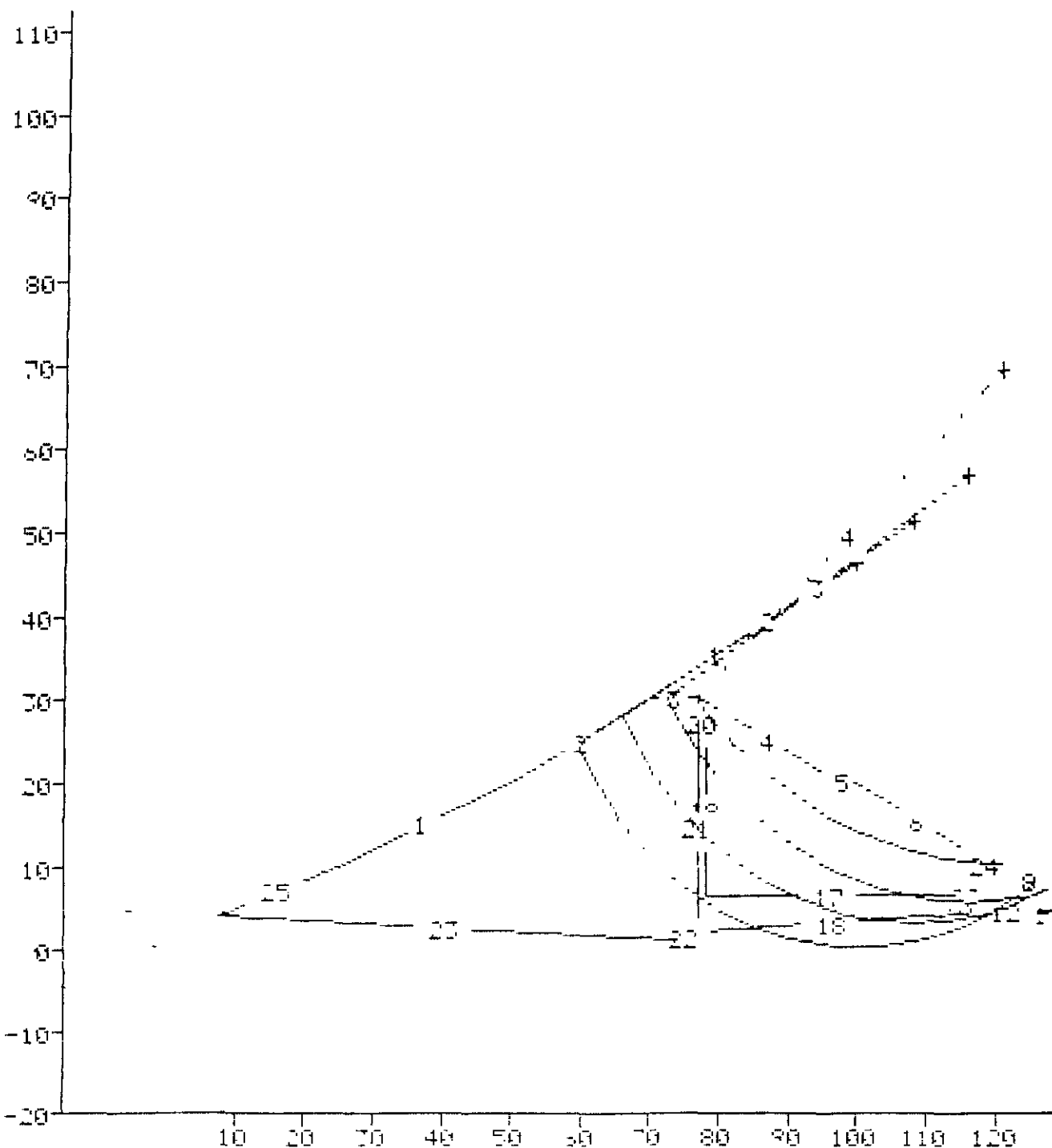
PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Ceruas - Ceara

ARO.: MFCTM

SECOA COMPLETA DO THLUDE

CIRCU.	H	Y	RHD	FS
1	108.0	48.0	48.0	3.37
2	108.0	51.0	48.0	1.50
3	116.0	56.5	51.0	1.72
4	121.0	69.0	59.0	1.36



\*Bc  
 GRID SEARCH ANALYSIS  
 Approximately 10 slices selected  
 Xmin= 95 0 Xmax= 130 0 Increment= 3 0  
 Ymin= 45.0 Ymax= 70 0 Increment= 3 0  
 Rmin= 35 0 Rmax= 70.0 Increment= 3 0

5

Minimum FS found during grid pattern = 1.75  
 Found at X= 122 0, Y= 69 0, R= 59 0

X= 98 0 Y= 69 0 R= 47 0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	71 8	1 7	0 641	0 687	3 1	18	0	17	9
2	73 5	0 5	0 602	0 687	3 1	12	0	9	6
3	74 0	3 0	0 546	0 687	3 1	122	0	88	59
4	77 0	0 0	0 499	0 687	3 1	0	0	0	0
5	77 0	0 1	0 498	0 687	3 1	5	0	3	2
6	77 1	0 0	0 497	0 687	3 1	1	0	1	0
7	77 1	0 0	0 496	0 727	0 0	0	0	0	0
8	77 1	0 9	0 483	0 719	0 0	50	0	34	22
9	78 0	0 0	0 470	0 719	0 0	0	0	0	0
10	78 0	0 1	0 469	0 719	0 0	4	0	3	2
11	78 1	0 0	0 468	0 719	0 0	1	0	0	0
12	78 1	0 0	0 468	0 700	3 1	0	0	0	0
13	78 1	0 0	0 467	0 687	3 1	0	0	0	0
14	78 1	2 4	0 434	0 687	3 1	128	0	89	51
15	80 5	2 4	0 371	0 687	3 1	118	0	83	41
16	82 8	2 4	0 312	0 687	3 1	102	0	72	30
17	85 2	2 4	0 255	0 687	3 1	79	0	58	20
18	87 6	2 4	0 201	0 687	3 1	51	0	41	10
19	89 9	2 4	0 148	0 687	3 1	18	0	19	3

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project Barragem Muquem  
 Location: Municipio de Cartus - Ceara  
 Filename: MBOTJ Description: Muquem-Barragem Operacao-Talude-Jusante

ANALYSIS DATA

Line No	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	7 6	4 2	50 0	20 0	18 3	3 1	35	N
2	50 0	20 0	70 0	30 0	18 3	3 1	35	N
3	70 0	30 0	77 0	30 0	18 3	3 1	35	N
4	77 0	30 0	97 0	20 0	18 3	3 1	35	N
5	97 0	20 0	99 0	20 0	18 3	3 1	35	N
6	99 0	20 0	119 0	10 0	18 3	3 1	35	N
7	119 0	10 0	121 0	10 0	25 0	0 0	37	N
8	121 0	10 0	129 0	6 0	25 0	0 0	37	N
9	128 0	4 5	129 0	6 0	19 0	0 0	36	N
10	127 5	4 0	128 0	4 5	19 0	0 0	36	N
11	115 8	4 0	127 5	4 0	25 0	0 0	37	N
12	115 7	4 5	128 0	4 5	22 8	0 0	36	N
13	114 5	6 0	115 7	4 5	22 8	0 0	36	N
14	114 5	6 0	118 0	10 0	25 0	0 0	37	N
15	114 0	6 2	118 0	10 0	19 0	0 0	36	N
16	118 0	10 0	118 5	10 0	19 0	0 0	36	N
17	78 0	6 2	114 0	6 2	22 8	0 0	36	N
18	77 0	2 0	115 8	4 0	25 0	0 0	37	N
19	78 0	6 2	78 1	27 0	18 3	3 1	35	N
20	77 1	27 0	78 1	27 0	19 0	0 0	36	N
21	77 0	2 0	77 1	27 0	22 8	0 0	36	N
22	73 5	1 0	77 0	2 0	25 0	0 0	37	N
23	7 6	4 2	73 5	1 0	25 0	0 0	37	N
24	118 5	10 0	119 0	10 0	25 0	0 0	37	N
25	64 2	27 0	70 0	30 0	18 3	3 1	35	N
26	64 2	27 0	66 0	26 0	22 3	3 1	35	N
27	66 0	26 0	71 0	24 4	22 3	3 1	35	N
28	71 0	24 4	74 0	23 6	22 3	3 1	35	N
29	74 0	23 6	77 1	22 4	22 3	3 1	35	N
30	77 1	22 4	78 1	22 0	22 8	0 0	36	N
31	78 0	22 0	78 1	27 0	18 3	3 1	35	N
32	77 0	22 4	77 1	27 0	22 8	0 0	36	N
33	7 6	27 0	64 2	27 0	Free water line			

000086

Metodo de BISHOP Simplificado

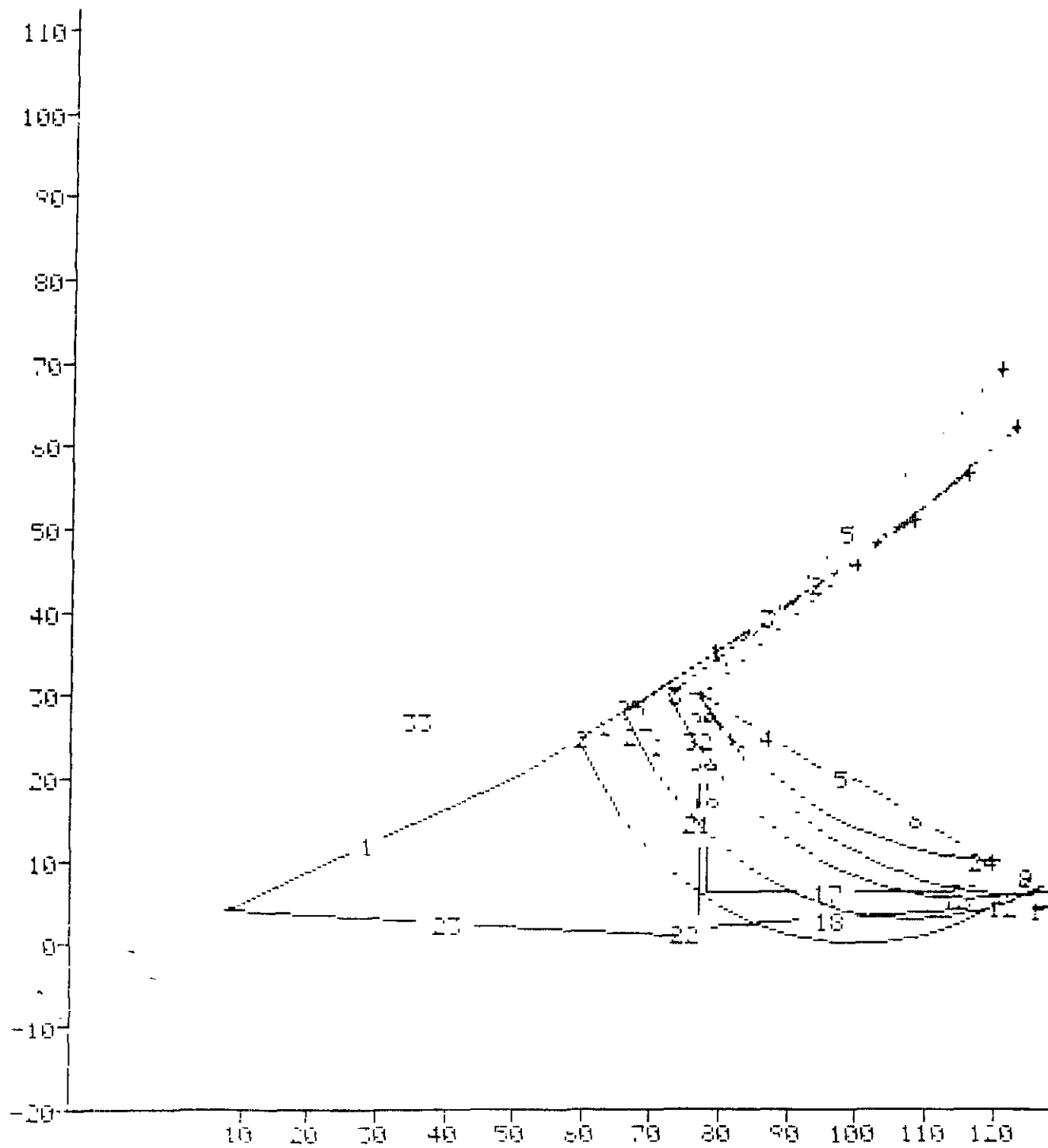
PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Caruá - Ceará

HRD.: MBOTJ

SEÇÃO COMPLETA DO TALUDE

CIRCU.	H	T	RADIO	FS
1	100.0	46.0	46.0	3.27
2	115.0	56.5	51.0	2.04
3	108.0	51.0	48.0	2.50
4	127.0	62.0	56.0	1.91
5	121.0	69.0	59.0	1.75



EM: 0 0

000087

MERTM - Muquem-Esvaziamento Rapido-Talude.Montante

GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 10 slices selected

Xmin= 10.0 Xmax= 50.0 Increment= 3.0  
 Ymin= 45.0 Ymax= 80.0 Increment= 3.0  
 Rmin= 35.0 Rmax= 70.0 Increment= 3.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.73

Found at X= 46.0, Y= 54.0, R= 35.0

X= 13.0 Y= 54.0 R= 47.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	CONESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	16.1	2.8	0.097	0.687	3.1	22	0	23	2
2	18.9	2.8	0.159	0.687	3.1	60	0	49	9
3	21.8	2.8	0.222	0.687	3.1	87	0	67	19
4	24.6	2.8	0.288	0.687	3.1	88	0	68	24
5	27.4	2.8	0.358	0.687	3.1	98	0	75	33
6	30.3	2.8	0.433	0.687	3.1	98	0	76	39
7	33.1	2.8	0.515	0.687	3.1	86	0	69	39
8	35.9	2.8	0.606	0.687	3.1	62	0	53	32
9	38.7	2.8	0.709	0.687	3.1	23	0	26	13

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Barragem Muquem

Location: Municipio de Carius - Ceara

Filename: MERTM Description: Muquem-Esvaziamento Rapido-Talude:Montante

ANALYSIS DATA

Line No	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	24.6	10.0	50.0	20.0	18.3	3.1	35	N
2	50.0	20.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	N
3	70.0	30.0	77.0	30.0	18.3	3.1	35	N
4	77.0	30.0	97.0	20.0	18.3	3.1	35	N
5	97.0	20.0	99.0	20.0	18.3	3.1	35	N
6	99.0	20.0	119.0	10.0	18.3	3.1	35	N
7	119.0	10.0	121.0	10.0	25.0	0.0	37	N
8	121.0	10.0	129.0	6.0	25.0	0.0	37	N
9	128.0	4.5	129.0	6.0	19.0	0.0	36	N
10	127.5	4.0	128.0	4.5	19.0	0.0	36	N
11	115.8	4.0	127.5	4.0	25.0	0.0	37	N
12	115.7	4.5	128.0	4.5	22.8	0.0	36	N
13	114.5	6.0	115.7	4.5	22.8	0.0	36	N
14	114.5	6.0	118.0	10.0	25.0	0.0	37	N
15	114.0	6.2	118.0	10.0	19.0	0.0	36	N
16	118.0	10.0	118.5	10.0	19.0	0.0	36	N
17	78.0	6.2	114.0	6.2	22.8	0.0	36	N
18	77.0	2.0	115.8	4.0	25.0	0.0	37	N
19	78.0	6.2	78.1	27.0	18.3	3.1	35	N
20	77.1	27.0	78.1	27.0	19.0	0.0	36	N
21	77.0	2.0	77.1	27.0	22.8	0.0	36	N
22	73.5	1.0	77.0	2.0	25.0	0.0	37	N
23	7.6	4.2	73.5	1.0	25.0	0.0	37	N
24	118.5	10.0	119.0	10.0	25.0	0.0	37	N
25	64.2	27.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	N
26	64.2	27.0	66.0	26.0	22.3	3.1	35	N
27	66.0	26.0	71.0	24.4	22.3	3.1	35	N
28	71.0	24.4	74.0	23.6	22.3	3.1	35	N
29	74.0	23.6	77.1	22.4	22.3	3.1	35	N
30	77.1	22.4	78.1	22.0	22.8	0.0	36	N
31	78.0	22.0	78.1	27.0	18.3	3.1	35	N
32	77.0	22.4	77.1	27.0	22.8	0.0	36	N
33	7.6	4.2	24.6	10.0	22.3	3.1	35	N



PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Caruaru - Ceara

HRO.: MERTM

SECHO COMPLETO DO TALUDE

CIRCU.	%	Y	RHIO	FS
1	37.0	54.0	50.0	2.27
2	30.0	59.0	55.0	2.12
3	23.0	64.0	59.0	2.02
4	15.0	69.0	64.0	2.08
5	46.0	54.0	35.0	1.73

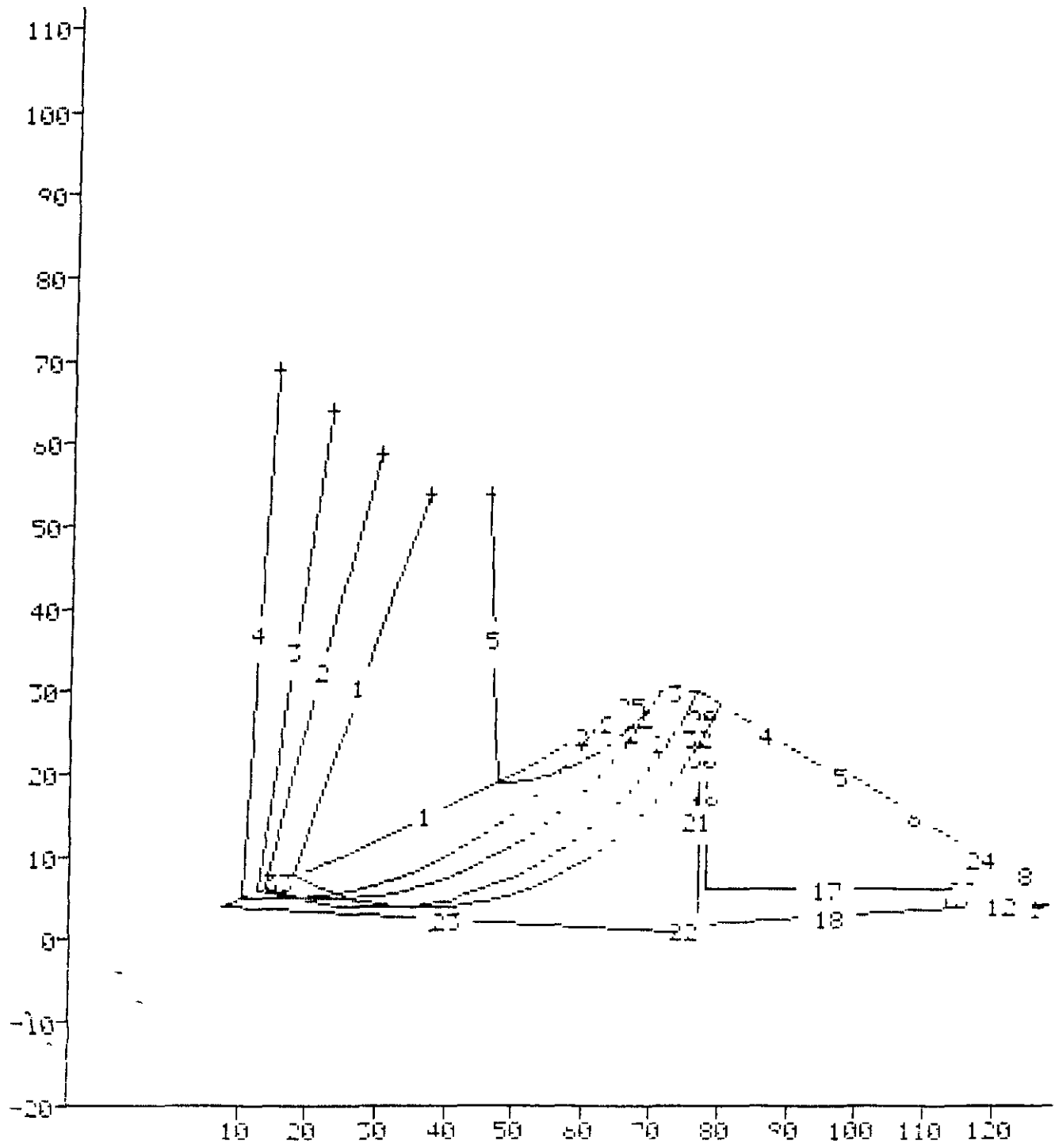


FIG. 11

000089

GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 10 slices selected

Xmin= 10.0 Xmax= 50.0 Increment= 3.0  
 Ymin= 45.0 Ymax= 80.0 Increment= 3.0  
 Rmin= 35.0 Rmax= 70.0 Increment= 3.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.11  
 Found at X= 46.0, Y= 54.0, R= 35.0

X= 13.0 Y= 54.0 R= 47.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	16.1	2.8	0.097	0.687	3.1	16	0	20	3
2	18.9	2.8	0.159	0.687	3.1	45	0	38	11
3	21.8	2.8	0.222	0.687	3.1	66	0	51	20
4	24.6	2.8	0.288	0.687	3.1	81	18	49	29
5	27.4	2.8	0.358	0.687	3.1	90	20	54	38
6	30.3	2.8	0.433	0.687	3.1	90	20	54	43
7	33.1	2.8	0.515	0.687	3.1	79	17	49	42
8	35.9	2.8	0.606	0.687	3.1	57	12	38	34
9	38.7	2.8	0.709	0.687	3.1	21	5	20	14

S8-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Barragem Muquem

Location: Municipio de Carui - Ceara

Filename: MFCTMCS Description: Muquem-Final Const.Talude:Montante-CS=0,10

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Ru
1	24.6	10.0	50.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
2	50.0	20.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
3	70.0	30.0	77.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
4	77.0	30.0	97.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
5	97.0	20.0	99.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
6	99.0	20.0	119.0	10.0	18.3	3.1	35	0.20
7	119.0	10.0	121.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
8	121.0	10.0	129.0	6.0	25.0	0.0	37	0.00
9	128.0	4.5	129.0	6.0	19.0	0.0	36	0.00
10	127.5	4.0	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
11	115.8	4.0	127.5	4.0	25.0	0.0	37	0.00
12	115.7	4.5	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
13	114.5	6.0	115.7	4.5	19.0	0.0	36	0.00
14	114.5	6.0	118.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
15	114.0	6.2	118.0	10.0	19.0	0.0	36	0.00
16	118.0	10.0	118.5	10.0	19.0	0.0	36	0.00
17	78.0	6.2	114.0	6.2	19.0	0.0	36	0.00
18	77.0	2.0	115.8	4.0	25.0	0.0	37	0.00
19	78.0	6.2	78.1	27.0	18.3	3.1	35	0.20
20	77.1	27.0	78.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
21	77.0	2.0	77.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
22	73.5	1.0	77.0	2.0	25.0	0.0	37	0.00
23	7.6	4.2	73.5	1.0	25.0	0.0	37	0.00
24	118.5	10.0	119.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
25	7.6	4.2	24.6	10.0	18.3	3.1	35	0.00

Horizontal earthquake coefficient = 0.08

Vertical earthquake coefficient = 0.08

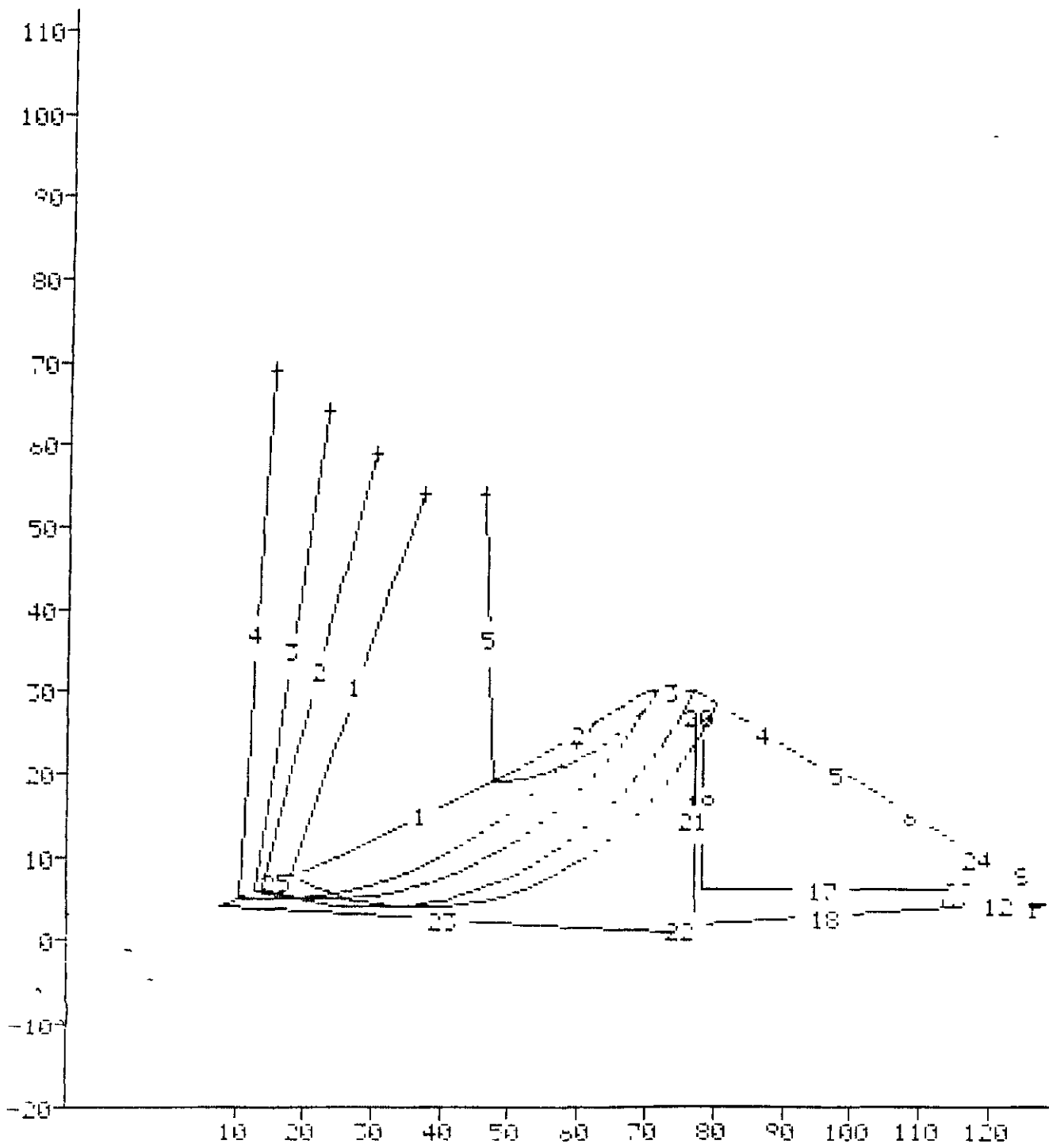
Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Caruz - Ceara

HRD.: MFCTMCS SECCAO COMPLETA DO TALUDE

CIRCU.	H	V	RAIO	FS
1	37.0	54.0	50.0	1.44
2	30.0	59.0	55.0	1.33
3	23.0	64.0	59.0	1.26
4	15.0	69.0	64.0	1.31
5	46.0	54.0	35.0	1.11



GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 10 slices selected

Xmin= 95.0 Xmax= 130.0 Increment= 3.0  
 Ymin= 45.0 Ymax= 70.0 Increment= 3.0  
 Rmin= 35.0 Rmax= 70.0 Increment= 3.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.08  
 Found at X= 119.0, Y= 69.0, R= 59.0

X= 98.0 Y= 69.0 R= 47.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	71.8	1.7	0.641	0.687	3.1	16	4	12	10
2	73.5	3.5	0.554	0.687	3.1	122	27	66	68
3	77.0	0.1	0.498	0.687	3.1	5	1	3	3
4	77.1	0.9	0.483	0.719	0.0	46	0	29	24
5	78.0	0.1	0.469	0.719	0.0	5	0	3	2
6	78.1	0.0	0.467	0.687	3.1	0	0	0	0
7	78.1	2.4	0.434	0.687	3.1	118	26	62	56
8	80.5	2.4	0.371	0.687	3.1	108	24	58	46
9	82.8	2.4	0.312	0.687	3.1	94	20	51	35
10	85.2	2.4	0.255	0.687	3.1	73	16	42	24
11	87.6	2.4	0.201	0.687	3.1	47	10	30	13
12	89.9	2.4	0.148	0.687	3.1	17	4	15	4

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Barragem Muquem  
 Location: Municipio de Caruis - Ceara  
 Filename: MFCTJCS Description: Muquem-Final Const.Talude:Jusante-CS=0,10

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Ru
1	24.6	10.0	50.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
2	50.0	20.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
3	70.0	30.0	77.0	30.0	18.3	3.1	35	0.20
4	77.0	30.0	97.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
5	97.0	20.0	99.0	20.0	18.3	3.1	35	0.20
6	99.0	20.0	119.0	10.0	18.3	3.1	35	0.20
7	119.0	10.0	121.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
8	121.0	10.0	129.0	6.0	25.0	0.0	37	0.00
9	128.0	4.5	129.0	6.0	19.0	0.0	36	0.00
10	127.5	4.0	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
11	115.8	4.0	127.5	4.0	25.0	0.0	37	0.00
12	115.7	4.5	128.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
13	114.5	6.0	115.7	4.5	19.0	0.0	36	0.00
14	114.5	6.0	118.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
15	114.0	6.2	118.0	10.0	19.0	0.0	36	0.00
16	118.0	10.0	118.5	10.0	19.0	0.0	36	0.00
17	78.0	6.2	114.0	6.2	19.0	0.0	36	0.00
18	77.0	2.0	115.8	4.0	25.0	0.0	37	0.00
19	78.0	6.2	78.1	27.0	18.3	3.1	35	0.20
20	77.1	27.0	78.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
21	77.0	2.0	77.1	27.0	19.0	0.0	36	0.00
22	73.5	1.0	77.0	2.0	25.0	0.0	37	0.00
23	7.6	4.2	73.5	1.0	25.0	0.0	37	0.00
24	118.5	10.0	119.0	10.0	25.0	0.0	37	0.00
25	7.6	4.2	24.6	10.0	18.3	3.1	35	0.00

Horizontal earthquake coefficient = 0.08  
 Vertical earthquake coefficient = 0.08

000092

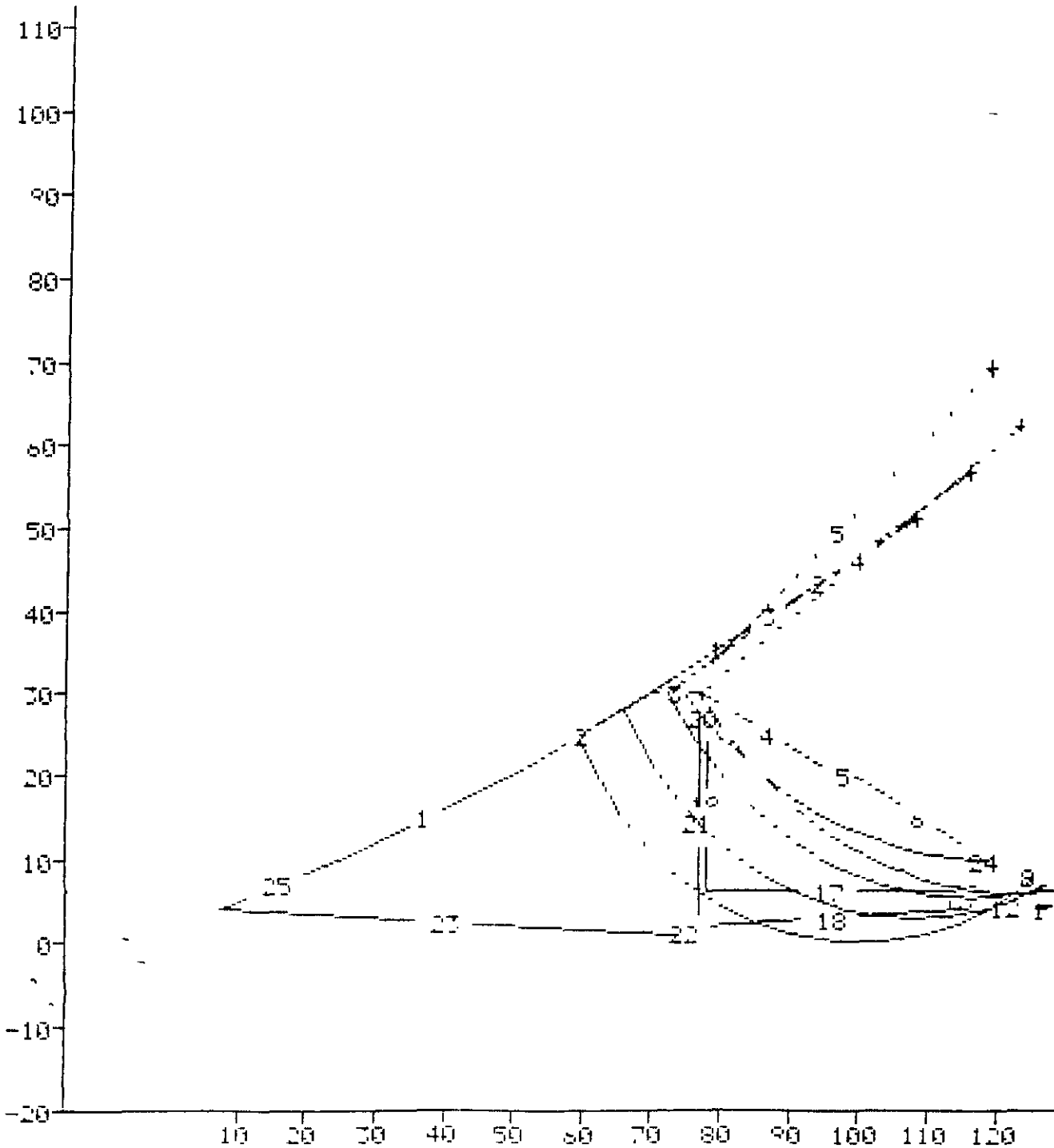
Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Carua - Ceara

ARD.: MFCTJCS SECHO COMPLETEM DO TALUDE

CIRCU.	r	Y	RHIO	F5
1	100.0	46.0	46.0	2.59
2	116.0	56.5	51.0	1.37
3	108.0	51.0	48.0	1.83
4	123.0	62.0	56.0	1.25
5	119.0	69.0	59.0	1.08



GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 10 slices selected

Xmin: 95.0 Xmax: 130.0 Increment: 3.0  
 Ymin: 45.0 Ymax: 70.0 Increment: 3.0  
 Rmin: 35.0 Rmax: 70.0 Increment: 3.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.43  
 Found at X= 119.0, Y= 69.0, R= 59.0

X= 98.0 Y= 69.0 R= 47.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	71.8	1.7	0.641	0.687	3.1	16	0	15	10
2	73.5	0.5	0.602	0.687	3.1	11	0	8	6
3	74.0	3.0	0.546	0.687	3.1	113	0	79	62
4	77.0	0.0	0.499	0.687	3.1	0	0	0	0
5	77.0	0.1	0.498	0.687	3.1	4	0	3	2
6	77.1	0.0	0.497	0.687	3.1	1	0	1	0
7	77.1	0.0	0.496	0.727	0.0	0	0	0	0
8	77.1	0.9	0.483	0.719	0.0	46	0	30	24
9	78.0	0.0	0.470	0.719	0.0	0	0	0	0
10	78.0	0.1	0.469	0.719	0.0	4	0	2	2
11	78.1	0.0	0.468	0.719	0.0	1	0	0	0
12	78.1	0.0	0.468	0.700	3.1	0	0	0	0
13	78.1	0.0	0.467	0.687	3.1	0	0	0	0
14	78.1	2.4	0.434	0.687	3.1	118	0	80	56
15	80.5	2.4	0.371	0.687	3.1	108	0	75	46
16	82.8	2.4	0.312	0.687	3.1	94	0	66	35
17	85.2	2.4	0.255	0.687	3.1	73	0	53	24
18	87.6	2.4	0.201	0.687	3.1	47	0	37	13
19	89.9	2.4	0.148	0.687	3.1	17	0	18	4

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Barragem Muquem

Location: Municipio de Carpius - Ceara

Filename: M80TJCS Description: Muquem-Barragem Operacao-Talude-Jusante-CS

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	7.6	4.2	50.0	20.0	18.3	3.1	35	N
2	50.0	20.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	N
3	70.0	30.0	77.0	30.0	18.3	3.1	35	N
4	77.0	30.0	97.0	20.0	18.3	3.1	35	N
5	97.0	20.0	99.0	20.0	18.3	3.1	35	N
6	99.0	20.0	119.0	10.0	18.3	3.1	35	N
7	119.0	10.0	121.0	10.0	25.0	0.0	37	N
8	121.0	10.0	129.0	6.0	25.0	0.0	37	N
9	128.0	4.5	129.0	6.0	19.0	0.0	36	N
10	127.5	4.0	128.0	4.5	19.0	0.0	36	N
11	115.8	4.0	127.5	4.0	25.0	0.0	37	N
12	115.7	4.5	128.0	4.5	22.8	0.0	36	N
13	114.5	6.0	115.7	4.5	22.8	0.0	36	N
14	114.5	6.0	118.0	10.0	25.0	0.0	37	N
15	114.0	6.2	118.0	10.0	19.0	0.0	36	N
16	118.0	10.0	118.5	10.0	19.0	0.0	36	N
17	78.0	6.2	114.0	6.2	22.8	0.0	36	N
18	77.0	2.0	115.8	4.0	25.0	0.0	37	N
19	78.0	6.2	78.1	27.0	18.3	3.1	35	N
20	77.1	27.0	78.1	27.0	19.0	0.0	36	N
21	77.0	2.0	77.1	27.0	22.8	0.0	36	N
22	73.5	1.0	77.0	2.0	25.0	0.0	37	N
23	7.6	4.2	73.5	1.0	25.0	0.0	37	N
24	118.5	10.0	119.0	10.0	25.0	0.0	37	N
25	64.2	27.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	N
26	64.2	27.0	66.0	26.0	22.3	3.1	35	N
27	66.0	26.0	71.0	24.4	22.3	3.1	35	N
28	71.0	24.4	74.0	23.6	22.3	3.1	35	N
29	74.0	23.6	77.1	22.4	22.3	3.1	35	N
30	77.1	22.4	78.1	22.0	22.8	0.0	36	N
31	78.0	22.0	78.1	27.0	18.3	3.1	35	N
32	77.0	22.4	77.1	27.0	22.8	0.0	36	N
33	7.6	27.0	64.2	27.0	Free water line			

Horizontal earthquake coefficient = 0.08  
 Vertical earthquake coefficient = 0.08

000094

TALUDE

14

Metodo de BISHOP Simplificado

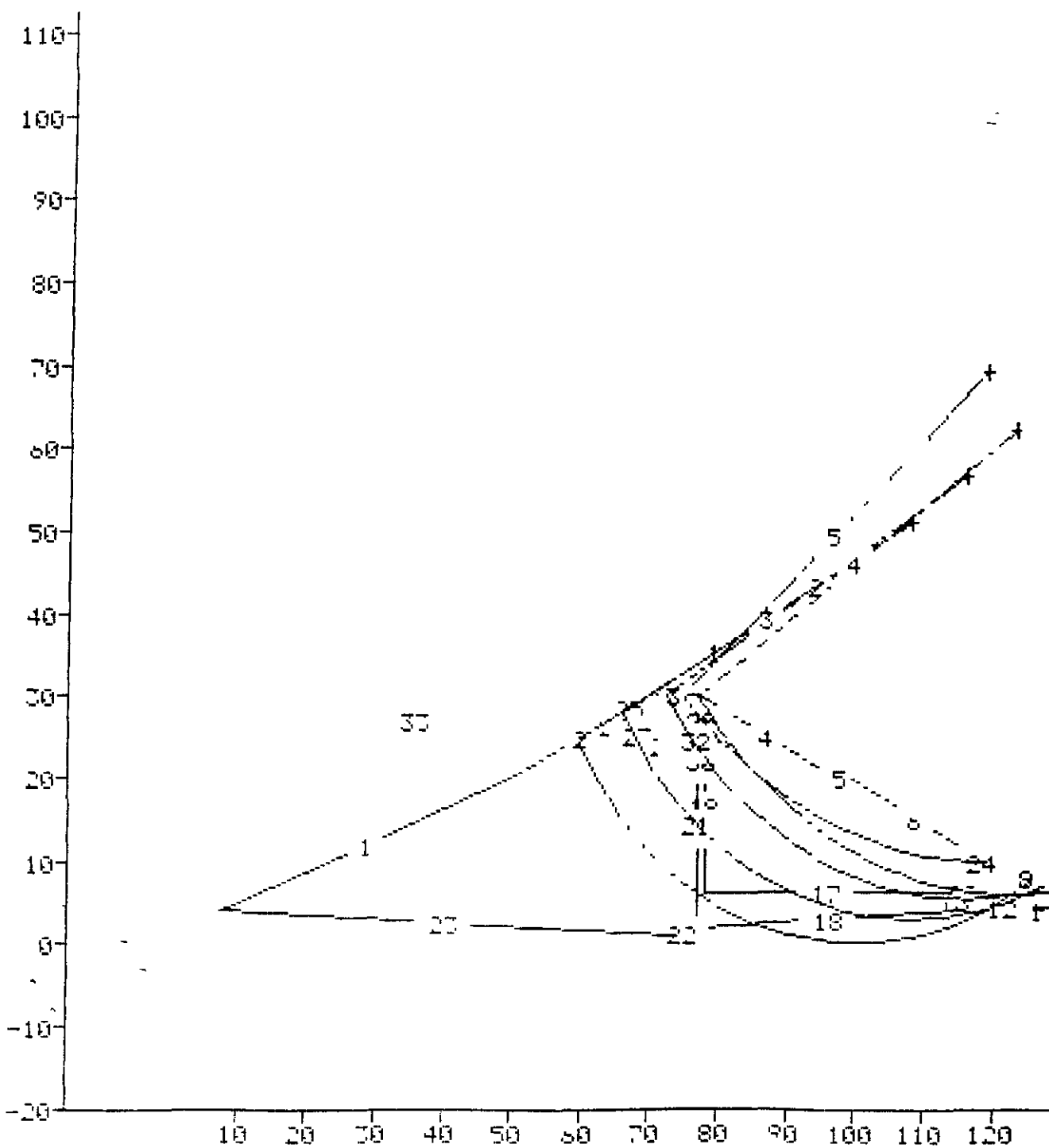
PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Carua - Ceara

HRD.: MEOTJCS

SECO COMPLETA DO TALUDE

CIRCU.	H	V	RAIO	FS
1	100.0	48.0	48.0	2.55
2	116.0	56.5	51.0	1.65
3	108.0	51.0	48.0	2.01
4	123.0	62.0	56.0	1.55
5	119.0	69.0	59.0	1.43



EIXO X

000095

GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 10 slices selected

Xmin= 10.0 Xmax= 50.0 Increment= 3.0  
 Ymin= 45.0 Ymax= 80.0 Increment= 3.0  
 Amin= 35.0 Rmax= 70.0 Increment= 3.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.44  
 Found at X= 46.0, Y= 54.0, R= 35.0

X= 13.0 Y= 54.0 R= 47.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	16.1	2.8	0.097	0.687	3.1	20	0	22	4
2	18.9	2.8	0.159	0.687	3.1	55	0	45	13
3	21.8	2.8	0.222	0.687	3.1	80	0	61	24
4	24.6	2.8	0.288	0.687	3.1	81	0	62	29
5	27.4	2.8	0.358	0.687	3.1	90	0	68	38
6	30.3	2.8	0.433	0.687	3.1	90	0	68	43
7	33.1	2.8	0.515	0.687	3.1	79	0	62	42
8	35.9	2.8	0.606	0.687	3.1	57	0	48	34
9	38.7	2.8	0.709	0.687	3.1	21	0	24	14

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Barragem Muquem  
 Location: Municipio de Carus - Ceara  
 Filename: MERTMCS Description: Muquem-Esv.Rapido-Talude:Montante-CS=0,08

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	24.6	10.0	50.0	20.0	18.3	3.1	35	N
2	50.0	20.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	N
3	70.0	30.0	77.0	30.0	18.3	3.1	35	N
4	77.0	30.0	97.0	20.0	18.3	3.1	35	N
5	97.0	20.0	99.0	20.0	18.3	3.1	35	N
6	99.0	20.0	119.0	10.0	18.3	3.1	35	N
7	119.0	10.0	121.0	10.0	25.0	0.0	37	N
8	121.0	10.0	129.0	6.0	25.0	0.0	37	N
9	128.0	4.5	129.0	6.0	19.0	0.0	36	N
10	127.5	4.0	128.0	4.5	19.0	0.0	36	N
11	115.8	4.0	127.5	4.0	25.0	0.0	37	N
12	115.7	4.5	128.0	4.5	22.8	0.0	36	N
13	114.5	6.0	115.7	4.5	22.8	0.0	36	N
14	114.5	6.0	118.0	10.0	25.0	0.0	37	N
15	114.0	6.2	118.0	10.0	19.0	0.0	36	N
16	118.0	10.0	118.5	10.0	19.0	0.0	36	N
17	78.0	6.2	114.0	6.2	22.8	0.0	36	N
18	77.0	2.0	115.8	4.0	25.0	0.0	37	N
19	78.0	6.2	78.1	27.0	18.3	3.1	35	N
20	77.1	27.0	78.1	27.0	19.0	0.0	36	N
21	77.0	2.0	77.1	27.0	22.8	0.0	36	N
22	73.5	1.0	77.0	2.0	25.0	0.0	37	N
23	7.6	4.2	73.5	1.0	25.0	0.0	37	N
24	118.5	10.0	119.0	10.0	25.0	0.0	37	N
25	64.2	27.0	70.0	30.0	18.3	3.1	35	N
26	64.2	27.0	66.0	26.0	22.3	3.1	35	N
27	66.0	26.0	71.0	24.4	22.3	3.1	35	N
28	71.0	24.4	74.0	23.6	22.3	3.1	35	N
29	74.0	23.6	77.1	22.4	22.3	3.1	35	N
30	77.1	22.4	78.1	22.0	22.8	0.0	36	N
31	78.0	22.0	78.1	27.0	18.3	3.1	35	N
32	77.0	22.4	77.1	27.0	22.8	0.0	36	N
33	7.6	4.2	24.6	10.0	22.3	3.1	35	N

Horizontal earthquake coefficient = 0.08  
 Vertical earthquake coefficient = 0.08



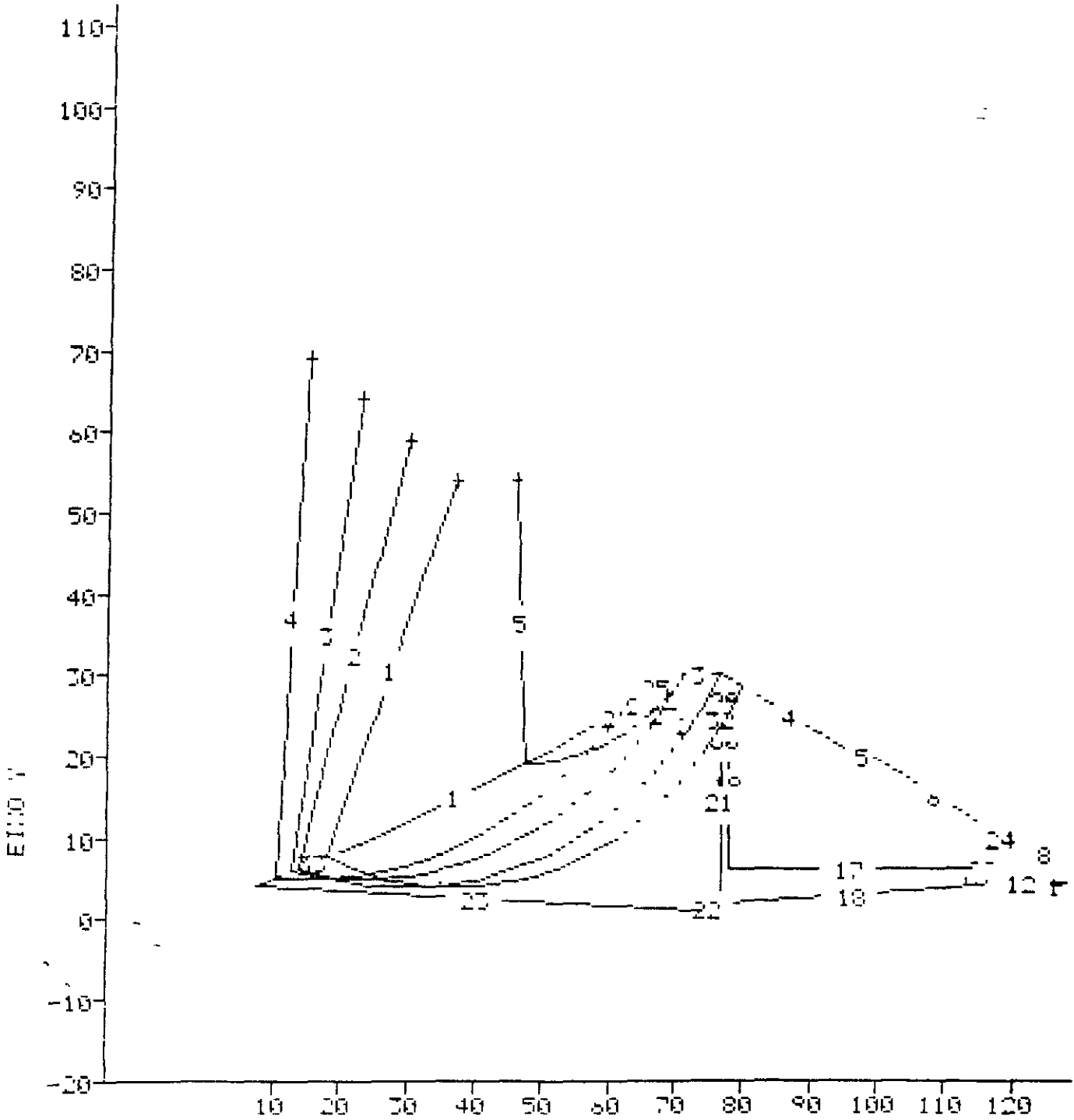
Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem Muquem

LOCAL : Municipio de Carua - Ceara

ARO.: NERTMOS SECHO COMPLETE DO TALUDE

CIRCU.	X	Y	RAIO	FS
1	37.0	54.0	50.0	1.83
2	30.0	59.0	55.0	1.71
3	27.0	64.0	59.0	1.63
4	15.0	69.0	64.0	1.56
5	46.0	54.0	35.0	1.44



**PROJETO EXECUTIVO  
DA  
BARRAGEM MUQUEM**

**ANEXO 2 : PLANILHAS DE CÁLCULO DA  
ESTABILIDADE DA BARRAGEM AUXILIAR "C"**

GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 40 slices selected

Xmin= 40.0 Ymax= 50.0 Increment= 2.0

Ymin= 22.0 Ymax= 32.0 Increment= 2.0

Rmin= 20.0 Rmax= 30.0 Increment= 1.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.79

Found at X= 42.0, Y= 32.0, R= 25.0

X= 42.0 Y= 32.0 R= 25.0

Slice	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESSION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	29.7	0.3	0.711	0.687	3.1	1	0	1	0
2	30.0	0.3	0.692	0.687	3.1	0	0	1	0
3	30.3	0.3	0.680	0.687	3.1	1	0	1	0
4	30.6	0.3	0.665	0.687	3.1	1	0	1	1
5	30.9	0.3	0.650	0.687	3.1	1	0	1	1
6	31.2	0.3	0.636	0.687	3.1	1	0	1	1
7	31.5	0.3	0.622	0.687	3.1	1	0	1	1
8	31.8	0.3	0.611	0.687	3.1	1	0	1	0
9	32.1	0.3	0.601	0.687	3.1	1	0	1	1
10	32.4	0.3	0.587	0.687	3.1	1	0	1	1
11	32.7	0.3	0.574	0.687	3.1	1	0	1	1
12	33.0	0.3	0.562	0.687	3.1	1	0	1	1
13	33.3	0.3	0.549	0.687	3.1	1	0	1	1
14	33.6	0.3	0.537	0.687	3.1	1	0	1	1
15	33.9	0.3	0.524	0.687	3.1	2	0	1	1
16	34.2	0.3	0.512	0.687	3.1	2	0	1	1
17	34.5	0.3	0.501	0.687	3.1	2	0	1	1
18	34.8	0.3	0.489	0.687	3.1	2	0	1	1
19	35.1	0.3	0.477	0.687	3.1	2	0	1	1
20	35.4	0.3	0.466	0.687	3.1	1	0	1	1
21	35.7	0.3	0.455	0.687	3.1	1	0	1	1
22	36.0	0.3	0.444	0.687	3.1	1	0	1	1
23	36.3	0.3	0.433	0.687	3.1	1	0	1	1
24	36.6	0.3	0.422	0.687	3.1	1	0	1	1
25	36.9	0.3	0.411	0.687	3.1	1	0	1	1
26	37.2	0.3	0.401	0.687	3.1	1	0	1	0
27	37.5	0.3	0.390	0.687	3.1	1	0	1	0
28	37.8	0.3	0.380	0.687	3.1	1	0	1	0
29	38.1	0.3	0.370	0.687	3.1	1	0	1	0
30	38.4	0.3	0.359	0.687	3.1	1	0	1	0
31	38.7	0.3	0.349	0.687	3.1	1	0	1	0
32	39.0	0.3	0.339	0.687	3.1	1	0	1	0
33	39.3	0.3	0.327	0.687	3.1	1	0	1	0
34	39.6	0.3	0.320	0.687	3.1	1	0	1	0
35	39.9	0.3	0.310	0.687	3.1	1	0	1	0
36	40.2	0.3	0.301	0.687	3.1	0	0	1	0
37	40.5	0.3	0.291	0.687	3.1	0	0	1	0
38	40.8	0.3	0.282	0.687	3.1	0	0	1	0
39	41.1	0.3	0.272	0.687	3.1	0	0	1	0

The following slice has a normal force=

SR-SLOPE

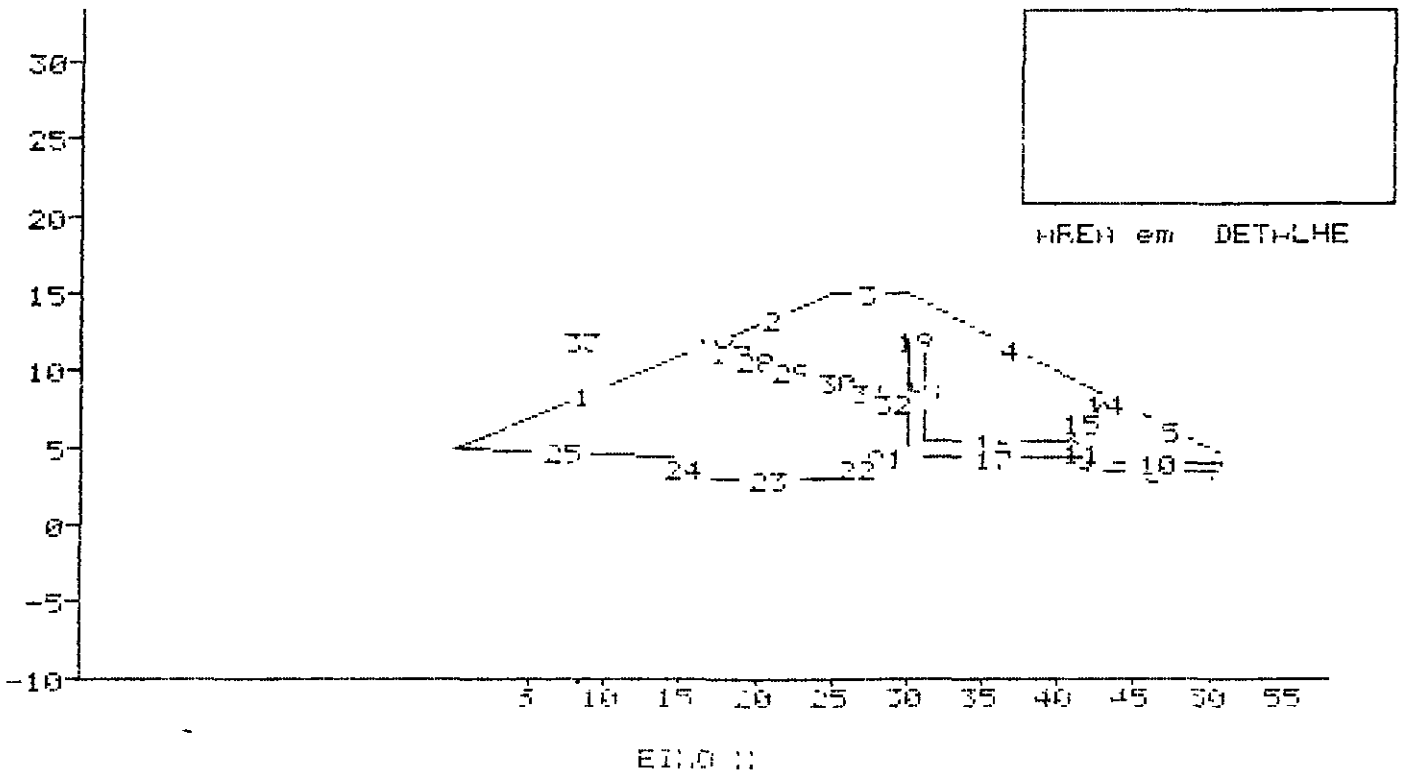
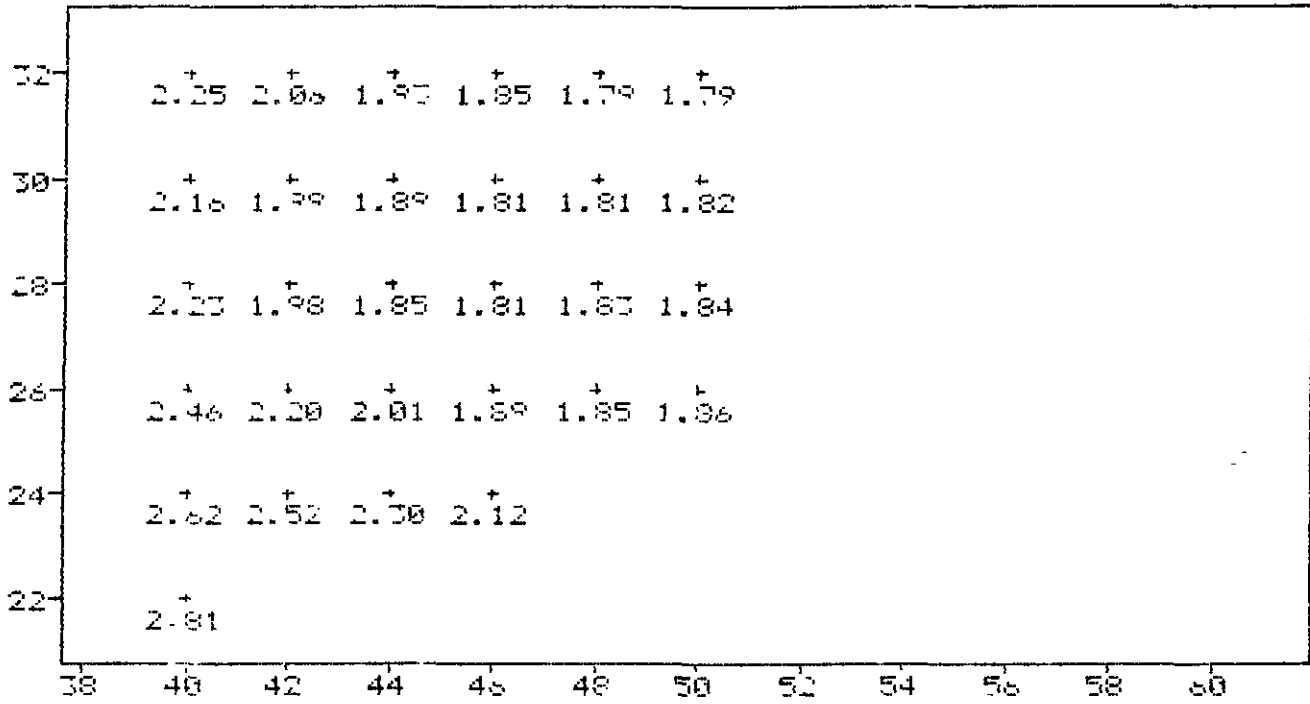
THLUDE

Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem Au 11131 do Muquem

LOCAL : Municipio de Carua-Ceara

ARG.: BAMBOTJ



# TALUDE

Metodo de BISHOP Simplificado

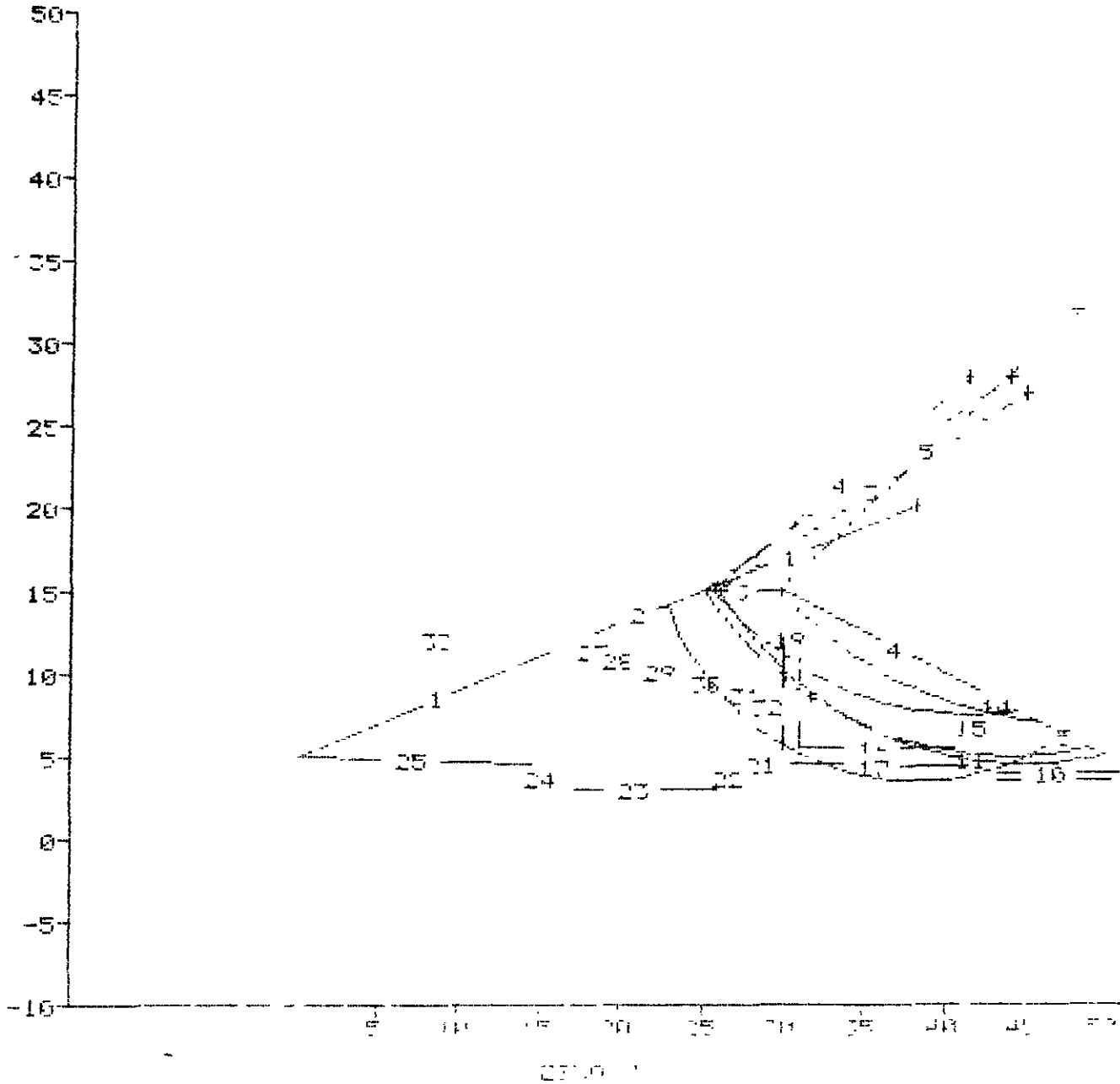
PROJETO: Barragem hidroelétrica do Muquem

LOCAL : Município de Cariri-Ceará

ARQ.: BAMBOT

SEÇÃO COMPLETA DO TALUDE

CIRCU.	X	Y	RADIO	F3
1	38.2	20.0	10.5	2.93
2	44.0	28.0	27.0	2.20
3	45.0	27.0	22.5	2.10
4	41.5	28.0	20.5	2.09
5	40.0	22.0	15.0	1.79



000101

## PROJECT DATA

Project: Barragem Auxiliar de Mucuba

Location: Municipio de Caruaru-Ceara

Filename: SAMROTJ Description: Barragem em Operacao - Talude de Jusante

## ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density $\gamma$ (kN/cu.m)	Cohesion $c$ (kPa)	Phi $\phi$ (Deg)	Phreatic Line
1	0.0	5.0	17.5	12.0	18.0	3.1	35	N
2	17.5	12.0	25.0	15.0	18.0	3.1	35	N
3	25.0	15.0	30.0	15.0	18.0	3.1	35	N
4	30.0	15.0	44.0	8.0	18.0	3.1	35	N
5	44.0	8.0	51.2	4.4	25.0	0.0	37	N
6	51.2	4.4	51.2	4.4	19.0	0.0	36	N
7	51.2	3.5	50.3	4.0	19.0	0.0	36	N
8	42.4	3.5	50.3	3.5	19.0	0.0	36	N
9	41.5	4.4	42.4	3.5	19.0	0.0	35	N
10	42.5	4.0	50.3	4.0	19.0	0.0	36	N
11	41.5	5.5	42.5	4.0	19.0	0.0	35	N
12	41.5	5.5	43.5	8.0	25.0	0.0	37	N
13	43.5	8.0	44.0	8.0	25.0	0.0	37	N
14	43.5	9.0	43.5	8.0	19.0	0.0	36	N
15	40.5	5.5	43.0	8.0	19.0	0.0	36	N
16	31.0	5.5	40.5	5.5	19.0	0.0	36	N
17	30.0	4.5	41.5	4.4	19.0	0.0	35	N
18	31.0	5.5	31.1	12.0	18.0	3.1	35	N
19	30.0	12.0	31.1	12.0	19.0	0.0	36	N
20	30.0	4.5	30.1	12.0	19.0	0.0	36	N
21	27.5	4.5	30.0	4.5	19.0	0.0	36	N
22	26.0	3.0	27.5	4.5	19.0	0.0	36	N
23	16.0	3.0	26.0	3.0	25.0	0.0	37	N
24	14.5	4.5	16.0	3.0	19.0	0.0	36	N
25	0.0	5.0	14.5	4.5	19.0	0.0	35	N
26	17.5	12.0	18.0	11.7	22.7	3.1	35	Y
27	18.0	11.7	19.0	11.7	22.7	3.1	35	Y
28	19.0	11.3	21.0	10.4	22.7	3.1	35	Y
29	21.0	10.4	24.0	9.7	22.7	3.1	35	Y
30	24.0	9.7	27.0	9.0	22.7	3.1	35	Y
31	27.0	9.0	28.5	8.4	22.7	3.1	35	N
32	28.5	8.4	30.0	7.6	22.7	3.1	35	Y
33	0.0	12.0	17.5	12.0	Free water line			

PROJECT DAT-

Project: Barragem Au Lizer do Maduen

Location: Município de Barcelos-Dezra

Filename: SAMPB01.DAT Description: Barragem em Operação-Talude de Jusante-De

ANAL. SIB DAT-

Line No.	Left Z	Left Y	Right Y	Right Z	Density kN/m <sup>3</sup>	Cohesion kPa	Phi Deg	Stratific Line
1	17.5	17.5	17.5	12.0	19.0	3.1	75	N
2	17.5	12.7	25.0	15.0	19.0	3.1	75	N
3	17.5	15.0	27.0	15.0	19.0	3.1	75	N
4	17.5	15.0	44.0	3.0	19.0	3.1	75	N
5	22.0	3.0	50.0	4.0	25.0	0.0	77	N
6	50.0	4.0	50.0	4.0	15.0	0.0	75	N
7	50.0	3.5	50.0	4.0	19.0	0.0	75	N
8	40.4	3.5	50.0	3.5	19.0	0.0	75	N
9	41.5	4.4	40.4	3.5	19.0	0.0	75	N
10	40.5	4.0	50.0	4.0	19.0	0.0	75	N
11	41.0	5.0	40.5	4.0	19.0	0.0	75	N
12	41.0	5.5	40.5	5.0	25.0	0.0	77	N
13	40.5	9.0	44.0	3.0	25.0	0.0	77	N
14	17.5	3.0	43.5	3.0	19.0	0.0	75	N
15	40.5	5.5	43.0	3.0	19.0	0.0	75	N
16	41.0	5.5	40.5	5.5	19.0	0.0	75	N
17	40.0	4.5	41.5	4.4	19.0	0.0	75	N
18	40.0	5.0	41.5	12.0	19.0	3.1	75	N
19	40.0	12.0	41.5	12.0	19.0	0.0	75	N
20	40.0	4.5	40.0	12.0	19.0	0.0	75	N
21	37.5	4.5	40.0	4.5	19.0	0.0	75	N
22	22.0	3.0	37.5	4.5	19.0	0.0	75	N
23	16.0	3.0	26.0	3.0	25.0	0.0	77	N
24	14.5	4.5	16.0	3.0	19.0	0.0	75	N
25	17.5	5.0	14.5	4.5	19.0	0.0	75	N
26	17.5	12.0	15.0	10.0	25.0	3.1	75	N
27	15.0	11.0	19.0	10.0	25.0	3.1	75	N
28	15.0	11.0	21.0	10.4	25.0	3.1	75	N
29	21.0	10.4	24.0	9.0	22.0	3.1	75	N
30	21.0	9.0	27.0	9.0	22.0	3.1	75	N
31	27.0	9.0	28.5	9.4	22.0	3.1	75	N
32	28.0	3.4	30.0	3.0	22.0	3.1	75	N
33	12.0	17.5	12.0		Free water line			

Horizontal earthquake coefficient = 0.1

Vertical earthquake coefficient = 0.1

Approximate: 40 slices selected

Ymin= 40.0 Ymax= 50.0 Increment= 2.0  
 Ymin= 22.0 Ymax= 32.0 Increment= 2.0  
 Rmin= 20.0 Rmax= 30.0 Increment= 1.0

Minimum SS found during grid pattern = 1.41  
 Found at Y= 50.0 X= 30.0 R= 26.0

Y= 42.0 X= 32.0 R= 21.0

SLICE	Y-LEFT	Y-THICK	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	29.7	0.7	0.711	0.687	3.1	1	0	1	0
2	30.7	0.2	0.652	0.687	3.1	0	0	1	0
3	31.1	0.2	0.620	0.687	3.1	1	0	1	1
4	31.7	0.2	0.585	0.687	3.1	1	0	1	1
5	31.5	0.2	0.553	0.687	3.1	1	0	1	1
6	31.3	0.2	0.522	0.687	3.1	1	0	1	1
7	31.3	0.2	0.522	0.687	3.1	1	0	1	1
8	31.1	0.2	0.511	0.687	3.1	1	0	1	1
9	31.1	0.2	0.501	0.687	3.1	1	0	1	1
10	31.7	0.2	0.587	0.687	3.1	1	0	1	1
11	31.5	0.2	0.574	0.687	3.1	1	0	1	1
12	31.3	0.2	0.562	0.687	3.1	1	0	1	1
13	31.3	0.2	0.549	0.687	3.1	1	0	1	1
14	31.7	0.2	0.537	0.687	3.1	1	0	1	1
15	32.1	0.2	0.524	0.687	3.1	1	0	1	1
16	32.7	0.2	0.512	0.687	3.1	1	0	1	1
17	32.5	0.2	0.501	0.687	3.1	1	0	1	1
18	32.7	0.2	0.489	0.687	3.1	1	0	1	1
19	32.9	0.2	0.477	0.687	3.1	1	0	1	1
20	33.0	0.2	0.466	0.687	3.1	1	0	1	1
21	33.0	0.2	0.455	0.687	3.1	1	0	1	1
22	33.4	0.2	0.444	0.687	3.1	1	0	1	1
23	33.5	0.2	0.433	0.687	3.1	1	0	1	1
24	33.7	0.2	0.422	0.687	3.1	1	0	1	1
25	33.9	0.2	0.411	0.687	3.1	1	0	1	1
26	34.1	0.2	0.401	0.687	3.1	1	0	1	1
27	34.7	0.2	0.390	0.687	3.1	1	0	1	1
28	34.5	0.2	0.380	0.687	3.1	1	0	1	0
29	34.3	0.2	0.370	0.687	3.1	1	0	1	0
30	34.3	0.2	0.359	0.687	3.1	1	0	1	0
31	35.1	0.2	0.349	0.687	3.1	1	0	1	0
32	35.1	0.2	0.338	0.687	3.1	1	0	1	0
33	35.7	0.2	0.330	0.687	3.1	1	0	1	0
34	35.5	0.2	0.320	0.687	3.1	1	0	1	0
35	35.7	0.2	0.310	0.687	3.1	1	0	1	0
36	35.3	0.2	0.301	0.687	3.1	0	0	1	0
37	35.0	0.2	0.291	0.687	3.1	0	0	1	0
38	35.0	0.2	0.282	0.687	3.1	0	0	1	0
39	35.4	0.2	0.272	0.687	3.1	0	0	1	0

The following slice has a normal force=



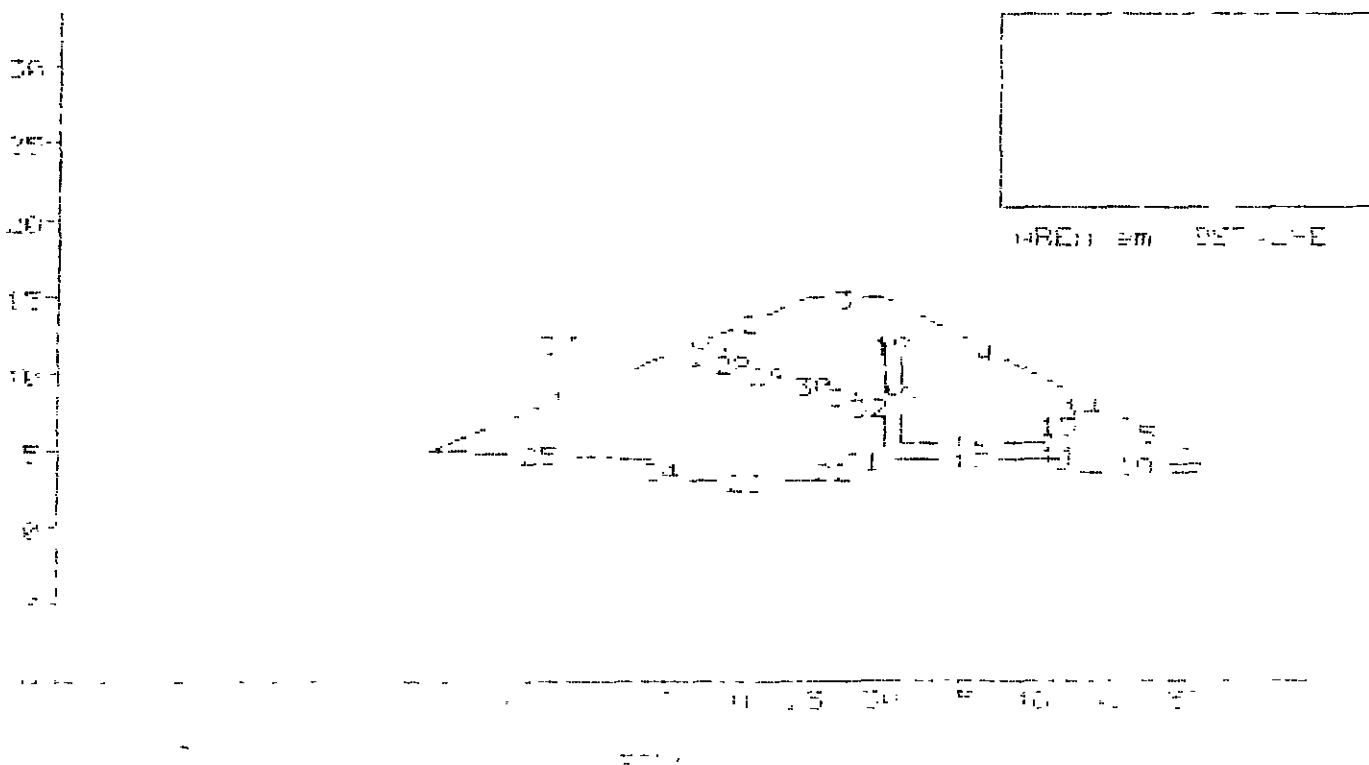
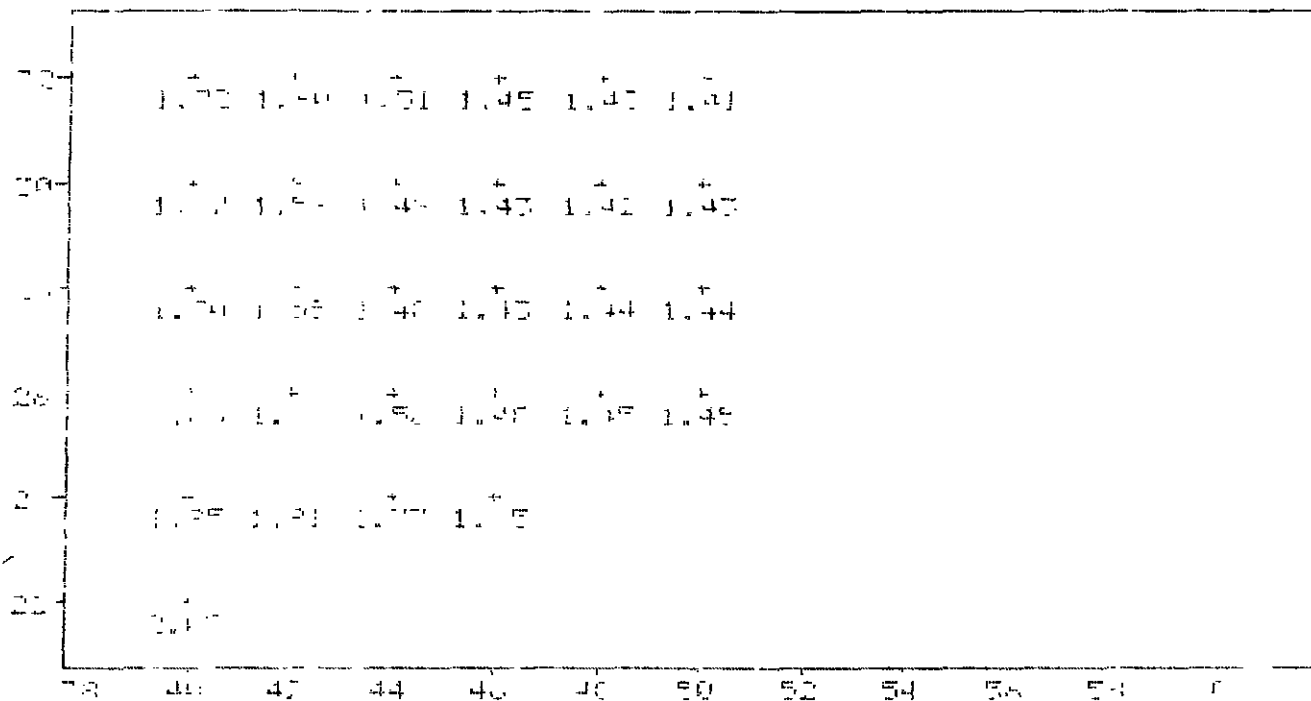
THLUDE

Método de BISHOP Simplificado

APROXIM: Base sobre solo firme do tipo arenoso

Limite de estabilidade de segurança = 1,30

PROJ: BRUNO TIT



### TALUDE

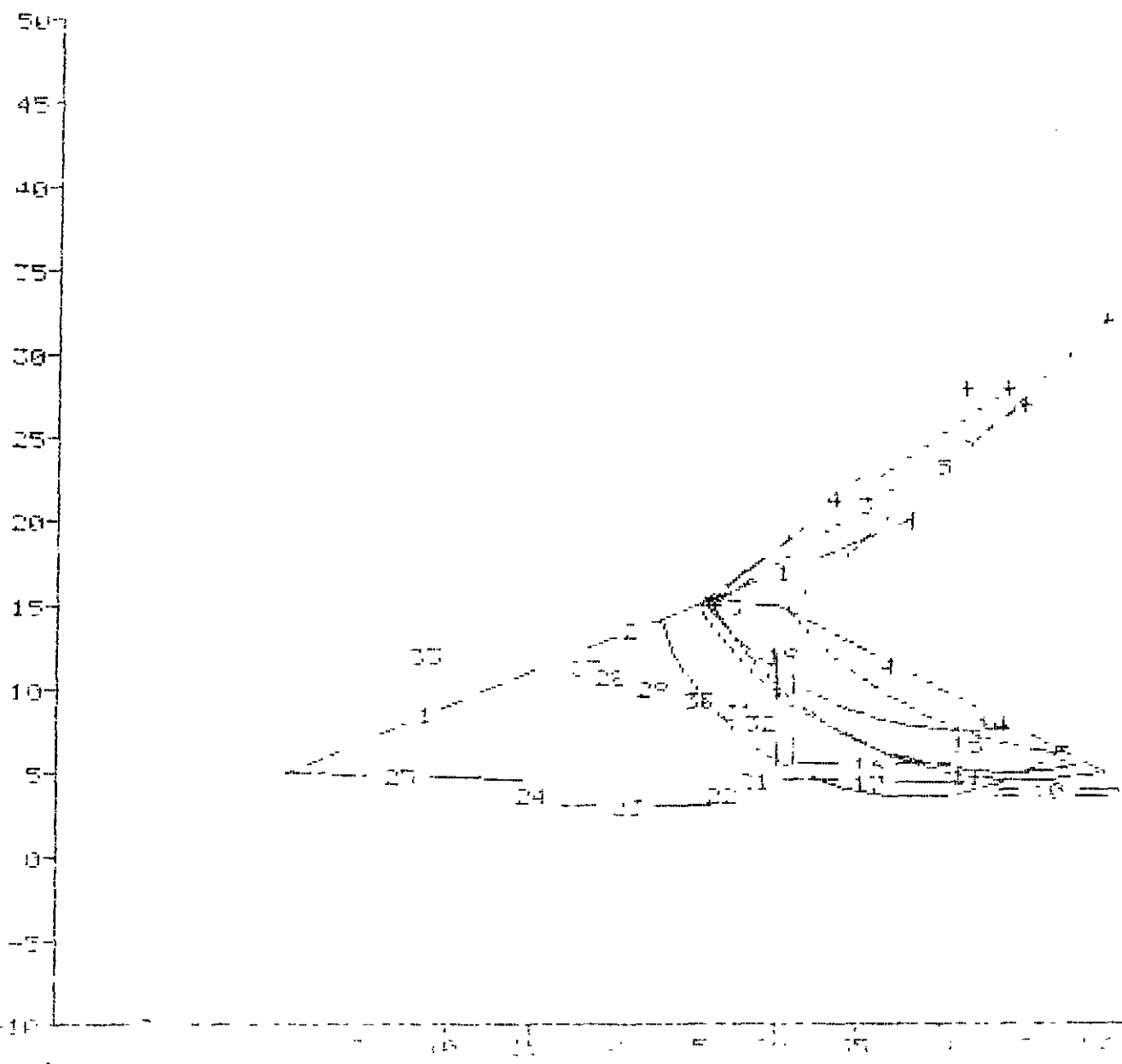
Método de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem do Ilhéu do Mique

LOCAL: Município de Caldas-Caldas

PROJ: PAMDOT-IT SEÇÃO COMPLETA DO TALUDE

PIRELL	r	r'	RAIO	FS
1	78.2	20.0	18.5	2.19
2	44.0	29.0	23.0	1.38
3	45.0	17.0	22.5	1.66
4	41.5	28.0	24.5	1.00
5	40.8	32.0	26.0	1.11



PROJECT DATA

Project: Barragem Auxiliar de Mucuna

Location: Municipio de Cariri-Ceara

Filename: BAMBQTM Description: Barragem em Operacao-Tabule de Montante-Cs

ANAL ESE DATA

Line No.	Left	Left m	Right	Right	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1		5.0	17.5	12.7	19.0	3.1	35	N
2	17.5	12.7	25.0	15.0	18.0	3.1	35	N
3	25.0	15.0	30.0	15.0	18.0	3.1	35	N
4	30.0	15.0	41.0	3.0	18.0	3.1	35	N
5	44.0	9.0	51.0	4.4	25.0	0.0	37	Y
6	50.0	4.0	51.0	4.4	19.0	0.0	36	N
7	50.0	3.5	50.0	4.0	19.0	0.0	36	N
8	42.4	3.5	50.0	3.5	19.0	0.0	36	N
9	41.5	4.4	42.4	3.5	19.0	0.0	36	N
10	40.5	4.0	50.0	4.0	19.0	0.0	36	N
11	41.0	5.5	42.5	4.4	19.0	0.0	36	N
12	41.0	5.5	43.5	3.0	25.0	0.0	37	N
13	43.5	8.4	44.0	3.0	25.0	0.0	37	N
14	43.0	3.0	47.5	3.0	19.0	0.0	36	N
15	40.5	5.5	43.0	3.0	19.0	0.0	36	N
16	31.0	5.5	40.5	5.5	19.0	0.0	36	N
17	30.0	4.5	41.5	4.4	19.0	0.0	36	N
18	31.0	5.5	31.0	12.0	18.0	3.1	35	N
19	30.0	12.0	31.0	12.0	19.0	0.0	36	N
20	30.0	4.5	30.0	12.0	19.0	0.0	36	N
21	27.5	4.5	30.0	4.5	19.0	0.0	36	N
22	25.0	3.0	27.5	4.5	19.0	0.0	36	N
23	16.0	3.0	25.0	3.0	25.0	0.0	37	N
24	14.5	4.5	16.0	3.0	19.0	0.0	36	N
25	0.0	5.0	14.5	4.5	19.0	0.0	36	N
26	17.5	12.0	18.0	11.0	22.0	3.1	35	Y
27	18.0	11.0	18.0	11.0	22.0	3.1	35	Y
28	19.0	11.0	21.0	10.4	22.0	3.1	35	Y
29	21.0	10.4	24.0	9.0	22.0	3.1	35	Y
30	24.0	9.0	27.0	9.0	22.0	3.1	35	Y
31	27.0	8.0	28.5	8.4	22.0	3.1	35	N
32	28.5	8.4	30.0	7.5	22.0	3.1	35	Y
33	0.0	12.0	37.5	12.0	Free water line			

Horizontal earthquake coefficient = 0.1

Vertical earthquake coefficient = 0.1

Approximately 40 slices selected

Ymin= 5.0 Ymax= 20.0 Increment= 2.0

Xmin= 20.0 Xmax= 40.0 Increment= 2.0

Rmin= 15.0 Rmax= 30.0 Increment= 1.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.21

Found at X= 7.0, Y= 24.0, R= 16.0

X= 7.0 Y= 24.0 R= 16.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	7.5	0.3	0.041	0.687	3.1	9	10	0	-4
2	7.8	0.3	0.057	0.687	3.1	9	10	0	-7
3	8.0	0.2	0.073	0.687	3.1	9	10	0	-3
4	8.3	0.3	0.089	0.687	3.1	10	10	1	-7
5	8.6	0.3	0.106	0.687	3.1	10	10	1	-2
6	8.9	0.3	0.122	0.687	3.1	10	10	1	-2
7	9.1	0.3	0.139	0.687	3.1	10	10	1	-2
8	9.3	0.3	0.156	0.687	3.1	10	10	1	-1
9	9.6	0.3	0.172	0.687	3.1	10	10	1	-1
10	9.9	0.3	0.189	0.687	3.1	10	9	1	-1
11	10.1	0.3	0.206	0.687	3.1	10	9	1	-0
12	10.4	0.3	0.224	0.687	3.1	10	9	1	-0
13	10.6	0.3	0.241	0.687	3.1	10	9	1	0
14	10.9	0.3	0.259	0.687	3.1	10	9	1	0
15	11.1	0.3	0.277	0.687	3.1	10	9	1	1
16	11.4	0.3	0.295	0.687	3.1	9	8	1	1
17	11.7	0.3	0.313	0.687	3.1	9	8	1	1
18	11.9	0.3	0.332	0.687	3.1	9	8	2	1
19	12.2	0.3	0.351	0.687	3.1	9	8	2	2
20	12.4	0.3	0.371	0.687	3.1	9	8	2	2
21	12.7	0.3	0.391	0.687	3.1	9	7	2	2
22	12.9	0.3	0.411	0.687	3.1	8	7	2	2
23	13.2	0.3	0.431	0.687	3.1	8	7	2	2
24	13.5	0.3	0.452	0.687	3.1	8	7	2	2
25	13.7	0.3	0.474	0.687	3.1	8	6	2	2
26	14.0	0.3	0.496	0.687	3.1	7	6	2	2
27	14.2	0.3	0.519	0.687	3.1	7	6	2	2
28	14.5	0.3	0.544	0.687	3.1	7	6	2	3
29	14.8	0.3	0.573	0.687	3.1	7	6	2	3
30	15.1	0.3	0.602	0.687	3.1	6	5	2	3
31	15.4	0.3	0.632	0.687	3.1	6	4	2	3
32	15.7	0.3	0.664	0.687	3.1	5	4	2	2
33	16.0	0.3	0.697	0.687	3.1	4	3	2	2
34	16.3	0.3	0.732	0.687	3.1	3	3	2	2
35	16.6	0.3	0.769	0.687	3.1	3	2	1	2
36	16.9	0.3	0.807	0.687	3.1	2	1	1	1
37	17.2	0.3	0.848	0.687	3.1	1	1	1	1
38	17.5	0.0	0.872	0.687	3.1	0	0	0	0
The following slice has a neutral force=									
39	17.5	0.1	0.883	0.687	3.1	0	0	0	0

SS-SLOPE

000108

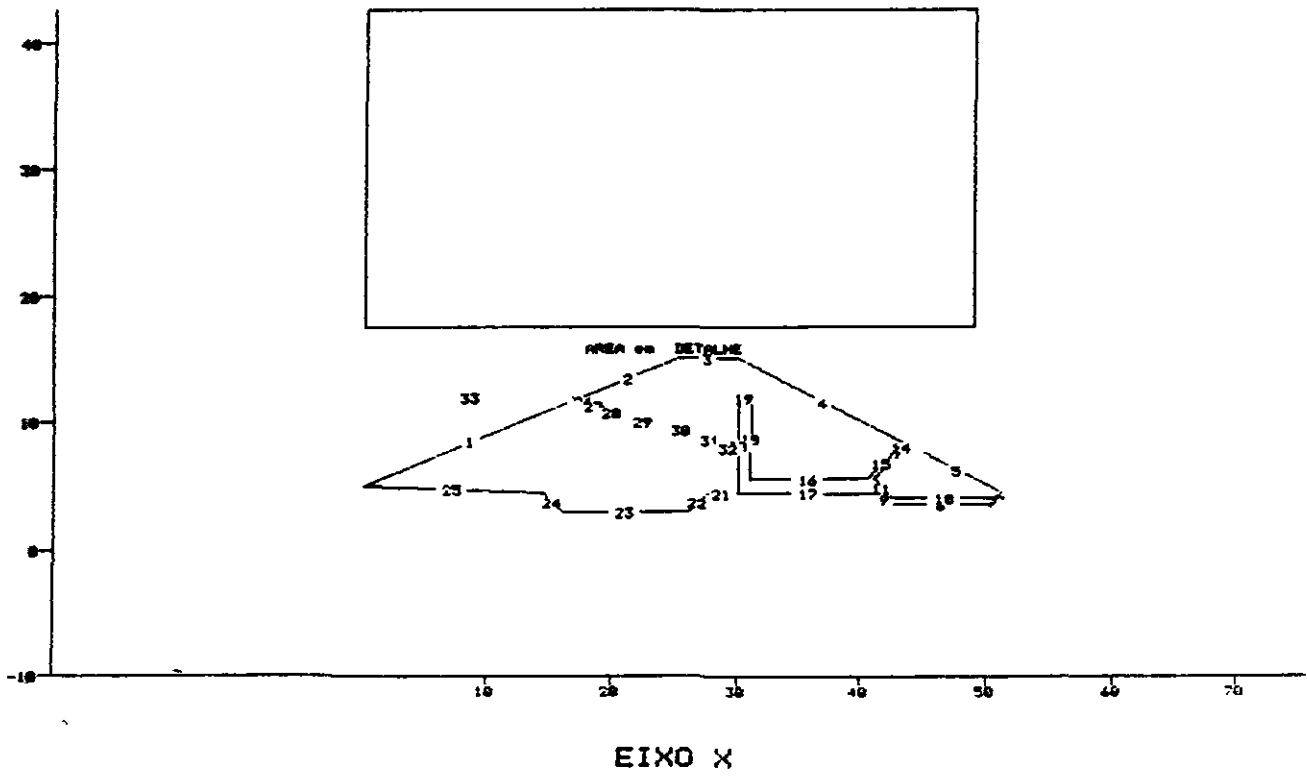
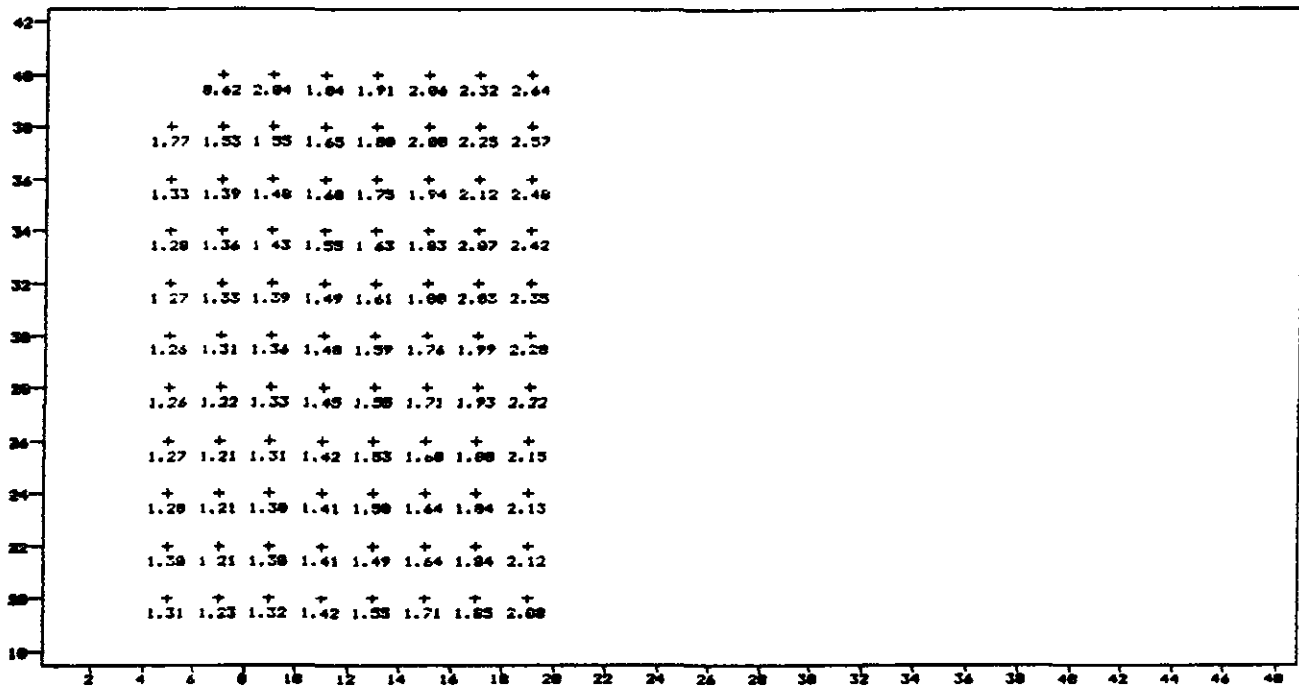
# TALUDE

Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem Auxiliar do Muquem

LOCAL : Municipio de Carius-Ceara

ARG.: BAMBOTMT



# TALUDE

Método de BISHOP Simplificado

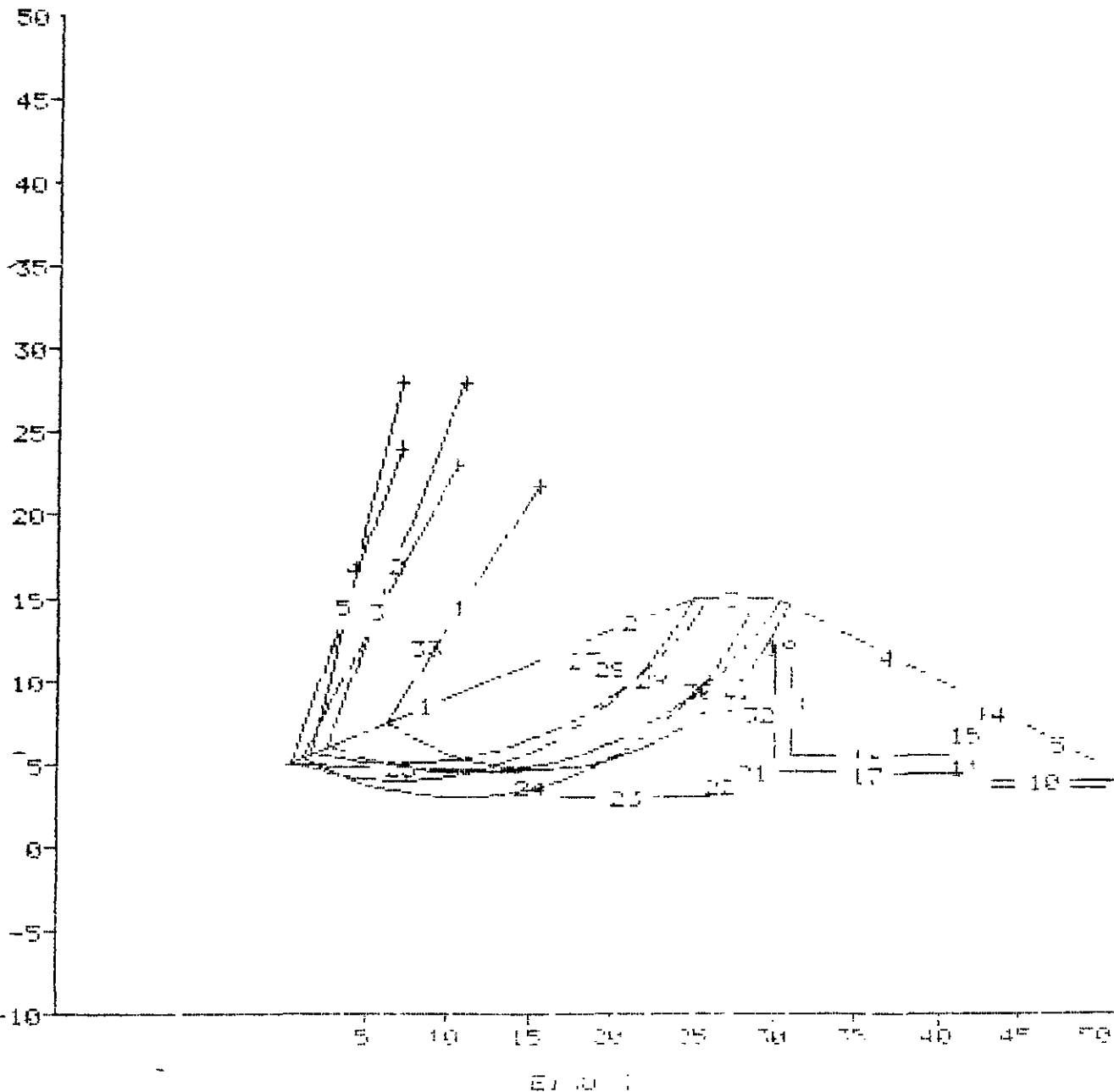
PROJETO: Barragem no rio do Mucum

LOCAL : Município de Garças - Goiás

ARD.: BHPEDMT

SEÇÃO COMPLETA DO TALUDE

CÍRCULO	1	2	RAIO	FS
1	15.5	21.7	17.0	1.78
2	11.0	20.0	27.5	1.47
3	10.5	23.3	20.0	1.42
4	7.3	20.0	27.0	1.20
5	7.0	24.0	20.0	1.21



PROJECT DATA

Project: Barragem Auxiliar do Mucuna

Location: Municipio de Caraguatã

Filename: BARRAGEM Description: Escavação Rápida - Talude de Montante

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	0.0	5.0	17.5	12.0	18.0	3.1	35	N
2	17.5	12.0	25.0	15.0	18.0	3.1	35	Y
3	25.0	15.0	30.0	15.0	19.0	3.1	35	N
4	30.0	15.0	44.0	8.0	18.0	3.1	35	N
5	44.0	8.0	51.2	4.4	25.0	0.0	37	N
6	50.8	4.4	51.2	4.4	19.0	0.0	36	N
7	50.8	3.5	50.8	4.0	19.0	0.0	36	N
8	42.4	3.5	50.8	3.5	19.0	0.0	36	N
9	41.5	4.4	42.4	3.5	19.0	0.0	36	N
10	42.5	4.0	50.8	4.0	19.0	0.0	36	N
11	41.0	5.5	42.5	4.0	19.0	0.0	36	N
12	41.0	5.5	43.5	8.0	25.0	0.0	37	N
13	47.5	8.0	44.0	8.0	25.0	0.0	37	N
14	47.0	8.0	43.5	3.0	19.0	0.0	36	N
15	40.5	5.5	47.0	3.0	19.0	0.0	36	N
16	31.0	5.5	40.5	5.5	19.0	0.0	36	N
17	30.0	4.5	41.5	4.4	19.0	0.0	36	N
18	31.0	5.5	31.1	12.0	18.0	3.1	35	N
19	30.1	12.0	31.1	12.0	19.0	0.0	36	N
20	30.0	4.5	30.1	12.0	19.0	0.0	36	N
21	27.5	4.5	30.0	4.5	19.0	0.0	36	N
22	26.0	3.0	27.5	4.5	19.0	0.0	36	N
23	16.0	3.0	26.0	3.0	25.0	0.0	37	N
24	14.5	4.5	16.0	3.0	19.0	0.0	36	N
25	0.0	5.0	14.5	4.5	19.0	0.0	36	N
26	17.5	12.0	19.0	11.7	22.3	3.1	35	Y
27	18.0	11.7	19.0	11.7	22.3	3.1	35	Y
28	19.0	11.7	21.0	10.4	22.3	3.1	35	Y
29	21.0	10.4	24.0	9.7	22.3	3.1	35	Y
30	24.0	9.7	27.0	9.0	22.3	3.1	35	Y
31	27.0	9.0	28.5	8.4	22.3	3.1	35	N
32	28.5	8.4	30.0	7.6	22.3	3.1	35	Y

Approximately 40 slices selected

Xmin= 5.0 Ymin= 20.0 Increment= 2.0  
 Xmax= 21.0 Ymax= 40.0 Increment= 2.0  
 Rmin= 15.0 Rmax= 20.0 Increment= 1.0

Minimum FS found during grid pattern = 2.07  
 Found at X= 5.0, Y= 24.0, R= 19.0

X= 7.0 Y= 24.0 R= 15.0

SLICE	X-LEFT	BY	TAN		CONESION	VERTICAL	FORE	WATER	RESISTING	DRIVING
			THETA	PHI						
1	10.7	0.3	0.155	0.687	3.1	1	0	1	0	
2	11.0	0.3	0.166	0.687	3.1	0	0	1		
3	11.2	0.3	0.177	0.687	3.1	1	0	1	0	
4	11.5	0.3	0.189	0.687	3.1	1	0	1	0	
5	11.8	0.3	0.200	0.687	3.1	1	0	2		
6	12.1	0.3	0.212	0.687	3.1	2	0	2	0	
7	12.4	0.3	0.224	0.687	3.1	2	0	2	0	
8	12.6	0.3	0.235	0.687	3.1	2	0	2	0	
9	12.9	0.3	0.247	0.687	3.1	2	0	2	1	
10	13.1	0.3	0.259	0.687	3.1	2	0	3	1	
11	13.4	0.3	0.271	0.687	3.1	3	0	3	1	
12	13.7	0.3	0.283	0.687	3.1	3	0	3	1	
13	14.0	0.3	0.295	0.687	3.1	3	0	3	1	
14	14.2	0.3	0.308	0.687	3.1	3	0	3	1	
15	14.5	0.3	0.321	0.687	3.1	4	0	3	1	
16	14.8	0.3	0.333	0.687	3.1	4	0	3	1	
17	15.1	0.3	0.345	0.687	3.1	4	0	4	1	
18	15.4	0.3	0.358	0.687	3.1	4	0	4	1	
19	15.7	0.3	0.370	0.687	3.1	4	0	4	1	
20	16.0	0.3	0.382	0.687	3.1	4	0	4	1	
21	16.3	0.3	0.408	0.687	3.1	4	0	4	1	
22	16.6	0.3	0.424	0.687	3.1	4	0	4	2	
23	16.9	0.3	0.439	0.687	3.1	4	0	4	2	
24	17.2	0.3	0.455	0.687	3.1	4	0	4	2	
25	17.5	0.4	0.471	0.687	3.1	5	1	4	2	
26	17.9	0.1	0.486	0.687	3.1	2	0	2	1	
27	18.0	0.3	0.499	0.687	3.1	4	0	4	2	
28	18.3	0.3	0.513	0.687	3.1	4	0	4	2	
29	18.7	0.3	0.537	0.687	3.1	3	0	3	2	
30	19.0	0.3	0.556	0.687	3.1	3	0	3	1	
31	19.3	0.3	0.571	0.687	3.1	2	0	3	1	
32	19.6	0.3	0.591	0.687	3.1	2	0	2	1	
33	19.9	0.3	0.609	0.687	3.1	2	0	2	1	
34	20.1	0.3	0.627	0.687	3.1	1	0	2	1	
35	20.4	0.3	0.646	0.687	3.1	1	0	2	1	
36	20.7	0.3	0.666	0.687	3.1	1	0	2	0	
37	21.0	0.4	0.690	0.687	3.1	0	0	1	0	

FS-SLOPE



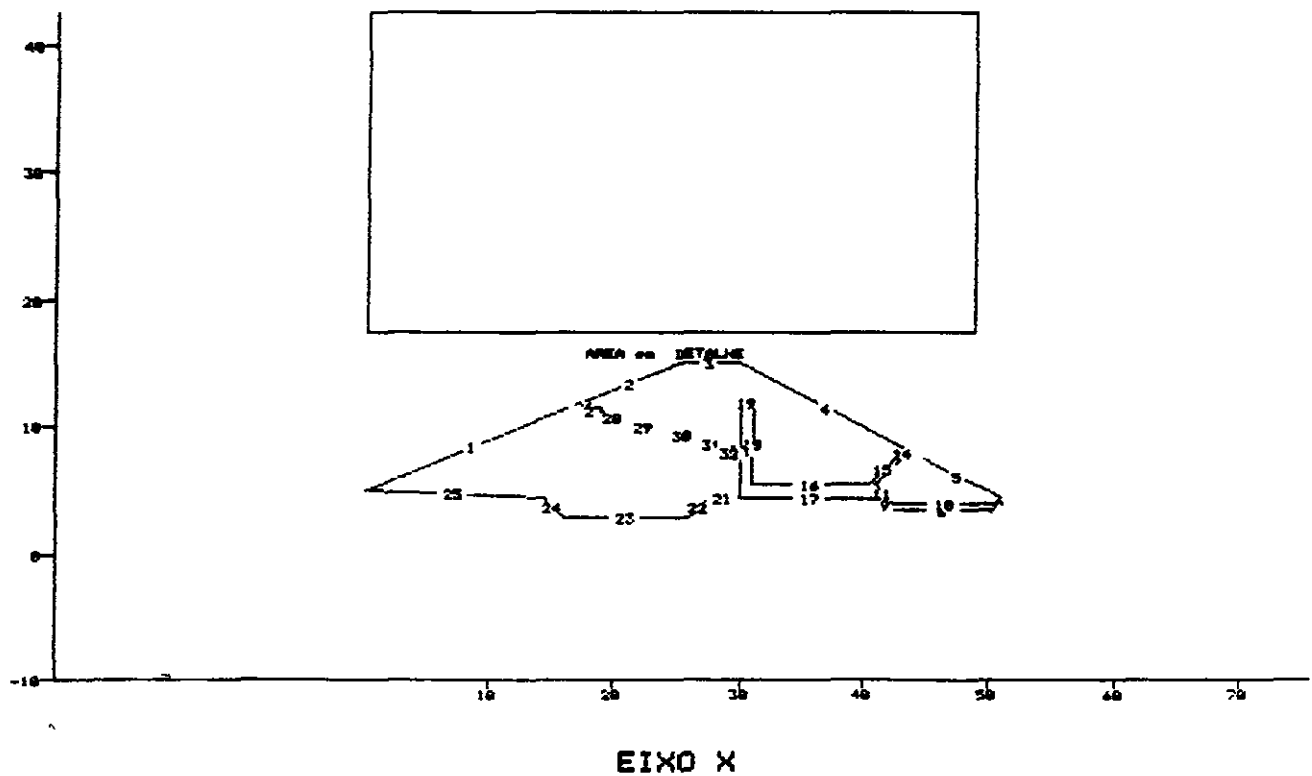
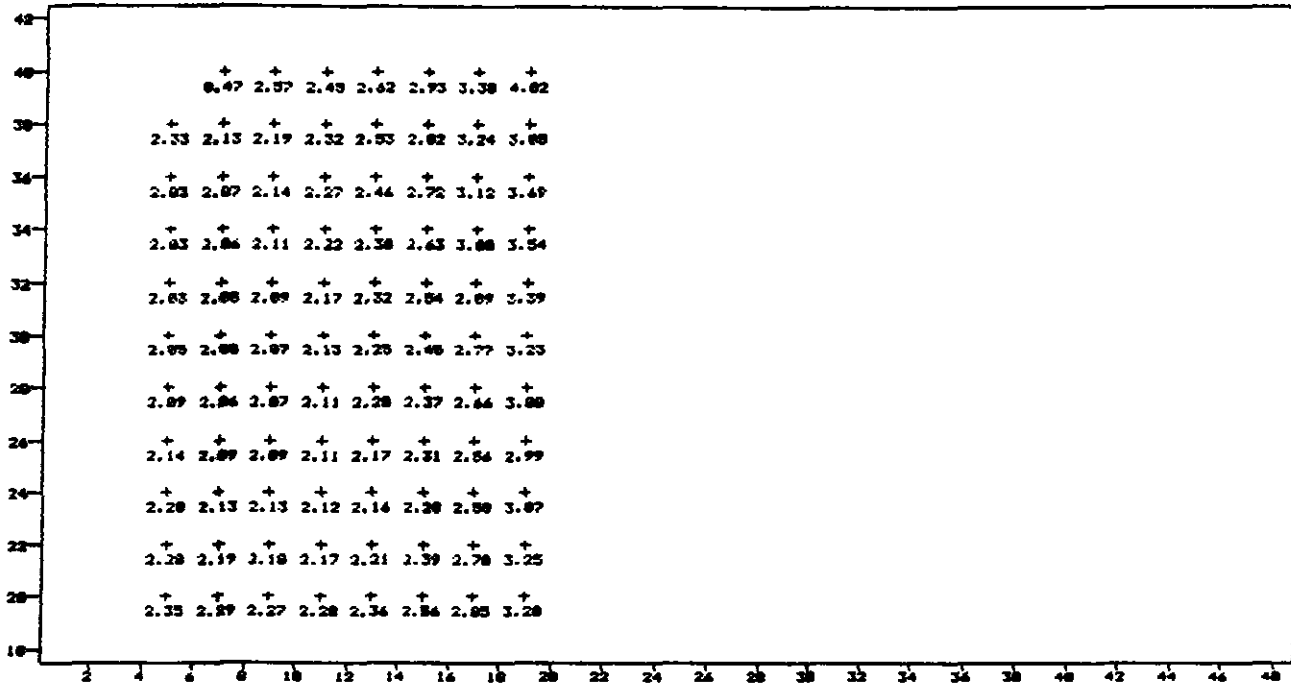
# TALUDE

Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem Auxiliar do Muquem

LOCAL : Municipio de Carui-Ceara

ARQ.: BAMERTM



# TALUDE

Metodo de BISHOP Simplificado

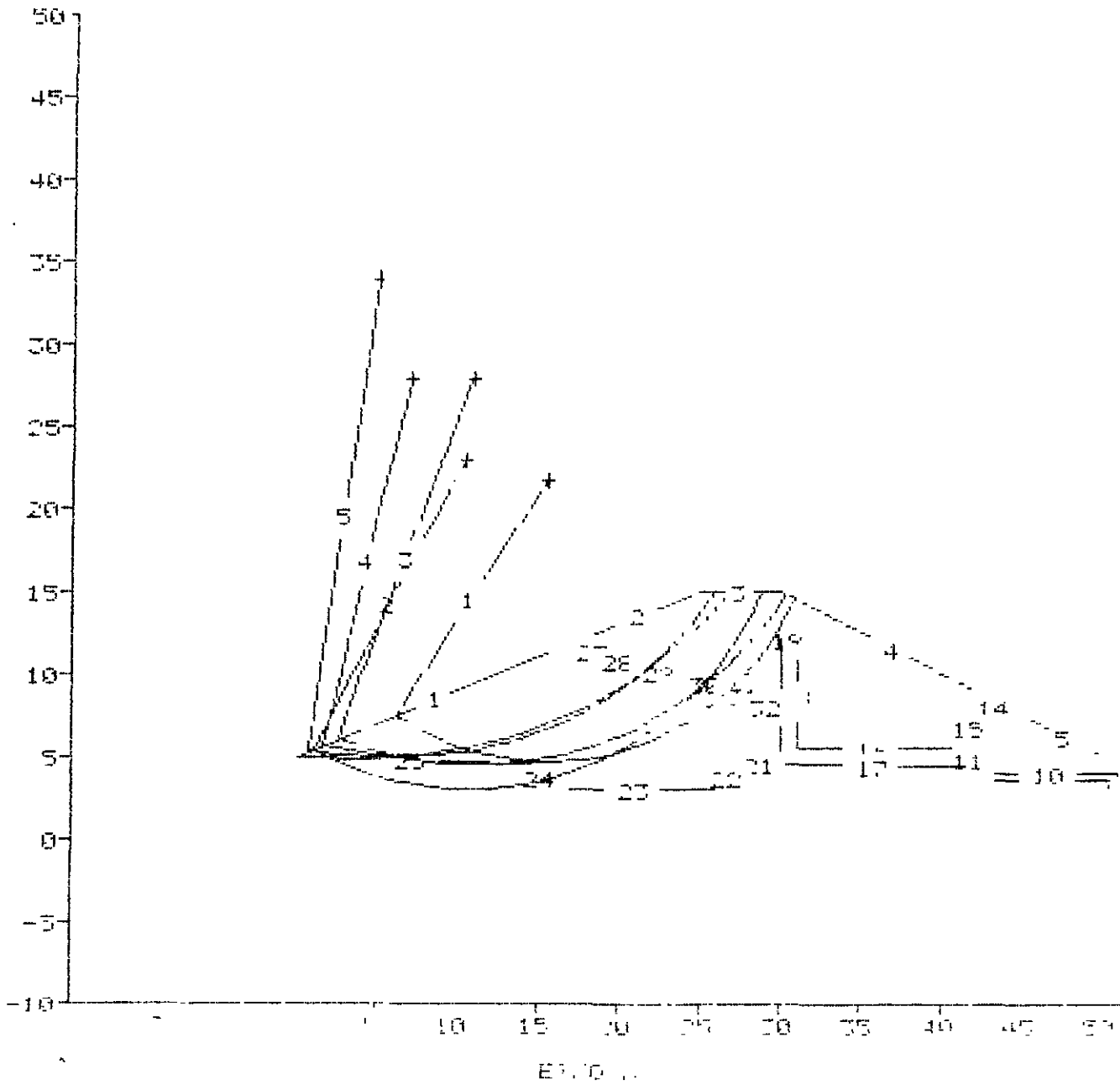
PROJETO: Barragem HU 1117 do Muquem

LOCAL : Municipio de Corua-Ceara

ARD.: DMERTM

SECAO COMPLETA DO TALUDE

CIRCU.	X	Y	RAIO	FS
1	15.5	21.7	17.0	2.56
2	10.5	23.0	20.0	2.31
3	11.0	28.0	23.5	2.27
4	7.0	28.0	27.0	2.87
5	5.0	34.0	29.0	2.07



## PROJECT DATA

Project: Barragem Auxiliar do Mucuna

Location: Município de Caruaru-PE

Fileage: SA\*FC Description: Final de Construção - talude de jusante

## ANALYSIS DATA

Line No.	Left	Left	Right	Right	Density	Cohesion	Phi	Fu
		Y	X	Y	(N/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(Deg)	
1	17.5	3.0	17.5	12.0	18.0	7.1	75	0.20
2	17.5	10.0	25.7	15.0	18.0	7.1	75	0.20
3	25.7	15.0	20.0	15.0	18.0	7.1	75	0.20
4	20.0	15.0	44.1	8.0	18.0	7.1	75	0.20
5	44.1	3.0	51.2	4.0	25.0	0.0	37	0.00
6	50.3	4.0	51.2	4.4	19.0	0.0	36	0.00
7	50.3	7.5	50.3	4.0	19.0	0.0	36	0.00
8	42.4	7.5	50.3	3.5	19.0	0.0	36	0.00
9	41.5	4.4	42.4	3.5	19.0	0.0	36	0.00
10	42.5	4.4	50.3	4.0	19.0	0.0	36	0.00
11	41.5	5.5	42.5	4.0	19.0	0.0	36	0.00
12	41.5	5.5	43.5	8.0	25.0	0.0	37	0.00
13	47.5	8.0	44.0	8.0	25.0	0.0	37	0.00
14	43.0	3.0	43.5	8.0	19.0	0.0	36	0.00
15	40.5	5.5	43.0	8.0	19.0	0.0	36	0.00
16	31.1	5.5	40.5	5.5	19.0	0.0	36	0.00
17	30.1	4.5	41.5	4.4	19.0	0.0	36	0.00
18	31.1	5.5	31.1	12.0	18.0	7.1	75	0.20
19	30.1	12.0	31.1	12.0	19.0	0.0	36	0.00
20	30.1	4.5	30.1	12.0	19.0	0.0	36	0.00
21	27.5	4.5	30.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
22	26.0	3.0	27.5	4.5	19.0	0.0	36	0.00
23	16.0	7.0	26.0	3.0	25.0	0.0	37	0.00
24	14.5	4.5	16.0	7.0	19.0	0.0	36	0.00
25	0.0	5.0	14.5	4.5	19.0	0.0	36	0.00

GRID SEARCH ANALYSIS

Approximately 40 slices selected

Xmin= 40.0 Xmax= 50.0 Increment= 2.0

Ymin= 22.0 Ymax= 32.0 Increment= 2.0

Rmin= 20.0 Rmax= 30.0 Increment= 1.0

Minimum F3 found during grid pattern = 1.46

Found at X= 48.0, Y= 32.0, R= 25.0

X= 42.0 Y= 32.0 R= 21.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN	CONESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
1	29.7	0.3	0.711	0.687	3.1	1	0	1	0
2	30.0	0.3	0.692	0.687	3.1	0	0	1	0
3	30.3	0.3	0.680	0.687	3.1	1	0	1	0
4	30.6	0.3	0.665	0.687	3.1	1	0	1	1
5	30.9	0.3	0.650	0.687	3.1	1	0	1	1
6	31.2	0.3	0.636	0.687	3.1	1	0	1	1
7	31.5	0.3	0.622	0.687	3.1	1	0	1	1
8	31.8	0.3	0.611	0.687	3.1	1	0	1	0
9	32.1	0.3	0.601	0.687	3.1	1	0	1	1
10	32.4	0.3	0.587	0.687	3.1	1	0	1	1
11	32.7	0.3	0.574	0.687	3.1	1	0	1	1
12	33.0	0.3	0.562	0.687	3.1	1	0	1	1
13	33.3	0.3	0.549	0.687	3.1	1	0	1	1
14	33.6	0.3	0.537	0.687	3.1	1	0	1	1
15	33.9	0.3	0.524	0.687	3.1	2	0	1	1
16	34.2	0.3	0.512	0.687	3.1	2	0	1	1
17	34.5	0.3	0.501	0.687	3.1	2	0	1	1
18	34.8	0.3	0.489	0.687	3.1	2	0	1	1
19	35.1	0.3	0.477	0.687	3.1	2	0	1	1
20	35.4	0.3	0.466	0.687	3.1	1	0	1	1
21	35.7	0.3	0.455	0.687	3.1	1	0	1	1
22	36.0	0.3	0.444	0.687	3.1	1	0	1	1
23	36.3	0.3	0.433	0.687	3.1	1	0	1	1
24	36.6	0.3	0.422	0.687	3.1	1	0	1	1
25	36.9	0.3	0.411	0.687	3.1	1	0	1	1
26	37.2	0.3	0.401	0.687	3.1	1	0	1	0
27	37.5	0.3	0.390	0.687	3.1	1	0	1	0
28	37.8	0.3	0.380	0.687	3.1	1	0	1	0
29	38.1	0.3	0.370	0.687	3.1	1	0	1	0
30	38.4	0.3	0.359	0.687	3.1	1	0	1	0
31	38.7	0.3	0.349	0.687	3.1	1	0	1	0
32	39.0	0.3	0.339	0.687	3.1	1	0	1	0
33	39.3	0.3	0.330	0.687	3.1	1	0	1	0
34	39.6	0.3	0.320	0.687	3.1	1	0	1	0
35	39.9	0.3	0.310	0.687	3.1	1	0	1	0
36	40.2	0.3	0.301	0.687	3.1	0	0	1	0
37	40.5	0.3	0.291	0.687	3.1	0	0	1	0
38	40.8	0.3	0.282	0.687	3.1	0	0	1	0
The following slice has a normal force=						-0			
39	41.1	0.3	0.272	0.687	3.1	0		1	0

38-SLICE

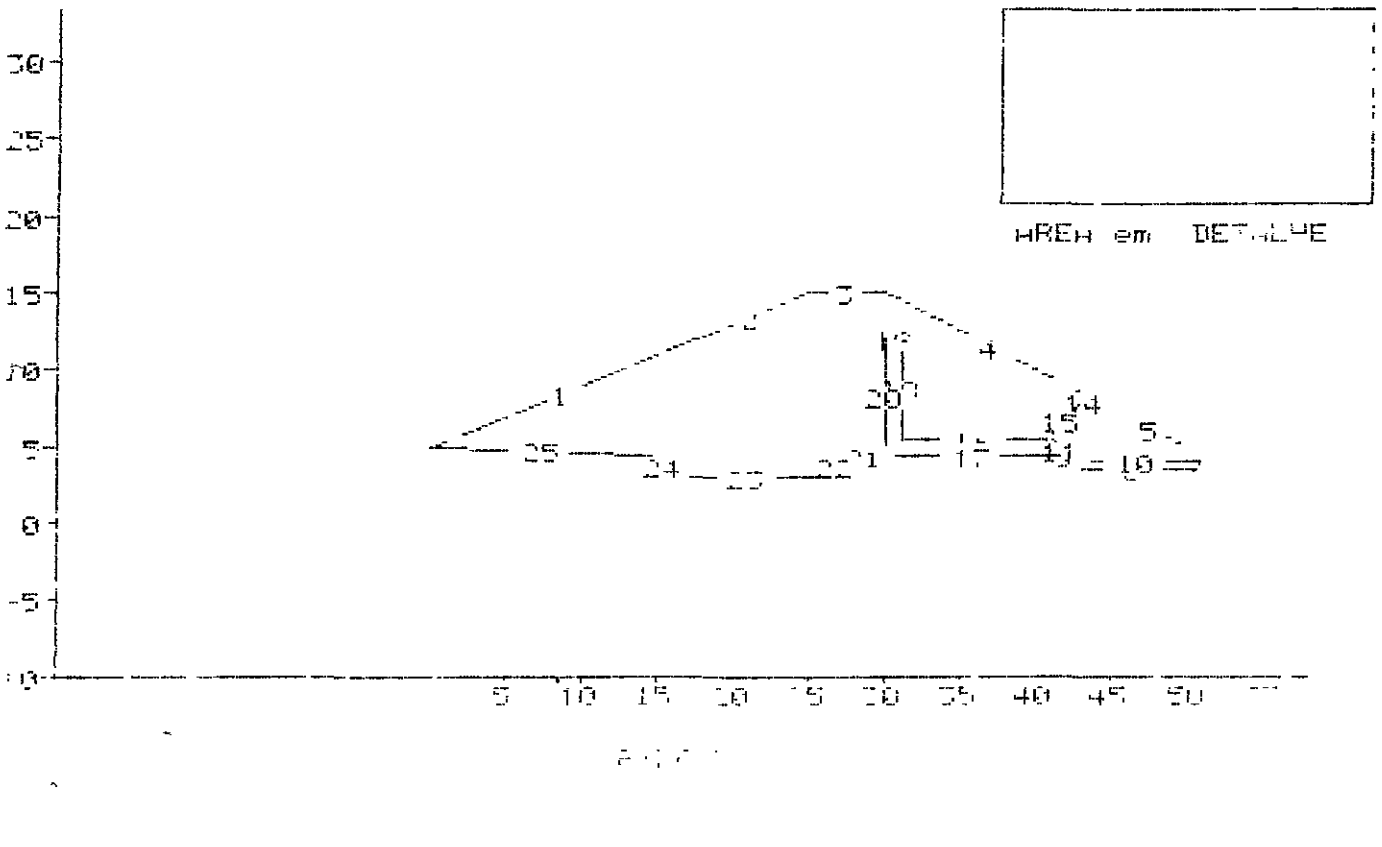
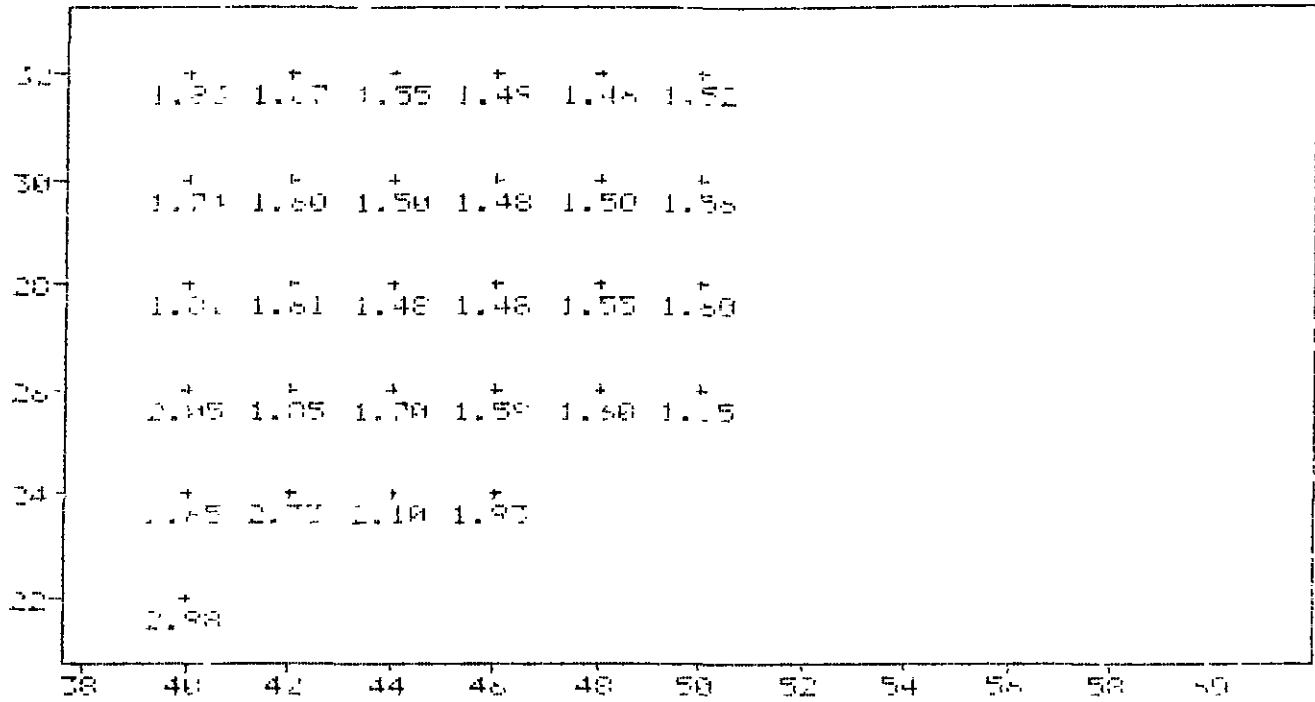
TALUDE

Método de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem do Ilhéu do Muquem

LOCAL : Município de Carriacou

HEQ.: BHMFB



# TALUDE

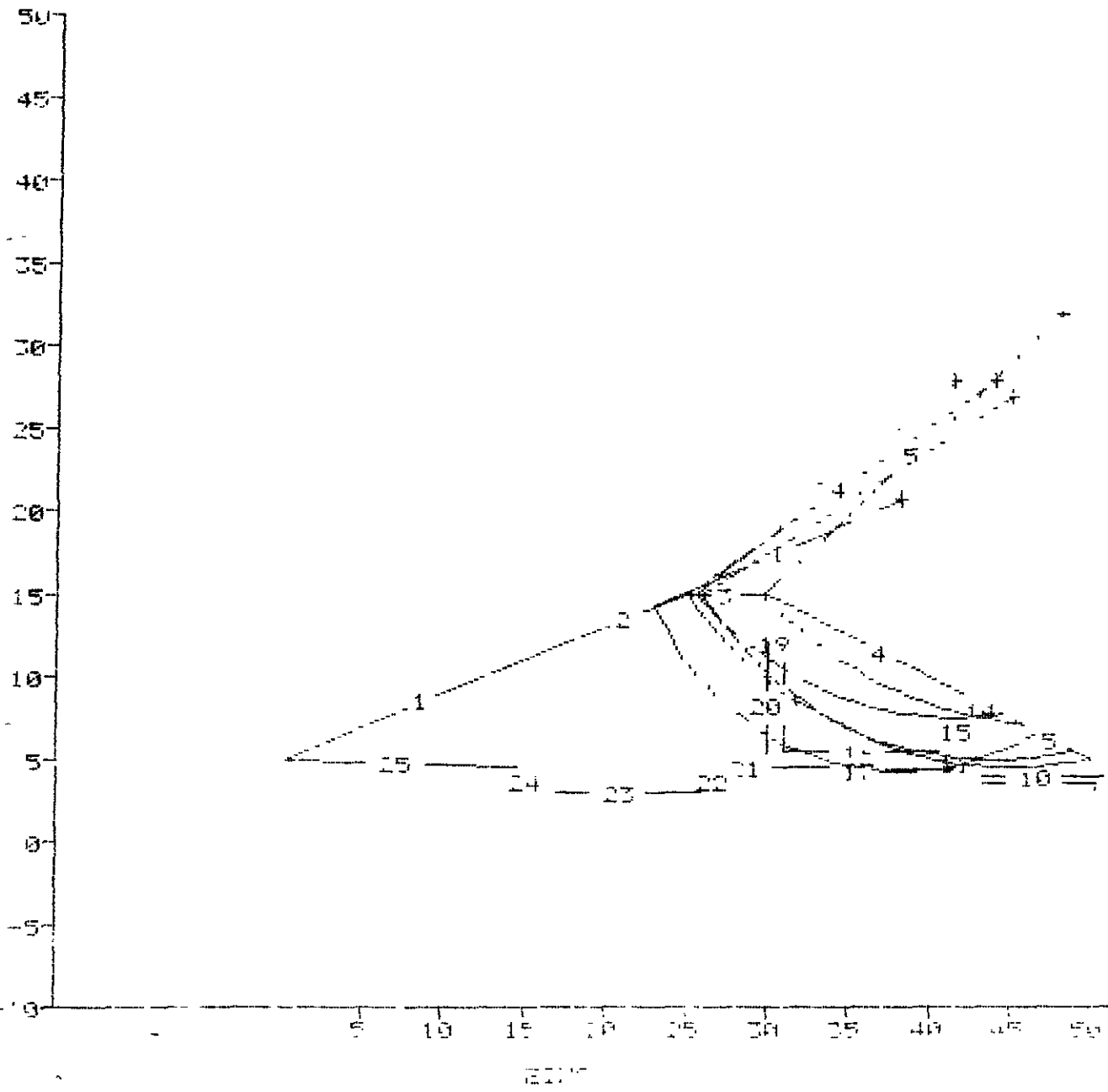
Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Barragem Humilist do Muquem

LOCAL : Municipio de Caius-Ceare

ARD.: BAMPF                      SECAO COMPLETA DO TALUDE

CIRCU.	H	V	RHD	FS
1	38.2	20.8	18.5	2.84
2	45.0	27.0	22.5	1.92
3	41.5	28.0	20.5	1.69
4	44.0	28.0	27.0	1.48
5	48.0	32.0	25.0	1.46



## PROJECT DATA

Project: Mucuna-Barragem Auxiliar

Location: Municipio de Cariri-Ceara

Filename: BAMBOTM Description: Final de Construção - Talude de Montante

## ANAL SIS DATA

Line No.	Left Y	Left Z	Right Y	Right Z	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Ru
1	0.0	5.0	17.5	12.0	19.0	3.1	35	0.20
2	17.5	12.0	25.0	15.0	16.0	3.1	35	0.20
3	25.0	15.0	30.0	15.0	18.0	3.1	35	0.20
4	30.0	15.0	44.0	8.0	18.0	3.1	35	0.20
5	44.0	8.0	51.2	4.4	25.0	0.0	37	0.00
6	50.8	4.0	51.2	4.4	19.0	0.0	36	0.00
7	50.8	3.5	50.8	4.0	19.0	0.0	36	0.00
8	42.4	3.5	50.8	3.5	19.0	0.0	36	0.00
9	41.5	4.4	42.4	3.5	19.0	0.0	36	0.00
10	42.5	4.0	50.8	4.0	19.0	0.0	36	0.00
11	41.0	5.5	42.5	4.0	19.0	0.0	36	0.00
12	41.0	5.5	43.5	8.0	25.0	0.0	37	0.00
13	43.5	8.0	44.0	8.0	25.0	0.0	37	0.00
14	43.0	8.0	43.5	8.0	19.0	0.0	36	0.00
15	40.5	5.5	43.0	8.0	19.0	0.0	36	0.00
16	31.0	5.5	40.5	5.5	19.0	0.0	36	0.00
17	30.0	4.5	41.5	4.4	19.0	0.0	36	0.00
18	31.0	5.5	31.1	12.0	18.0	3.1	35	0.20
19	30.1	12.0	31.1	12.0	19.0	0.0	36	0.00
20	30.1	4.5	30.1	12.0	19.0	0.0	36	0.00
21	27.5	4.5	30.0	4.5	19.0	0.0	36	0.00
22	26.0	3.0	27.5	4.5	19.0	0.0	36	0.00
23	16.0	3.0	26.0	3.0	25.0	0.0	37	0.00
24	14.5	4.5	16.0	3.0	19.0	0.0	36	0.00
25	0.0	5.0	14.5	4.5	19.0	0.0	36	0.00

GRID SEARCH ANALYSIS

Approximate 40 slices selected

Xmin= 5.0 Xmax= 21.0 Increment= 2.0  
Ymin= 20.0 Ymax= 40.0 Increment= 2.0  
Rmin= 15.0 Rmax= 30.0 Increment= 1.0

Minimum FS found during grid pattern = 1.72

Found at X = 5.0, Y = 24.0, R = 29.0

X = 7.0 Y = 24.0 R = 29.0

SLICE	X-LEFT	Y	R	TAN		CONESION	VERTICAL	PORE WATER	RESISTING	DRIVING
				THETA	PHI					
1	10.7	0.7	0.155	0.687	3.1	0	0	1	0	
2	11.0	0.7	0.166	0.687	3.1	0	0	1	0	
3	11.2	0.7	0.177	0.687	3.1	1	0	1	0	
4	11.5	0.7	0.189	0.687	3.1	1	0	1	0	
5	11.8	0.7	0.200	0.687	3.1	1	0	2	0	
6	12.1	0.7	0.212	0.687	3.1	2	0	2	0	
7	12.3	0.7	0.224	0.687	3.1	2	0	2	0	
8	12.6	0.7	0.235	0.687	3.1	2	0	1	0	
9	12.9	0.7	0.247	0.687	3.1	2	0	2	1	
10	13.1	0.7	0.259	0.687	3.1	2	0	2	1	
11	13.4	0.7	0.271	0.687	3.1	3	1	2	1	
12	13.7	0.7	0.283	0.687	3.1	3	1	2	1	
13	14.0	0.7	0.296	0.687	3.1	3	1	2	1	
14	14.2	0.7	0.308	0.687	3.1	3	1	3	1	
15	14.5	0.7	0.321	0.687	3.1	4	1	3	1	
16	14.8	0.7	0.335	0.687	3.1	4	1	3	1	
17	15.1	0.7	0.350	0.687	3.1	4	1	3	1	
18	15.4	0.7	0.364	0.687	3.1	4	1	3	1	
19	15.7	0.7	0.379	0.687	3.1	4	1	3	1	
20	16.0	0.7	0.392	0.687	3.1	4	1	3	1	
21	16.3	0.7	0.408	0.687	3.1	4	1	3	1	
22	16.6	0.7	0.424	0.687	3.1	4	1	3	2	
23	16.9	0.7	0.439	0.687	3.1	4	1	3	2	
24	17.2	0.7	0.455	0.687	3.1	4	1	3	2	
25	17.5	0.7	0.470	0.687	3.1	4	1	3	1	
26	17.8	0.7	0.485	0.687	3.1	4	1	3	1	
27	18.1	0.7	0.501	0.687	3.1	3	1	3	1	
28	18.3	0.7	0.516	0.687	3.1	3	1	3	1	
29	18.6	0.7	0.532	0.687	3.1	3	1	3	1	
30	18.9	0.7	0.549	0.687	3.1	3	1	3	1	
31	19.2	0.7	0.565	0.687	3.1	2	0	2	1	
32	19.4	0.7	0.582	0.687	3.1	2	0	2	1	
33	19.7	0.7	0.600	0.687	3.1	2	0	2	1	
34	20.0	0.7	0.618	0.687	3.1	2	0	2	1	
35	20.3	0.7	0.636	0.687	3.1	1	0	2	1	
36	20.6	0.7	0.655	0.687	3.1	1	0	2	1	
37	20.8	0.7	0.674	0.687	3.1	1	0	1	0	
38	21.1	0.7	0.694	0.687	3.1	0	0	1	0	

38-SLICE



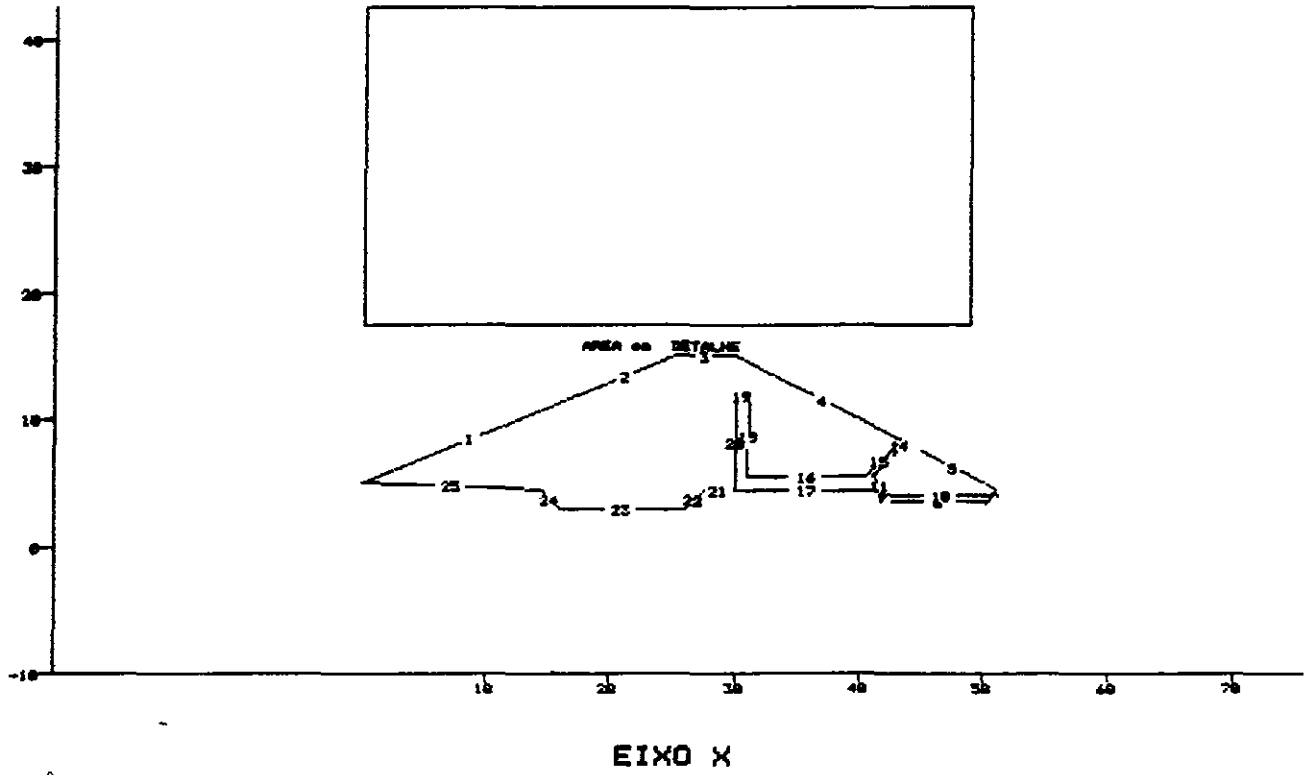
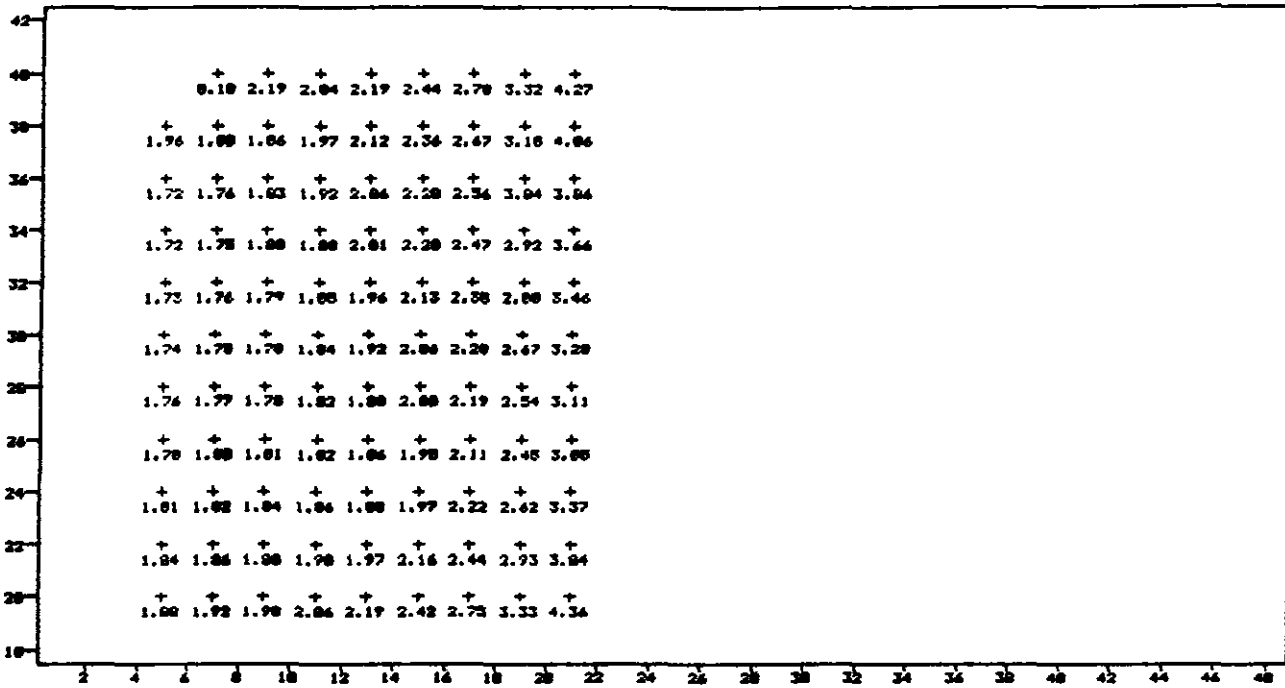
# TALUDE

Metodo de BISHOP Simplificado

PROJETO: Muquem-Barragem Auxiliar

LOCAL : Municipio de Carius-Ceara

ARG.: BAMFCTM



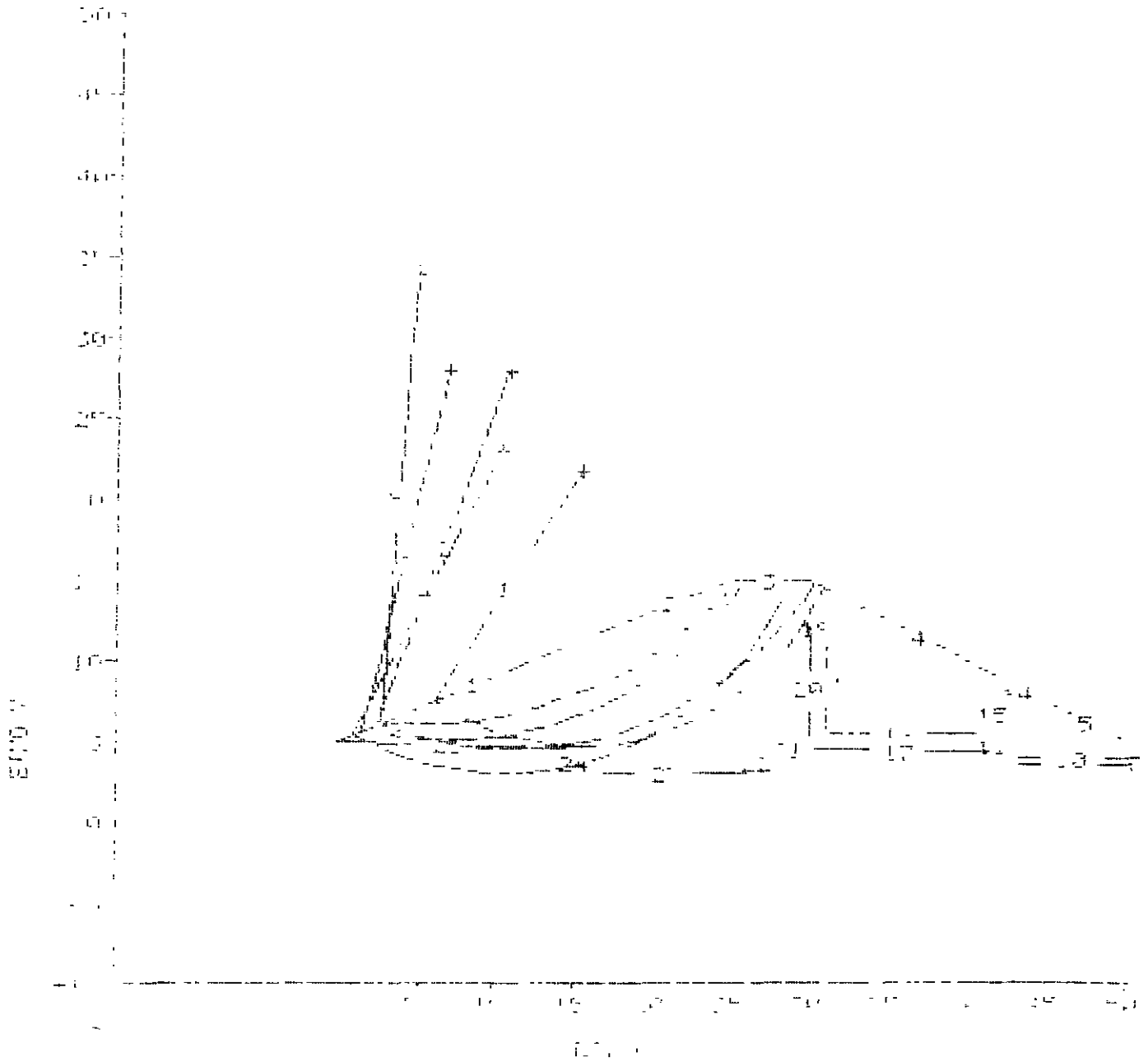
TALUDE

Resumo de BISHOP 5 amo 12+103 do

PROJETO: Manutenção - 1985 de 1117

Local: 1 - Manutenção de Chuva-Cerra

NO	ZENITH	TECNO	COMPLET.	DO	TALUDE
	1	1	0410	75	
1	15.7	21.7	17.0	21.52	
2	17.0	25.0	27.0	21.0	
3	7.1	25.0	27.0	17.79	
4	10.5	27.0	20.0	17.7	
5	5.0	24.0	28.0	17.72	



**PROJETO EXECUTIVO  
DA  
BARRAGEM MUQUEM**

**ANEXO 3 : PLANILHAS DE CÁLCULO DA  
CUBAÇÃO DOS QUANTITATIVOS DA OBRA**

## RESUMO

### PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM QUADRO DE VOLUME DOS MATERIAIS

Material	Vol (m <sup>3</sup> )Barragem pnncipal	Vol (m <sup>3</sup> )Barragem AuxiliarA	Vol (m <sup>3</sup> )Barragem Auxiliar"B	Vol (m <sup>3</sup> )Barragem Auxiliar"C	Vol.Total Geral(m <sup>3</sup> )
Aterro Compactado	305 427,71	1 744,00	3 293,00	65 808,00	376.272,71
Enrocamento	15 892,00			5 597,00	21.489,00
Transição	5 554,00			3 634,43	9.188,43
Areia	10 986,00			5 510,00	16.496,00
Revestimento pnmaro	950,00			1 190,00	2.140,00
Pedregulho	2 839,00			2 396,00	5 235,00
<b>TOTAL</b>	<b>341 648,71</b>	<b>1 744,00</b>	<b>3.293,00</b>	<b>84 135,43</b>	<b>430.821,14</b>
Expurgo	8 844,00	207,00	429,00	4 256,00	13 736,00
Fundação	36 415,00	242,00	402,00	9 762,00	46 821,00

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material **Aterro Compactado**

Seção	Area	Soma area	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2 00	0	0	0	0	0
2	7.26	7.26	1,00	7,26	7,26
3	48.76	56.02	10,00	560,20	567,46
4	142.18	190.94	10,00	1909,40	2476,86
5	315.13	457.31	10,00	4573,10	7049,96
6	544,73	859,86	10,00	8598,60	15648,56
7	1062,08	1606,81	10,00	16068,10	31716,66
8	1714,27	2776,35	10,00	27763,50	59480,16
9	1894,36	3608,63	10,00	36086,30	95566,46
10	2033,85	3928,21	10,00	39282,10	134848,56
11	2014,63	4048,48	10,00	40484,80	175333,36
12	1297,30	3311,93	10,00	33119,30	208452,66
13	1144,62	2441,92	10,00	24419,20	232871,86
14	1197,52	2342,14	10,00	23421,40	256293,26
15	761,58	1959,10	10,00	19591,00	275884,26
16	562,74	1324,32	10,00	13243,20	289127,46
17	478,33	1041,07	10,00	10410,70	299538,16
18	45,93	524,26	10,00	5242,60	304780,76
19	12,51	58,44	10,00	584,40	305365,16
19+10,00	0,00	12,51	5,00	62,55	<b>305427,71</b>

CALCULOS CORRIGIDOS OUT/97  
 PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUEM  
 CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material **Enrocamento**

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2 00	0	0	0	0	0
2	1,17	1,17	1,00	1,17	1,17
3	7,26	8,43	10,00	84,30	85,47
4	9,68	16,94	10,00	169,40	254,87
5	10,49	20,17	10,00	201,70	456,57
6	20,57	31,06	10,00	310,60	767,17
7	33,48	54,05	10,00	540,50	1307,67
8	114,94	148,42	10,00	1484,20	2791,87
9	223,04	337,98	10,00	3379,80	6171,67
10	153,04	376,08	10,00	3760,80	9932,47
11	50,83	203,87	10,00	2038,70	11971,17
12	63,33	114,16	10,00	1141,60	13112,77
13	29,45	92,78	10,00	927,80	14040,57
14	32,27	61,72	10,00	617,20	14657,77
15	24,20	56,47	10,00	564,70	15222,47
16	12,10	36,30	10,00	363,00	15585,47
17	4,48	16,58	10,00	165,80	15751,27
18	3,60	8,08	10,00	80,80	15832,07
19	1,60	5,20	10,00	52,00	15884,07
19+10 00	0,00	1,60	5,00	8,00	<b>15892,07</b>

CALCULOS CORRIGIDOS OUT/97

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material Transição

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2,00	0	0	0	0	0
2	0,86	0,86	1,00	0,86	0,86
3	2,82	3,68	10,00	36,80	37,66
4	2,82	5,64	10,00	56,40	94,06
5	7,26	10,08	10,00	100,80	194,86
6	7,26	14,52	10,00	145,20	340,06
7	20,98	28,24	10,00	282,40	622,46
8	35,97	56,95	10,00	569,50	1191,96
9	43,45	79,42	10,00	794,20	1986,16
10	44,56	88,01	10,00	880,10	2866,26
11	35,35	79,91	10,00	799,10	3665,36
12	18,15	53,50	10,00	535,00	4200,36
13	12,10	30,25	10,00	302,50	4502,86
14	16,14	28,24	10,00	282,40	4785,26
15	16,94	33,08	10,00	330,80	5116,06
16	6,45	23,39	10,00	233,90	5349,96
17	3,36	9,81	10,00	98,10	5448,06
18	2,70	6,06	10,00	60,60	5508,66
19	1,20	3,90	10,00	39,00	5547,66
19+10,00	0,00	1,20	5,00	6,00	<b>5553,66</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material Areia

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2,00	0	0	0	0	0
2	0,86	0,86	1,00	0,86	0,86
3	0,00	0,86	10,00	8,60	9,46
4	4,44	4,44	10,00	44,40	53,86
5	6,45	10,89	10,00	108,90	162,76
6	10,08	16,53	10,00	165,30	328,06
7	69,79	79,87	10,00	798,70	1126,76
8	85,19	154,98	10,00	1549,80	2676,56
9	92,63	177,82	10,00	1778,20	4454,76
10	82,08	174,71	10,00	1747,10	6201,86
11	80,13	162,21	10,00	1622,10	7823,96
12	63,74	143,87	10,00	1438,70	9262,66
13	16,14	79,88	10,00	798,80	10061,46
14	12,51	28,65	10,00	286,50	10347,96
15	12,10	24,61	10,00	246,10	10594,06
16	10,08	22,18	10,00	221,80	10815,86
17	3,00	13,08	10,00	130,80	10946,66
18	0,50	3,50	10,00	35,00	10981,66
19	0,00	0,50	10,00	5,00	10986,66
19+10,00	0,00	0,00	5,00	0,00	<b>10986,66</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material Pedregulho

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2,00	0	0	0	0	0
2	0,26	0,26	1,00	0,26	0,26
3	2,42	2,68	10,00	26,80	27,06
4	4,84	7,26	10,00	72,60	99,66
5	5,24	10,08	10,00	100,80	200,46
6	7,66	12,90	10,00	129,00	329,46
7	14,12	21,78	10,00	217,80	547,26
8	12,10	26,22	10,00	262,20	809,46
9	12,51	24,61	10,00	246,10	1055,56
10	10,49	23,00	10,00	230,00	1285,56
11	12,10	22,59	10,00	225,90	1511,46
12	12,91	25,01	10,00	250,10	1761,56
13	12,10	25,01	10,00	250,10	2011,66
14	12,51	24,61	10,00	246,10	2257,76
15	11,70	24,21	10,00	242,10	2499,86
16	4,03	15,73	10,00	157,30	2657,16
17	4,50	8,53	10,00	85,30	2742,46
18	2,10	6,60	10,00	66,00	2808,46
19	0,60	2,70	10,00	27,00	2835,46
19+10,00	0,00	0,60	5,00	3,00	2838,46

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material Revestimento primário

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2,00	2,7	0	0	0	0
2	2,7	5,40	1,00	5,40	5,40
3	2,7	5,40	10,00	54,00	59,40
4	2,7	5,40	10,00	54,00	113,40
5	2,7	5,40	10,00	54,00	167,40
6	2,7	5,40	10,00	54,00	221,40
7	2,7	5,40	10,00	54,00	275,40
8	2,7	5,40	10,00	54,00	329,40
9	2,7	5,40	10,00	54,00	383,40
10	2,7	5,40	10,00	54,00	437,40
11	2,7	5,40	10,00	54,00	491,40
12	2,7	5,40	10,00	54,00	545,40
13	2,7	5,40	10,00	54,00	599,40
14	2,7	5,40	10,00	54,00	653,40
15	2,7	5,40	10,00	54,00	707,40
16	2,7	5,40	10,00	54,00	761,40
17	2,7	5,40	10,00	54,00	815,40
18	2,7	5,40	10,00	54,00	869,40
19	2,7	5,40	10,00	54,00	923,40
19+10,00	2,7	5,40	5,00	27,00	950,40

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material **Expurgo**

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2,00	2,7	0	0	0	0
2	3,30	6,00	1,00	6,00	6,00
3	7,66	10,96	10,00	109,60	115,60
4	7,26	14,92	10,00	149,20	264,80
5	12,10	19,36	10,00	193,60	458,40
6	18,96	31,06	10,00	310,60	769,00
7	27,03	45,99	10,00	459,90	1228,90
8	33,89	60,92	10,00	609,20	1838,10
9	50,02	83,91	10,00	839,10	2677,20
10	42,36	92,38	10,00	923,80	3601,00
11	40,34	82,70	10,00	827,00	4428,00
12	42,36	82,70	10,00	827,00	5255,00
13	46,39	88,75	10,00	887,50	6142,50
14	43,16	89,55	10,00	895,50	7038,00
15	39,94	83,10	10,00	831,00	7869,00
16	14,12	54,06	10,00	540,60	8409,60
17	4,50	18,62	10,00	186,20	8595,80
18	6,60	11,10	10,00	111,00	8706,80
19	3,90	10,50	10,00	105,00	8811,80
19+10,00	2,57	6,47	5,00	32,35	<b>8844,15</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)  
 Material **Escavação(fundação)**

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2,00	2,7	0	0	0	0
2	5,25	7,95	1,00	7,95	7,95
3	18,56	23,81	10,00	238,10	246,05
4	16,94	35,50	10,00	355,00	601,05
5	53,65	70,59	10,00	705,90	1306,95
6	25,82	79,47	10,00	794,70	2101,65
7	26,22	52,04	10,00	520,40	2622,05
8	263,70	289,92	10,00	2899,20	5521,25
9	500,90	764,60	10,00	7646,00	13167,25
10	565,00	1065,90	10,00	10659,00	23826,25
11	160,68	725,68	10,00	7256,80	31083,05
12	0,00	160,68	10,00	1606,80	32689,85
13	28,24	28,24	10,00	282,40	32972,25
14	22,19	50,43	10,00	504,30	33476,55
15	40,34	62,53	10,00	625,30	34101,85
16	52,44	92,78	10,00	927,80	35029,65
17	25,74	78,18	10,00	781,80	35811,45
18	11,00	36,74	10,00	367,40	36178,85
19	8,40	19,40	10,00	194,00	36372,85
19+10,00	0,00	8,40	5,00	42,00	<b>36414,85</b>



PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM					
CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR A)					
Material Aterro Compactado					
Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
SA0	2,12		0		
A1=S0	5,25	7,37	10,00	73,70	73,70
A6+10,00	62,93	0,00	0,00		
A7=19	46,79	109,72	5,00	548,60	622,30
A8=20	17,35	64,14	10,00	641,40	1263,70
A9	16,14	33,49	10,00	334,90	1598,60
A9+19,00	2,02	18,16	8,00	145,28	<b>1743,88</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM					
CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR A)					
Material Expurgo					
Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
SA0	2,12		0		
A1=S0	5,25	7,37	10,00	73,70	73,70
A6+10,00	5,24	0,00	0,00		
A7=19	2,02	7,26	5,00	36,30	110,00
A8=20	2,02	4,04	10,00	40,40	150,40
A9	2,02	4,04	10,00	40,40	190,80
A9+19,00	0,00	2,02	8,00	16,16	<b>206,96</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM					
CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR A)					
Material Escavação(fundação)					
Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
SA0	0		0		
A1=S0	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
A6+10,00	15,73	0,00	0,00		
A7=19	10,89	26,62	5,00	133,10	133,10
A8=20	0,00	10,89	10,00	108,90	242,00
A9	0,00	0,00	10,00	0,00	242,00
A9+19,00	0,00	0,00	8,00	0,00	<b>242,00</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM					
CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "B)					
Material Aterro Compactado					
Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
B1+4,00	1,5				
B1=28	5,35	6,85	2,00	13,70	13,70
B2	15,00	20,35	10,00	203,50	217,20
B3	30,00	45,00	10,00	450,00	667,20
B4	52,75	82,75	10,00	827,50	1494,70
B5	30,00	82,75	10,00	827,50	2322,20
B6	30,20	60,20	10,00	602,00	2924,20
B7	5,35	35,55	10,00	355,50	3279,70
B7+4,00	1,50	6,85	2,00	13,70	<b>3293,40</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM					
CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "B)					
Material <b>Expurgo</b>					
Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
B1+4,00	1,5				
B1=28	1,20	2,70	2,00	5,40	13,70
B2	1,10	2,30	10,00	23,00	36,70
B3	4,50	5,60	10,00	56,00	92,70
B4	5,10	9,60	10,00	96,00	188,70
B5	4,20	9,30	10,00	93,00	281,70
B6	4,20	8,40	10,00	84,00	365,70
B7	1,50	5,70	10,00	57,00	422,70
B7+4,00	1,50	3,00	2,00	6,00	<b>428,70</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM					
CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "B)					
Material <b>Escavação(fundação)</b>					
Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
B1+4,00	0				
B1=28	1,40	1,40	2,00	2,80	13,70
B2	2,70	4,10	10,00	41,00	54,70
B3	0,00	2,70	10,00	27,00	81,70
B4	16,00	16,00	10,00	160,00	241,70
B5	0,00	16,00	10,00	160,00	401,70
B6	0,00	0,00	10,00	0,00	401,70
B7	0,00	0,00	10,00	0,00	401,70
B7+4,00	0,00	0,00	2,00	0,00	<b>401,70</b>

**PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM**  
**CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")**

**Material Pedregulho**

Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5.00	0	0,00	0	0,00	0,00
C1	0,81	0,81	2,50	2,03	2,03
C2	2,42	3,23	10,00	32,30	34,33
C3	4,03	6,45	10,00	64,50	98,83
C4	4,44	8,47	10,00	84,70	183,53
C5	4,44	8,88	10,00	88,80	272,33
C6	4,44	8,88	10,00	88,80	361,13
C7=58	4,44	8,88	10,00	88,80	449,93
C8=59	4,84	9,28	10,00	92,80	542,73
C9	4,03	8,87	10,00	88,70	631,43
C10	1,61	5,64	10,00	56,40	687,83
C11=62	3,23	4,84	10,00	48,40	736,23
C12=63	4,03	7,26	10,00	72,60	808,83
C13=64	4,44	8,47	10,00	84,70	893,53
C14=65	4,44	8,88	10,00	88,80	982,33
C15	4,44	8,88	10,00	88,80	1071,13
C16=67	4,44	8,88	10,00	88,80	1159,93
C17	4,03	8,47	10,00	84,70	1244,63
C18=70	4,03	8,06	10,00	80,60	1325,23
C19=69	4,84	8,87	10,00	88,70	1413,93
C20=71	4,84	9,68	10,00	96,80	1510,73
C21=72	4,44	9,28	10,00	92,80	1603,53
C22=73	4,44	8,88	10,00	88,80	1692,33
C23=74	4,44	8,88	10,00	88,80	1781,13
C24=75	4,44	8,88	10,00	88,80	1869,93
C25=76	4,44	8,88	10,00	88,80	1958,73
C26=77	4,44	8,88	10,00	88,80	2047,53
C27=78	4,03	8,47	10,00	84,70	2132,23
C28	4,03	8,06	10,00	80,60	2212,83
C29	4,03	8,06	10,00	80,60	2293,43
C30	2,42	6,45	10,00	64,50	2357,93
C31	0,81	3,23	10,00	32,30	2390,23
C31+15.00	0,00	0,81	7,50	6,08	<b>2396,30</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM

CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")

Material Escavação(fundação)

Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5,00	0	0,00	0	0,00	0,00
C1	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
C2	8,87	8,87	10,00	88,70	88,70
C3	16,54	25,41	10,00	254,10	342,80
C4	8,07	24,61	10,00	246,10	588,90
C5	16,94	25,01	10,00	250,10	839,00
C6	17,75	34,69	10,00	346,90	1185,90
C7=58	18,15	35,90	10,00	359,00	1544,90
C8=59	19,77	37,92	10,00	379,20	1924,10
C9	18,56	38,33	10,00	383,30	2307,40
C10	0,00	18,56	10,00	185,60	2493,00
C11=62	10,08	10,08	10,00	100,80	2593,80
C12=63	20,57	30,65	10,00	306,50	2900,30
C13=64	80,68	101,25	10,00	1012,50	3912,80
C14=65	8,07	88,75	10,00	887,50	4800,30
C15	11,70	19,77	10,00	197,70	4998,00
C16=67	10,08	21,78	10,00	217,80	5215,80
C17	16,54	26,62	10,00	266,20	5482,00
C18=70	17,35	33,89	10,00	338,90	5820,90
C19=69	17,75	35,10	10,00	351,00	6171,90
C20=71	17,75	35,50	10,00	355,00	6526,90
C21=72	18,15	35,90	10,00	359,00	6885,90
C22=73	18,15	36,30	10,00	363,00	7248,90
C23=74	16,54	34,69	10,00	346,90	7595,80
C24=75	16,54	33,08	10,00	330,80	7926,60
C25=76	16,94	33,48	10,00	334,80	8261,40
C26=77	16,94	33,88	10,00	338,80	8600,20
C27=78	16,54	33,48	10,00	334,80	8935,00
C28	16,54	33,08	10,00	330,80	9265,80
C29	16,54	33,08	10,00	330,80	9596,60
C30	0,00	16,54	10,00	165,40	9762,00
C31	0,00	0,00	10,00	0,00	9762,00
C31+15,00	0,00	0,00	7,50	0,00	9762,00

**PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM**

**CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")**

**Material Revestimento**

Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5.00	1,92	0,00	0	0,00	0,00
C1	1,92	3,84	2,50	9,60	9,60
C2	1,92	3,84	10,00	38,40	48,00
C3	1,92	3,84	10,00	38,40	86,40
C4	1,92	3,84	10,00	38,40	124,80
C5	1,92	3,84	10,00	38,40	163,20
C6	1,92	3,84	10,00	38,40	201,60
C7=58	1,92	3,84	10,00	38,40	240,00
C8=59	1,92	3,84	10,00	38,40	278,40
C9	1,92	3,84	10,00	38,40	316,80
C10	1,92	3,84	10,00	38,40	355,20
C11=62	1,92	3,84	10,00	38,40	393,60
C12=63	1,92	3,84	10,00	38,40	432,00
C13=64	1,92	3,84	10,00	38,40	470,40
C14=65	1,92	3,84	10,00	38,40	508,80
C15	1,92	3,84	10,00	38,40	547,20
C16=67	1,92	3,84	10,00	38,40	585,60
C17	1,92	3,84	10,00	38,40	624,00
C18=70	1,92	3,84	10,00	38,40	662,40
C19=69	1,92	3,84	10,00	38,40	700,80
C20=71	1,92	3,84	10,00	38,40	739,20
C21=72	1,92	3,84	10,00	38,40	777,60
C22=73	1,92	3,84	10,00	38,40	816,00
C23=74	1,92	3,84	10,00	38,40	854,40
C24=75	1,92	3,84	10,00	38,40	892,80
C25=76	1,92	3,84	10,00	38,40	931,20
C26=77	1,92	3,84	10,00	38,40	969,60
C27=78	1,92	3,84	10,00	38,40	1008,00
C28	1,92	3,84	10,00	38,40	1046,40
C29	1,92	3,84	10,00	38,40	1084,80
C30	1,92	3,84	10,00	38,40	1123,20
C31	1,92	3,84	10,00	38,40	1161,60
C31+15.00	1,92	3,84	7,50	28,80	<b>1190,40</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÊM

CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")

Material **Expurgo**

Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5.00	0	0.00	0	0,00	0,00
C1	2,82	2,82	2,50	7,05	7,05
C2	2,02	4,84	10,00	48,40	55,45
C3	5,65	7,67	10,00	76,70	132,15
C4	6,05	11,70	10,00	117,00	249,15
C5	16,14	22,19	10,00	221,90	471,05
C6	16,14	32,28	10,00	322,80	793,85
C7=58	16,14	32,28	10,00	322,80	1116,65
C8=59	6,86	23,00	10,00	230,00	1346,65
C9	4,84	11,70	10,00	117,00	1463,65
C10	3,23	8,07	10,00	80,70	1544,35
C11=62	2,02	5,25	10,00	52,50	1596,85
C12=63	5,65	7,67	10,00	76,70	1673,55
C13=64	6,05	11,70	10,00	117,00	1790,55
C14=65	6,45	12,50	10,00	125,00	1915,55
C15	6,45	12,90	10,00	129,00	2044,55
C16=67	6,86	13,31	10,00	133,10	2177,65
C17	5,65	12,51	10,00	125,10	2302,75
C18=70	6,05	11,70	10,00	117,00	2419,75
C19=69	6,05	12,10	10,00	121,00	2540,75
C20=71	7,26	13,31	10,00	133,10	2673,85
C21=72	16,14	23,40	10,00	234,00	2907,85
C22=73	16,94	33,08	10,00	330,80	3238,65
C23=74	5,65	22,59	10,00	225,90	3464,55
C24=75	6,05	11,70	10,00	117,00	3581,55
C25=76	6,45	12,50	10,00	125,00	3706,55
C26=77	6,05	12,50	10,00	125,00	3831,55
C27=78	5,65	11,70	10,00	117,00	3948,55
C28	5,65	11,30	10,00	113,00	4061,55
C29	2,02	7,67	10,00	76,70	4138,25
C30	2,42	4,44	10,00	44,40	4182,65
C31	2,02	4,44	10,00	44,40	4227,05
C31+15.00	1,92	3,94	7,50	29,55	<b>4256,60</b>

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")

Material **Areia**

Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5.00	0	0,00	0	0,00	0,00
C1	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
C2	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
C3	7,26	7,26	10,00	72,60	72,60
C4	17,75	25,01	10,00	250,10	322,70
C5	22,19	39,94	10,00	399,40	722,10
C6	22,19	44,38	10,00	443,80	1165,90
C7=58	18,56	40,75	10,00	407,50	1573,40
C8=59	7,66	26,22	10,00	262,20	1835,60
C9	4,84	12,50	10,00	125,00	1960,60
C10	0,00	4,84	10,00	48,40	2009,00
C11=62	0,00	0,00	10,00	0,00	2009,00
C12=63	6,45	6,45	10,00	64,50	2073,50
C13=64	16,14	22,59	10,00	225,90	2299,40
C14=65	17,75	33,89	10,00	338,90	2638,30
C15	16,14	33,89	10,00	338,90	2977,20
C16=67	16,54	32,68	10,00	326,80	3304,00
C17	8,05	24,59	10,00	245,90	3549,90
C18=70	8,87	16,92	10,00	169,20	3719,10
C19=69	7,26	16,13	10,00	161,30	3880,40
C20=71	7,26	14,52	10,00	145,20	4025,60
C21=72	16,14	23,40	10,00	234,00	4259,60
C22=73	9,28	25,42	10,00	254,20	4513,80
C23=74	8,07	17,35	10,00	173,50	4687,30
C24=75	8,07	16,14	10,00	161,40	4848,70
C25=76	8,07	16,14	10,00	161,40	5010,10
C26=77	7,26	15,33	10,00	153,30	5163,40
C27=78	7,26	14,52	10,00	145,20	5308,60
C28	6,45	13,71	10,00	137,10	5445,70
C29	0,00	6,45	10,00	64,50	5510,20
C30	0,00	0,00	10,00	0,00	5510,20
C31	0,00	0,00	10,00	0,00	5510,20
C31+15.00	0,00	0,00	7,50	0,00	<b>5510,20</b>

**PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÊM**  
**CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")**

**Material Transição**

Seção	Área	Soma Área	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5.00	0	0,00	0	0,00	0,00
C1	2,02	2,02	2,50	5,05	5,05
C2	2,82	4,84	10,00	48,40	53,45
C3	4,02	6,84	10,00	68,40	121,85
C4	8,07	12,09	10,00	120,90	242,75
C5	9,68	17,75	10,00	177,50	420,25
C6	7,26	16,94	10,00	169,40	589,65
C7=58	9,68	16,94	10,00	169,40	759,05
C8=59	4,44	14,12	10,00	141,20	900,25
C9	4,03	8,47	10,00	84,70	984,95
C10	1,61	5,64	10,00	56,40	1041,35
C11=62	3,23	4,84	10,00	48,40	1089,75
C12=63	4,44	7,67	10,00	76,70	1166,45
C13=64	7,26	11,70	10,00	117,00	1283,45
C14=65	8,07	15,33	10,00	153,30	1436,75
C15	8,47	16,54	10,00	165,40	1602,15
C16=67	6,86	15,33	10,00	153,30	1755,45
C17	7,66	14,52	10,00	145,20	1900,65
C18=70	7,66	15,32	10,00	153,20	2053,85
C19=69	7,66	15,32	10,00	153,20	2207,05
C20=71	7,26	14,92	10,00	149,20	2356,25
C21=72	7,66	14,92	10,00	149,20	2505,45
C22=73	9,68	17,34	10,00	173,40	2678,85
C23=74	7,66	17,34	10,00	173,40	2852,25
C24=75	7,26	14,92	10,00	149,20	3001,45
C25=76	7,26	14,52	10,00	145,20	3146,65
C26=77	6,45	13,71	10,00	137,10	3283,75
C27=78	4,03	10,48	10,00	104,80	3388,55
C28	4,03	8,06	10,00	80,60	3469,15
C29	2,82	6,85	10,00	68,50	3537,65
C30	2,02	4,84	10,00	48,40	3586,05
C31	1,61	3,63	10,00	36,30	3622,35
C31+15.00	0,00	1,61	7,50	12,08	<b>3634,43</b>



PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM  
 CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")

Material Enrocamento

Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5.00	0	0,00	0	0,00	0,00
C1	3,63	3,63	2,50	9,08	9,08
C2	5,65	9,28	10,00	92,80	101,88
C3	6,45	12,10	10,00	121,00	222,88
C4	10,89	17,34	10,00	173,40	396,28
C5	29,04	39,93	10,00	399,30	795,58
C6	32,27	61,31	10,00	613,10	1408,68
C7=58	15,73	48,00	10,00	480,00	1888,68
C8=59	6,86	22,59	10,00	225,90	2114,58
C9	6,05	12,91	10,00	129,10	2243,68
C10	3,63	9,68	10,00	96,80	2340,48
C11=62	6,45	10,08	10,00	100,80	2441,28
C12=63	6,05	12,50	10,00	125,00	2566,28
C13=64	10,08	16,13	10,00	161,30	2727,58
C14=65	10,89	20,97	10,00	209,70	2937,28
C15	10,08	20,97	10,00	209,70	3146,98
C16=67	10,08	20,16	10,00	201,60	3348,58
C17	6,86	16,94	10,00	169,40	3517,98
C18=70	7,26	14,12	10,00	141,20	3659,18
C19=69	7,26	14,52	10,00	145,20	3804,38
C20=71	10,49	17,75	10,00	177,50	3981,88
C21=72	11,30	21,79	10,00	217,90	4199,78
C22=73	10,89	22,19	10,00	221,90	4421,68
C23=74	7,26	18,15	10,00	181,50	4603,18
C24=75	7,66	14,92	10,00	149,20	4752,38
C25=76	7,66	15,32	10,00	153,20	4905,58
C26=77	6,45	14,11	10,00	141,10	5046,68
C27=78	6,45	12,90	10,00	129,00	5175,68
C28	6,45	12,90	10,00	129,00	5304,68
C29	5,65	12,10	10,00	121,00	5425,68
C30	3,63	9,28	10,00	92,80	5518,48
C31	2,42	6,05	10,00	60,50	5578,98
C31+15.00	0,00	2,42	7,50	18,15	5597,13

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MUQUÉM					
CÁLCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM AUXILIAR "C")					
Material Aterro Compactado					
Seção	Area	Soma Area	dist/2	Volume	Volume Acum
C1-5,00	2,02	0,00	0	0,00	0,00
C1	5,65	7,67	2,50	19,18	19,18
C2	38,73	44,38	10,00	443,80	462,98
C3	89,96	128,69	10,00	1286,90	1749,88
C4	149,26	239,22	10,00	2392,20	4142,08
C5	224,69	373,95	10,00	3739,50	7881,58
C6	231,95	456,64	10,00	4566,40	12447,98
C7=58	168,22	400,17	10,00	4001,70	16449,68
C8=59	90,76	258,98	10,00	2589,80	19039,48
C9	88,34	179,10	10,00	1791,00	20830,48
C10	5,24	93,58	10,00	935,80	21766,28
C11=62	44,37	49,61	10,00	496,10	22262,38
C12=63	88,75	133,12	10,00	1331,20	23593,58
C13=64	141,19	229,94	10,00	2299,40	25892,98
C14=65	150,06	291,25	10,00	2912,50	28805,48
C15	149,66	299,72	10,00	2997,20	31802,68
C16=67	149,26	298,92	10,00	2989,20	34791,88
C17	100,85	250,11	10,00	2501,10	37292,98
C18=70	115,78	216,63	10,00	2166,30	39459,28
C19=69	98,83	214,61	10,00	2146,10	41605,38
C20=71	135,14	233,97	10,00	2339,70	43945,08
C21=72	154,50	289,64	10,00	2896,40	46841,48
C22=73	148,45	302,95	10,00	3029,50	49870,98
C23=74	100,85	249,30	10,00	2493,00	52363,98
C24=75	101,25	202,10	10,00	2021,00	54384,98
C25=76	101,25	202,50	10,00	2025,00	56409,98
C26=77	88,75	190,00	10,00	1900,00	58309,98
C27=78	89,96	178,71	10,00	1787,10	60097,08
C28	89,96	179,92	10,00	1799,20	61896,28
C29	36,73	126,69	10,00	1266,90	63163,18
C30	108,92	145,65	10,00	1456,50	64619,68
C31	5,65	114,57	10,00	1145,70	65765,38
C31+15,00	0,00	5,65	7,50	42,38	<b>65807,75</b>

**CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(TOMADA D'AGUA)**

**Material Escavação(SOLO)**

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
0	0	0	0	0	0
1	4,18	4,18	22,08	92,29	92,29
2	4,21	8,39	20,47	171,74	264,04
3	6,13	10,34	19,73	204,01	468,05
4	5,80	11,93	3,09	36,86	504,91
5	0,00	5,80	5,03	29,17	534,08
				534,08	

**CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(TOMADA D'AGUA)**

**Material Escavação(ROCHA)**

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
0	0	0	0	0	0
1	2,00	2,00	22,08	44,16	44,16
2	5,92	7,92	20,47	162,12	206,28
3	6,75	12,67	19,73	249,98	456,26
4	3,74	10,49	3,09	32,41	488,68
5	0,00	3,74	5,03	18,81	507,49
				507,49	

**CALCULO DE VOLUME DOS MATERIAS(BARRAGEM PRINCIPAL)**

**Material Escavação(fundação)**

Seção	Area	Soma área	dist/2	Volume	Volume Acum
02-2,00	2,7	0	0	0	0
2	5,25	7,95	1,00	7,95	7,95
3	18,56	23,81	10,00	238,10	246,05
4	16,94	35,50	10,00	355,00	601,05
5	53,65	70,59	10,00	705,90	1306,95
6	25,82	79,47	10,00	794,70	2101,65
7	26,22	52,04	10,00	520,40	2622,05
8	39,13	65,35	10,00	653,50	3275,55
9	90,76	129,89	10,00	1298,90	4574,45
10	112,95	203,71	10,00	2037,10	6611,55
11	28,24	141,19	10,00	1411,90	8023,45
12	0,00	28,24	10,00	282,40	8305,85
13	28,24	28,24	10,00	282,40	8588,25
14	22,19	50,43	10,00	504,30	9092,55
15	40,34	62,53	10,00	625,30	9717,85
16	52,44	92,78	10,00	927,80	10645,65
17	25,74	78,18	10,00	781,80	11427,45
18	11,00	36,74	10,00	367,40	11794,85
19	8,40	19,40	10,00	194,00	11988,85
19+10,00	0,00	8,40	5,00	42,00	<b>12030,85</b>

**PROJETO EXECUTIVO  
DA  
BARRAGEM MUQUEM**

**ANEXO 4 : CUSTO DA VAZÃO  
REGULARIZADA ANUAL**

## CUSTO DO PROJETO

• Barragem	3 448 510,18
• Desapropriação	581 225,19
Total	<u>4 029 735,37</u>

R\$

Transformando em dólar, temos

$$\text{R\$ } 4\,029\,735,37 / 1,08 = \text{US\$ } 3\,731\,236,45$$

Cálculo do custo do m<sup>3</sup> regularizado

Usando-se a equação

$$CA = \frac{CI(1 + im)}{Q_r \times FVA \times 86\,400 \times 365} \times (\text{US\$} / \text{m}^3 \times \text{ano})$$

onde

CA = custo da Vazão Regularizada Anual

CI = Custo inicial do empreendimento (barragem + desapropriação)  
(US\$ 3 731 236,45)

FVA = Fator de valor atual para  $i = 8\%$  a a , durante 30 anos, que é determinado pela fórmula

tem-se que

$$FVA = \frac{(1 + i)^t - 1}{i(1 + i)^t}, \text{ cujo valor é } \boxed{FVA = 11,19}$$

$Q_R = \text{Vazão regularizada (m}^3/\text{s)} = 0,341 \text{ m}^3/\text{s}$

$im = \text{Taxa de Manutenção} = 2\%$  do valor atualizado do investimento,

Logo

$$CA = \frac{3\,731\,236,45(1 + 0,02)}{0,341 \times 11,19 \times 86\,400 \times 365} = 0,0316 (\text{US\$}/\text{m}^3 \times \text{ano})$$

Dai, para cada 1 000 m<sup>3</sup> regularizado tem-se o custo final de

US\$ 31,60 ou R\$ 34,13