

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

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

**PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM SOUZA
NO MUNICÍPIO DE CANINDÉ**

**TOMO I
RELATÓRIO GERAL**

**VOLUME III
MEMORIAL DE CÁLCULO**

CONCREMAT

**FORTALEZA
DEZEMBRO DE 1996**

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM SOUZA

TOMO I
RELATÓRIO GERAL

VOLUME III

MEMORIAL DE CÁLCULOS



CONCREMAT
ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A.

Lote. 01544 - Prep () Scan (X) Index ()

Projeto Nº 18.500.1.025

Volume 1

Qtd A4 145 Qtd A3 _____

Qtd A2 _____ Qtd A1 _____

Qtd A0 _____ Outros _____

ORTALEZA
EZEMBRO/96



CONCREMAT
ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A.

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM SOUZA

**TOMO I
RELATÓRIO GERAL**

**VOLUME III
MEMORIAL DE CÁLCULOS**

006303



ÍNDICE

1 - Memorial de Cálculo

- 1 1 - *Antecedentes*
- 1 2 - *Estudos Hidrológicos*
- 1 3 - *Volume Disponível - Gestão*
- 1 4 - *Dimensionamento do Sangradouro*
- 1 5 - *Folga da Barragem*
- 1 6 - *Cálculo de Revanche R*
- 1 7 - *Determinação da cota do coroamento da barragem*
- 1 8 - *Determinação da altura máxima da barragem*
- 1 9 - *Cálculo da largura do coroamento*
- 1 10 - *Taludes da Barragem*
- 1 11 - *Estabilidade*
- 1 12 - *Dimensionamento do tapete de Montante*

1 12 1 - Dados do Projeto

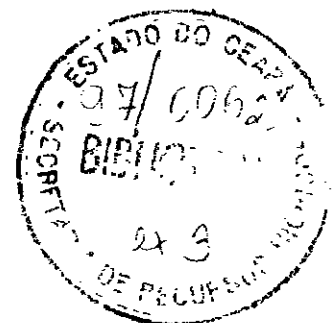
1 12 2 - Cálculo do Comprimento do Tapete

1 12.3 - Métodos de Verificação

1 12 3 1 - Método de Khosia

1 12 3 2 - Método de Gunther e Breth

1 12.4 - Resumo



001-094



- 1 13 - *Cálculo da Espessura do Tapete*
- 1 14 - *Cálculo da Descarga através do Maciço*
- 1 15 - *Rock-Fill*
- 1 16 - *Dimensionamento do "Rip-Rap"*
- 1 17 - *Dimensionamento da Tomada d'água*
- 1 18 - *Tratamento das Fundações*
- 1 19 - *Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro (1ª Alternativa)*
- 1 20 - *Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro (2ª Alternativa)*
- 1 21 - *3ª Alternativa*
- 1 22 - *Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro (3ª Alternativa)*
- 1 23 - *Análise de Estabilidade do Vertedouro*



1 - MEMORIAL DE CÁLCULO

1.1 - Antecedentes

O Açude Souza, localizado no município de Canindé, tem como finalidade o abastecimento da cidade de mesmo nome, a irrigação e a piscicultura

A escolha para o local do barramento foi feita por técnicos da SOHIDRA que elaboraram um projeto original, constituído de um maciço homogêneo

Por ocasião do contrato do presente projeto, a CONCREMAT visitou o local da barragem, inclusive pesquisando outros pontos de barramento, constatando ser este ponto o que apresentava melhores condições para a implantação do projeto

A partir da definição do local foram efetuados os levantamentos a seguir especificado

- **Perfil do Eixo da Barragem e Sangradouro**
- **Levantamento Planialtimétrico do Sítio da Barragem e Sangradouro**
- **Checagem do Levantamento da Bacia Hidráulica**
- **Curvas Cota-Área e Cota-Volume da Bacia Hidráulica**

1.2 - Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos geraram, em termos de formação do projeto executivo, os seguintes elementos:

a) Dimensionamento do Reservatório

Tendo em vista aos fatores condicionantes de ordem topográficas, a hidrologia de superfície (escoamento permitiu a determinação do volume armazenado, de 30,8 Hm³, bem próximo do volume médio escoado de 29, Hm³

Como consequência deste dimensionamento não se conseguiu atingir a máxima regularização que seria possível atingir com um volume acumulado de maior porte

Após definição do tamanho do reservatório, este apresenta as seguintes características



Área da bacia hidráulica	220Km ²
Linha de Fundo	5Km
Precipitação Média Anual	660,14mm - (Hidrologia)
Vazão Regularizada	0,3m ³ /s
Volume Afluente Anual	29,69hm ³ /ano - (Hidrologia)

1.3 - Volume Disponível - Gestão

Para gestão do reservatório foi utilizado o programa HEC 1, que forneceu os seguintes valores

VOLUME(m ³)	COTA M	Q 90 (SEM VA/(m ³ /s)	Q90(COMVA/m ³ s)
18 043 720	160,00	0,207	0,126
20 280 020	160,50	0,229	0,148
22 516 310	161,00	0,241	0,156
25 304 340	161,50	0,270	0,175
28 092 370	162,00	0,284	0,196
30 880 400	162,50	0,303	0,206
33 668 420	163,00	0,334	0,231
36 456 450	163,50	0,352	0,252
39 244 480	164,00	0,361	0,261

VA = Volume de Alerta

1.4 - Dimensionamento do Sangradouro

Para o dimensionamento do sangradouro foram determinadas as cheias para os diversos períodos de recorrência, e calculados os amortecimentos dessas cheias, para o vertedouro tipo CREAGER, com 100 e 130m de largura

O sangradouro do Açude Souza foi projetado para conter a descarga milenar amortecida, podendo dentro da revanche de barragem, ser contida de descarga decamilenar amortecida

$$Q^{1000} = 190,62 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (amortecida)} \quad Q^{1000} = 720,00 \text{ sem amortecimento}$$

$$Q^{10000} = 297,61 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (amortecida)} \quad Q^{10000} = 1042,00 \text{ sem amortecimento}$$

004007



1.5 - Folga da Barragem

A folga da barragem foi calculada pela fórmula de STEVENSON, em função do Fetch da bacia

$$f = 0,75 h + \frac{v^2}{2g}$$

onde

h = altura das ondas

$$h = 0,75 + 0,34 \sqrt{f} - 0,26 \sqrt[4]{f}$$

F = 5,5Km

$$h = 0,75 + 0,80 - 0,40 = 1,15m$$

v = velocidade das ondas

$$v = 1,5 + 2h$$

$$v = 1,5 + 2 \times 1,15 = 3,80 \text{ m/s}$$

assim

$$f = 0,75 \times 1,15 + \frac{(3,80)^2}{2g} = 1,60$$

adotado

$$f = 1,60$$

1.6 - Cálculo de Revanche: R

$$R = f + H_o$$

onde

$$f = \text{folga da barragem} = 1,60m$$

$$H_o = \text{lâmina de sangria} = 1,00m$$

$$R = 1,60 + 1,00$$

$$R = 2,60$$



1.7 - Determinação da cota do coroamento da barragem

$$C_c = C_s + R$$

onde

$$C_s = \text{cota da soleira do sangradouro} = 162,50$$

$$R = \text{revanche} = 2,60\text{m}$$

$$C_c = 162,50 + 2,60$$

$$C_c = 165,10$$

1.8 - Determinação da altura máxima da barragem

$$H_b = C_c - C_t$$

onde

$$C_c = \text{cota do coroamento} = 165,10$$

$$C_t = \text{cota do talweg} = 145,20$$

$$H_b = 165,10 - 145,20 = 19,90$$

$$H_b = 19,90$$

1.9 - Cálculo da largura do coroamento

Segundo Preece, o coroamento da barragem deverá ter a seguinte largura

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

onde

$$H_b = 17,40 \text{ m (altura da barragem)}$$

$$B = 1,1 \sqrt{19,40} + 0,9$$

$$B = 5,74 \quad \text{adotou-se} \quad B = 6,00 \text{ m}$$



1.10 - Taludes da Barragem

De conformidade com os estudos geotécnicos efetuados, o solo é classificado, como do tipo SC, segundo a classificação unificada dos solos do USBR

Foram adotados os seguintes taludes para a Barragem principal

a) Montante da cota 165,10 à cota 150,00 - cota do tapete impermeável 2 1

b) Jusante da cota 165,10 à cota - 155,00 2 1
da cota 155 - 148 (cota do rock-fill 2,5 1)

No talude de jusante, nas cotas 155,0 está prevista uma banquetta com 2,00 m de largura

1.11 - Estabilidade

Para análise da estabilidade foi utilizado o método de Bishop modificado, o que apresenta para cálculo do coeficiente de segurança a expressão

$$F = \sum \frac{c^1 + (p - u) \operatorname{tg} \phi \beta}{P_u b \operatorname{tg} \phi}$$

O cálculo da estabilidade foi feito para Fase de Construção, talude de Montante e Jusante

A tensão neutra induzida devido ao crescimento do aterro utilizado foi de 20%

A partir da geometria adotada, foi feito o estudo de estabilidade, considerando as hipóteses mais desfavoráveis, a seguir

Final de Construção (Talude de Montante e Jusante)

Para esta hipótese, foram tomadas os seguintes parâmetros

Material Silício-Argiloso :

$$\gamma = 21 \text{ KN/m}^3 \text{ (Peso específico aparente total de compactação)}$$

$$\phi = 26^\circ$$

$$C = 49$$



Areia :

$$\gamma = 28 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi = 28^\circ$$

$$C = 0$$

Fundação :

$$\gamma = 21 \text{ KNm}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$C = 18$$

Rocha:

$$\gamma = 23 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi = 35^\circ$$

$$C = 0$$

Para final de construção, \bar{B} foi adotado em 20% da pressão total

Foram pesquisados nos mesmos pontos da hipótese anterior os coeficientes de segurança, à procura do menor, sendo encontrado o valor mínimo

Foram utilizados nos cálculos de estabilidade valores mais conservadores que os obtidos nos ensaios de adensamento lento visto os mesmos só ocorrerem algum tempo após a construção da barragem

Resultados

Os fatores de segurança mínimos para barragens acima de 15 metros de altura, segundo Romich e Chikanagoppa - Handbook of Soil Mechanics and Foundation Engineering - são os seguintes



- Para esvaziamento rápido $F_s = 1,2$
- Final de Construção $F_s = 1,4$

O fator de segurança mínimo encontrado é o seguinte

- para Final de construção $F_s = 1,982$ (Jusante)
- $2,253$ (Montante)
- $R_u = 0,20$ - Fundação em areia - $F_s = 1,946$ (montante)
- $\phi = 27^\circ$ $c = 0$

***Ver anexo no final do volume**

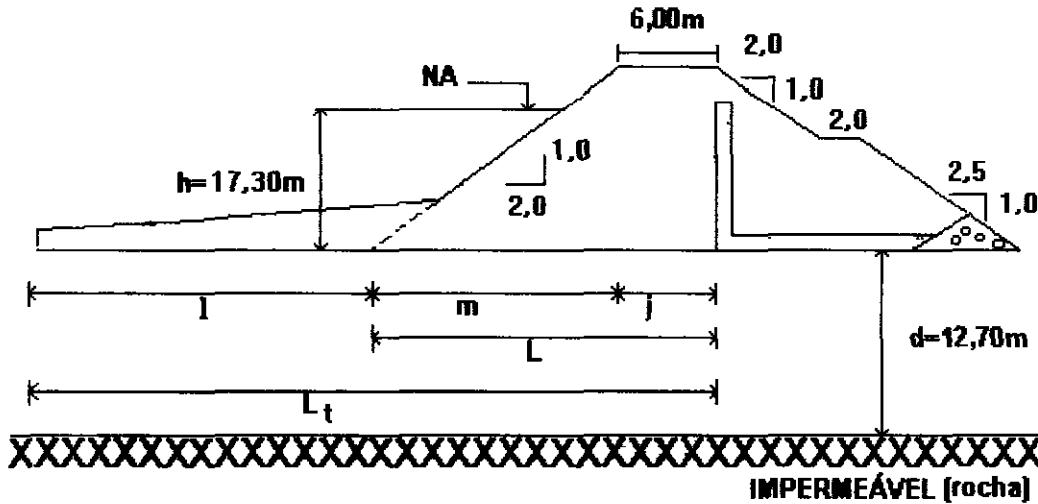
1.12 - Dimensionamento do Tapete de Montante

1.12.1 - Dados do Projeto:

- Altura máxima da barragem 19,90m
- Lâmina máxima 1,00m
- Folga 1,60m
- Revanche 2,60
- Altura máxima da água $19,90 - 2,60 = 17,30\text{m}$
- Profundidade máxima da fundação 12,70m
- Coeficiente de permeabilidade do maciço $k_m = 10^{-9}\text{m/s}$
- Coeficiente de permeabilidade da fundação $k_f = 10^{-4}\text{m/s}$



1.12.2 - Cálculo do Comprimento do Tapete:



$$m = 39,80\text{m}$$

$$j = 6,00\text{m}$$

$$L = 45,80\text{m}$$

$$L_t = e + m + j \text{ (comprimento total de percolação)}$$

$$L = m + j$$

$$L = 45,80$$

$$h = 17,30\text{m}$$

$$d = 12,70\text{m}$$

Segundo a Lei de Darcy, para escoamento e em meios porosos, a descarga através da fundação é dada por

$$Q = k_f i A$$

Onde Q - descarga através da fundação (m^3/s)

k_f - coeficiente de permeabilidade da fundação (m/s)

i - gradiente hidráulico (m/m)

A - seção transversal da fundação (m^2)



Assim, a descarga através da fundação, por unidade de largura será dada por

$$q = k_f \cdot h \cdot d \text{ (m}^3\text{/s/m)}$$

q - descarga através da fundação, por unidade de largura (m³/s)

h - altura da água (m)

d - espessura da fundação (m)

Considerando a Barragem construída sem tapete de montante, teremos

$$q = K_f \times \frac{h}{m+j} \times d = K_f \frac{h}{L} d$$

$$q = 10^{-4} \times \frac{17,30}{45,80} \times 12,70$$

$$q = 4,80 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

HIPOTHESES

1ª Hipótese: Barragem com Cut-Off Parcial - Turnbull & Creager

Segundo Turnbull & Creager, um "cut-off" parcial passa a diminuir sua eficiência a partir de profundidades superiores a 50% da espessura total do aluvião (camada permeável)

Para uma escavação de 80% de d , a redução da descarga é da ordem de 50% da descarga sem cut-off

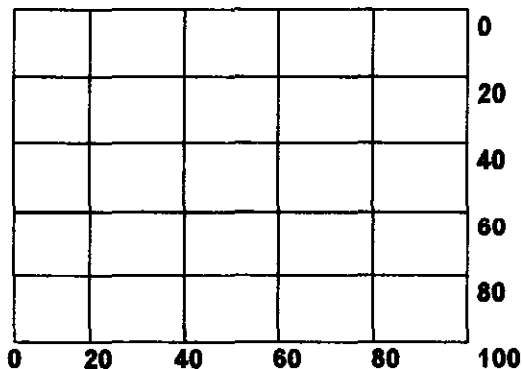
Chamando-se esta descarga reduzida de q_r , teremos

$$q_r = 0,50 \times q$$

$$q_r = 2,40 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$



Gráfico de Turnbull - Creager



2ª Hipótese - Barragem com Tapete Impermeável de Montante (Darcy)

Para o cálculo do tapete impermeabilizante de montante partimos da necessidade de reduzir a percolação através da fundação a níveis de descarga reduzida a 50% da descarga freática sem tapete

$$qr = \bar{k}_f \times \left(\frac{h}{l+m+j} \right) \times d$$

$$qr = k_f \times \frac{h}{l+L} \times d$$

$$l = \bar{k}_f \frac{d}{qr} (h) - L$$

$$l = 10^{-4} \left(\frac{12,70}{2,63 \times 10^{-4}} \right) 17,30 - 45,80$$

$$l = 37,74m$$

$$L_T = l + L = 37,74 + 45,80$$

$$L_T = 83,54m$$

3ª Hipótese: Barragem com Tapete de Montante - N.N.Pavlovsky

Os professores Pavlovsky e R N Davidenkof têm estudado o problema de percolação sob barragens, desde 1933 Em 1964, apresentaram uma expressão na qual adotam um coeficiente redutor do comprimento do tapete



Nesta expressão temos, este comprimento determinado por

$$l = \bar{k}_f \frac{d}{q_r} (h) - (m + j) - 0,88d$$

$$l = 10^{-4} \left(\frac{12,70}{2,63 \times 10^{-4}} \right) \times 17,30 - 45,80 - 0,88 \times 12,70$$

$$l = 26,56m$$

$$L_T = 26,56 + 45,80 = 72,36m$$

4ª Hipótese: Barragem com Tapete de Montante - Lane

O tapete calculado a partir dos resultados estatísticos de Bleigh & Lane tem por base a adoção de um coeficiente de segurança mínimo C para os diversos tipos de materiais. No caso da areia grossa, presente na fundação da barragem, C=5,00

Lane, em experimentos, definiu que a percolação variava de escoamentos vertical para horizontal, de modo a se ter, em média, $k_h = 9k_v$

Assim, o coeficiente C passou a ser função do tipo de percurso a ser vencido pela descarga freática, sendo expresso por

$$C = \frac{\sum l_v + \frac{1}{3} \sum l_h}{h}$$

Para o caso em estudo, temos

$$\sum l_v = h$$

$$\sum l_h = l + L$$

Assim



$$C = \frac{h + \frac{1}{3}(l + L)}{h}$$

$$l = 3(C - 1)h - L$$

$$l = 3(5 - 1)17,30 - 45,80$$

$$l = 161,80$$

$$L_T = l + L = 161,80 + 45,80$$

$$L_T = 207,60m$$

O método de Lane foi desenvolvido para vertedouros do tipo Creager, assentes sobre aluviões, com altura reduzida e com a primeira camada do aluvião mais impermeável, não se aplicando na presente barragem

5ª Hipótese: Barragem com Tapete de Montante - Turnbull & Mansur

Os autores utilizam uma correção na fórmula de Darcy e Pavlovsky

$$l = \bar{k}_f \frac{d}{q_r}(h) - (m + j) - 0,43d$$

$$l = \bar{k}_f \frac{d}{qr}h - L - 0,43d$$

$$l = 10^{-4} \frac{12,70}{2,63 \times 10^{-4}}(17,4) - 45,80 - 0,43 \times 12,70$$

$$l = 32,28m$$

$$L_T = 32,28 + 45,80 = 78,08m$$

6ª Hipótese: Barragem com Tapete de Montante - Bennett

O engenheiro Preston T Bennett fez uma análise matemática do comportamento de uma barragem com tapete impermeável de montante, assente sobre aluvião espesso, estabelecendo uma correlação entre o comprimento do tapete l e seu comprimento efetivo, a fim de verificar seu real efeito

A definição do tapete efetivo se dá a partir da expressão



$$L_e = \frac{\tanh a}{a} L$$

$$a = \sqrt{\frac{k_m}{\bar{k}_f d z_t}}$$

k_m = permeabilidade do maciço = 10^{-9} m/s

\bar{k}_f = permeabilidade média da fundação = 10^{-4} m/s

d = espessura do tapete = 12,70m

z_t = espessura do tapete = adotada em 3,00m

Para o caso de um tapete triangular, temos

$$a = \sqrt{\frac{k_m}{\bar{k}_f \times d \times Z_t}} = \sqrt{\frac{10^{-9}}{10^{-4} \times 12,70 \times 3}} = 1,96 \times 10^{-3}$$

Adotando-se para o comprimento do tapete o valor encontrado no cálculo segundo a 1ª hipótese de Turnbull & Creager (Lei de Darcy)

E o comprimento efetivo será

$$L = \frac{\tanh(1,96 \times 10^{-3})}{1,96 \times 10^{-3}} \times 83,54$$

$$L = 83,54m$$

1.12.3 - Métodos de Verificação:

1.12.3.1- Método de Khosia:

O engenheiro Khosia, com base nos cálculos de Terzaghi, estima o fator de segurança para a fundação constituída de areia, com os seguintes valores

Areia grossa $F_s = 5$ a 6

Areia fina $F_s = 6$ a 7



O gradiente crítico, segundo Y Hammad, para um aluvião pode ser expresso por.

$$i_c = (\gamma_{sat} - \gamma_a) (1 - e)$$

O professor Polubarinova-Kochina da Universidade Estadual de Moscou, sugere como gradiente de saída no pé do rock-fill a expressão

$$i_s = \frac{2 \left(\frac{h}{l+m+j} \right)}{(\pi) \sqrt{\left(1 + \frac{2}{3} \times \frac{(h)}{(l+m+j)} \right)^2 - 1}}$$

$$i_s = \frac{2L_T}{(\pi) \sqrt{\left(1 + \frac{2}{3} \times \frac{h}{L_T} \right)^2 - 1}}$$

onde

i_c - gradiente crítico

γ_{sat} - massa específica da areia, saturada

γ_a - massa específica da água

e - índice de vazios da areia

i_s - gradiente de saída

De acordo com os resultados obtidos com os ensaios efetuados em amostras da areia do aluvião, tem-se

Amostra 1 $\rightarrow \gamma_{h,a} = 1,81 \text{ t/m}^3$

Amostra 2 $\rightarrow \gamma_{h,a} = 1,76 \text{ t/m}^3$

Com base em resultados obtidos em outros aluviões, estima-se nas condições mais desfavoráveis, o aluvião com um índice de vazios igual a 60%.

Para a areia saturada, tem-se



$$S = \frac{V_a}{V_v} \times 100$$

sendo $V_a = V_v$

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + \gamma_a e}{1 + e}$$

$$\gamma_{h,a} = \gamma_s \left(\frac{1 + \frac{\gamma_a S e}{\gamma_s}}{1 + e} \right)$$

Para $e = 0,40$

$$S = 100\%$$

$$\gamma_{h,a} = \frac{\gamma_s + e}{1 + e}$$

$\gamma_a = 1 \text{ ton/m}^3$, tem-se

$$\gamma_s = \gamma_{h,a}(1 + e) - e$$

$$\gamma_s = 1,81(1 + 0,40) - 0,40$$

$$\gamma_s = 2,13 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e}{1 + e} = \frac{2,13 + 0,40}{1,40} = 1,81 \text{ t/m}^3$$

O gradiente crítico, para o aluvião estudado será

$$i_c = (1,81 - 1)(1 - 0,40)$$

$$i_c = 0,486$$

De acordo com Kochina, o gradiente na saída do impermeável da barragem será

$$IS = \frac{2 \left(\frac{17,30}{83,54} \right)}{(\pi) \sqrt{\left(1 + \frac{2}{3} \times \frac{17,30}{83,54} \right)^2 - 1}}$$

$$IS = \frac{0,414}{\pi \times 0,543}$$

$$IS = 0,243$$

E o fator de segurança será

$$Fs = \frac{I_c}{I_s} = \frac{0,486}{0,246}$$

$$Fs = 2,00$$

Este fator de segurança está abaixo do limite indicado por Khosia Adotando-se para o tapete um comprimento maior (150m) na parte central do rio teremos

$$IS = \frac{2 \times \frac{17,30}{150,00}}{(\pi) \sqrt{\left(1 + \frac{2}{3} \times \frac{17,30}{150,00} \right)^2 - 1}}$$

$$IS = \frac{0,231}{\pi \times 0,399}$$

$$IS = 0,184$$

O novo fator de segurança será

$$Fs = \frac{0,486}{0,184}$$

$$Fs = 2,64$$

Aceitável para tal tipo de obra



1.12.3.2 - Método de Gunther e Breth:

Os professores Breth e Gunther procuraram definir a barragem de terra submetida a carga hidráulica, com fundação assente sobre material permeável. Adotaram o que chamaram de Teoria Potencial, que tenta determinar a ação da percolação sobre a estrutura do aluvião. O resumo dos trabalhos dos professores está em que

1- Para condições de descarga freática sem provocar alevantamento do aluvião mais a jusante, o gradiente de saída poderá ser

$$0,20 \leq i_s \leq 0,60$$

2-A lixiviação das areias de aluvião dá-se sob a ação de cargas de percolação, quando

$U < 10$	—————>	$0,30 \leq i_s \leq 0,40$
$10 \leq U < 20$	—————>	$i_s = 0,20$
$U \geq 20$	—————>	$i_s = 0,10$

No caso da areia estudada em laboratório, foram obtidos os seguintes valores

	D_{10}	D_{60}	U
Amostra 1	5×10^{-2}	92×10^{-2}	0,05
Amostra 2	2×10^{-2}	71×10^{-2}	0,03

Tomando-se o valor do gradiente de saída, calculado $i_s = 0,184$ e analisando-se este valor temos

- Condição 1 $i_s = 0,184 \leq 0,20$
- Condição 2 Para o coeficiente de uniformidade U mais desfavorável, tem-se

$$U = 0,05 < 10 \longrightarrow i_s = 0,184 \leq 0,40$$



As duas condições não são atendidas, daí a necessidade de se aumentar o comprimento do tapete

1.12.4 - Resumo:

Hipótese	Comprimento do tapete (m) (mínimo)
Turnbull & Creager	83,54
N.N.Pavlovsky	72,36
Lane	207,60
Turnbull & Mansur	78,08
Bennett	83,54

Todos supondo a redução da percolação a 50% da que ocorreria sem tapete impermeável

Para um comprimento total de 150m, teremos uma redução maior da percolação, calculada pela Lei de Darcy

$$Q = K_r t A$$

$$Q = K_r \frac{h}{L_r} A$$

$$Q = 10^{-4} \times \frac{17,30}{150} \times 12,40$$

$$Q = 1,43 \times 10^{-4} m^3 / s / m$$

Valor inferior em $\left(\frac{1,43 \times 10^{-4}}{5,26 \times 10^{-4}} \right) = (83\%)$ a descarga pela fundação sem tapete

Neste caso aplicando o Método de Lane, para barragens de maior porte teremos $\frac{l+5}{4} > C$

com C para areia grossa igual a 5, $l + L = 150m$ $\frac{l+L}{4} = \frac{150,00}{4} = 37,5 > 5$, satisfazendo as

condições de estabilidade



1.13 - Cálculo da Espessura do Tapete:

O "Design of small dams" sugere, para pequenas barragens, que se adote uma espessura mínima do tapete igual a 10% da altura máxima da lâmina d'água, sendo o mínimo de 1,00m

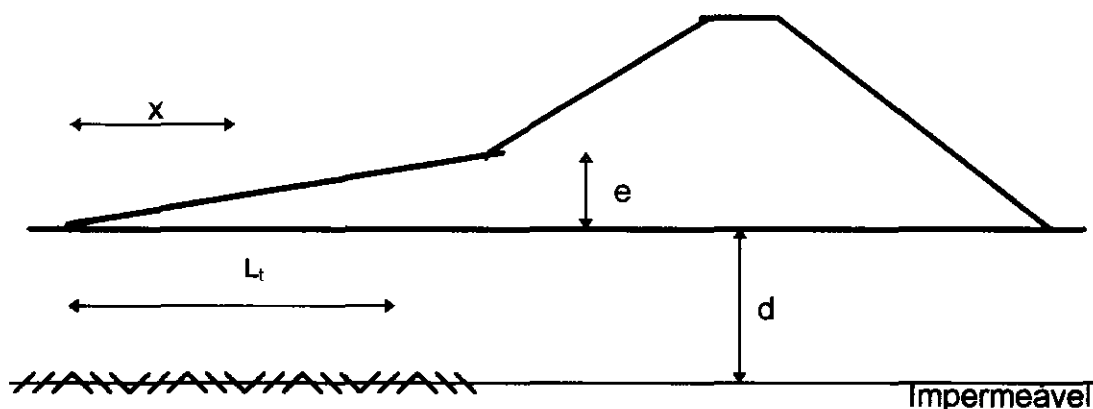
No caso, sendo a altura máxima da água de 17,30m, o tapete teria uma espessura mínima e constante de 1,73m

Considerando o tapete com seção triangular, a espessura (e) do tapete pode ser dada, segundo Mallet e Pacquant, pelas expressões

$$e_{\min} = 0,60 + \frac{L_t}{100}$$

$$e_{\max} = \frac{k_t}{k_f} \times \frac{l}{d} \times X$$

Onde



k_t = coeficiente de permeabilidade do tapete

k_f = coeficiente de permeabilidade da fundação

l = comprimento do tapete ($L_t - L$)

d = profundidade da camada permeável da fundação



Considerando que o tapete seja executado com o mesmo material do maciço, que possui um coeficiente de permeabilidade k_m da ordem de 10^{-9} m/s

$$k_t = 10^{-9} \text{ m/s}$$

Para a fundação, tomou-se o maior valor encontrado nas investigações geotécnicas, correspondendo à camada de areia fina a grossa, pouco compacta e medianamente compacta, SPT médio = 10

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

Com os valores adotados para o projeto, elaborou-se o seguinte

a) Para a espessura máxima

$$e_{max} = \frac{k_t}{k_f} \frac{l}{d} \times X$$
$$e_{max} = \frac{10^{-9}}{10^{-4}} \times \frac{104,00}{12,70} \times X$$

para

$$X = l$$

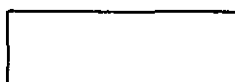
$$e_{max} = 0,85 \text{ cm}$$

b) Para a espessura mínima $e_{min} = 0,60 + \frac{L_t}{100}$

No caso para $l = 104,00\text{m}$, teremos $e_{min} = 1,64$

Como a espessura máxima encontrada é inferior à espessura mínima, conclui-se que o tapete deverá ter, neste caso, uma espessura constante igual à mínima encontrada.

Da prática, sugere-se um tapete variando de espessura, segundo uma declividade de 40(H) 1(V), a partir do aluvião. Assim, o tapete poderá assumir os seguintes valores. De acordo com o comprimento adotado de 104,00m, adotou-se para o tapete, as seguintes dimensões

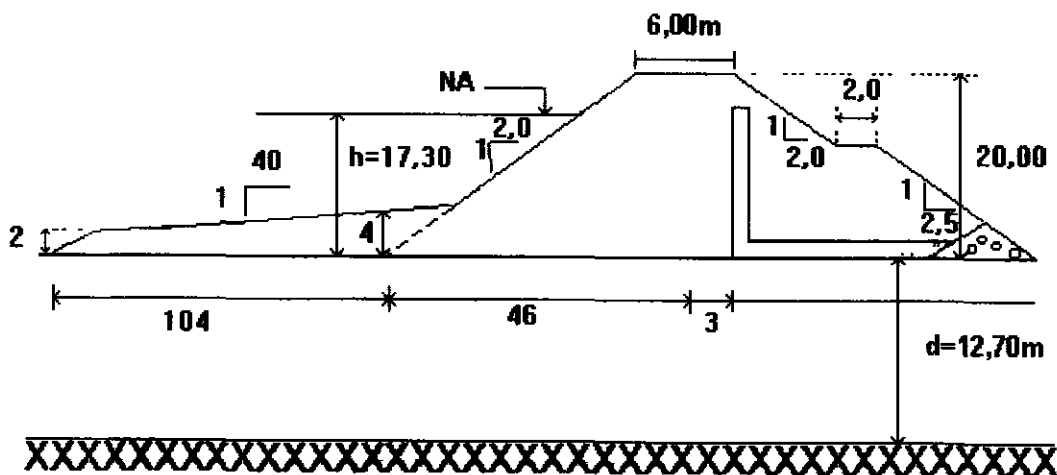


000025

$e_{mim} = 2,00m$ no extremo de montante

$e_{máx} = 4,00m$ no encontro c/ o espaldar de montante da barragem

A barragem assumirá as seguintes dimensões



1.14 - Cálculo da Descarga Através do Maciço

a) Determinação da parábola de Kozeny

$Q_b = K_I A$
 $K = 10^{-9} m/s$

Considerando a barragem anisotrópica $K_h = 9K_v$

Barragem transformada

$$x_t = \sqrt{\frac{K_v}{K_h}} x \quad x_t = \sqrt{\frac{K_v}{9K_v}} x \quad x_t = \frac{x}{3} \quad x = 3x_t$$

$$h = y = y_t = 17,40$$

Então

$$bt = \frac{21,64}{3} = 7,21$$

Parábola de Kozeny

$$\sqrt{x^2 + y^2} = x + y_0$$

$$\sqrt{xt^2 + yt^2} = xt + y_0$$

Sabe-se que o ponto (Bt,h) ∈ parábola transformada

Assim

$$\sqrt{(Bt)^2 + (h)^2} = Bt + y_0$$

$$\sqrt{(7,21)^2 + (17,40)^2} = 7,21 + y_0$$

$$y_0 = 11,62$$

=====

Então

$$\sqrt{xt^2 + yt^2} = xt + 11,62$$

$$xt^2 + yt^2 = xt^2 + 23,25xt + 135,13$$

$$yt = \sqrt{23,25xt + 135,13}$$

=====



Assim, parábola de seção transformada será

xt(m)	y(m)		x(m)	y(m)
5,81	0		-17,43	0
0	11,62	Parábola de	0	11,62
2	13,48		6,0	13,48
4	15,10	→→→→→	12	15,10
6	16,57	p	18	16,57
7,21	17,40	Kozeny real	21,63	17,40
		para x = 3 xt		

b) Cálculo do gradiente I:

$$I = \frac{h-a}{b} \Rightarrow I = \frac{17,40 - 11,62}{21,64}$$

$$I = 0,27$$

c) Cálculo da descarga

$$Q_b = 10^{-9} \times 0,28 \times (17,40 - 11,62) \times 1$$

$$Q_b = 1,62 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s/m}$$

d) Cálculo da espessura do tapete drenante:

A espessura do tapete é dado pela fórmula

$$e = \sqrt[2]{\frac{2 l x Q}{K_f}}$$

Onde

$$Q = 1,62 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s/m}$$

$$K_f = 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$l_t = 42,00$$



$$\sqrt[2]{\frac{2 \times 42,00 \times 1,12 \times 10^{-9}}{10^{-5}}} = 11,67 \times 10^{-2} m$$

e = Adotando um coef. segurança de 2

$$e_t = 2 \times 0,12$$

$$e = 0,24m$$

Foi adotada uma espessura de 1,00 metro para o filtro e 1,00m para o tapete

1.15 - Rock-Fill

Foi projetado um dreno de pé, para o talude de jusante, para facilitar a saída do fluxo proveniente da drenagem interna do maciço

O dreno terá seu coroamento na cota 147 com 2,00 m de largura, sendo prevista uma transição em brita com granulometria variada, tamanhos 1 a 3, com 0,50m de espessura

Entre o maciço e dreno de pé está previsto também uma camada de 0,50m de areia com granulometria para filtro, que se liga ao tapete drenante

1.16 - Dimensionamento do Rip-Rap:

a) O tenesse Valley Authority recomenda o dimensionamento do rip-rap através da fórmula

$$e = cv^2$$

onde

$$v = \text{velocidade das ondas} = 3,80m/s$$

c = coeficiente em função da inclinação do talude e do peso específico da rocha

sendo Talude 2 1

$$c = 0,028$$

$$\gamma_{rocha} = 2,65$$



TALUDE	C		
	$\sigma = 2,50$	$\sigma = 2,65$	$\sigma = 2,80$
12 1	0,024	0,022	0,020
4 1	0,027	0,024	0,022
3 1	0,028	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

$$e = 0,028 \times (3,80)^2 = 0,404 \rightarrow e = 0,404$$

=====

b) O U.S. BUREAU OF RECLAMATION recomenda para barragens com taludes em torno de 3 1, o dimensionamento do rip-rap em função do fetch

Sendo

$$F = 5,5\text{Km} \rightarrow c = 0,70 \text{ m}$$

FETCH (Km)	ESPESSURA (m)	PORCENTAGEM DOS BLOCOS EM PESO (ton) (103Kgf)			
		D_{max} (m)	D_{25} (m)	$D_{45 a 75}$ (m)	D_{25} (m)
1,5	0,45	0,50	0,15	0,05-0,15	0,05
3,0 a 4,0	0,60	0,75	0,30	0,15-0,30	0,15
8,0 a 10,0	0,75	1,25	0,50	0,25-0,50	0,25
15,0	0,90	2,50	1,00	0,50-1,00	0,50

D_n - diâmetro do bloco correspondente a n% na distribuição granulométrica da pedra utilizada

O U.S. ARMY CORPS recomenda o dimensionamento do rip-rap, em função da altura das ondas

$$p/h = 1,15\text{m} \rightarrow c = 0,45 \text{ m}$$

00-1030



ALTURA DA ONDA (m)	ESPESSURA MÁXIMA DO "RIP-RAP" (m)	D ₅₀ MÍNIMO (m)
0 - 0,30	0,30	0,20
0,30 - 0,60	0,40	0,25
0,60 - 1,20	0,45	0,30
1,20 - 1,80	0,55	0,40
1,80 - 2,40	0,70	0,45
2,40 - 3,00	0,80	0,55

D₅₀ - Diâmetro representativo de 50% do bloco de pedra a ser utilizado no enrocamento

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

$$P \geq 0,52 \gamma c^3$$

Onde

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

$$c = 0,52$$

$$P = 0,52 \times 2,65 \times (0,80)^3$$

$$P = \quad P \geq 0,70\text{t}$$

Então

$$D_{50} \geq 0,30$$

logo, a espessura total do rip-rap será de

$$c_t = c + c_1$$

$$c_t = 0,60 + 0,30 \quad - \quad c_t = 0,90 \quad \text{adotado } 1,00\text{m}$$



1.17 - Dimensionamento da Tomada d'água

A tomada d'água foi projetada na estaca com sua cota fixada em 149,25 (eixo) e 150,00 soleira, ficando portanto um volume de cerca de 540 000m³ para o porão do reservatório, correspondendo a uma reserva intangível de 1,8% do volume total de acumulação

Com base nos estudos hidrológicos realizados, a vazão máxima regularizada do reservatório é 0,30m³/s

Cálculo do Diâmetro da Galeria

O diâmetro da galeria é dado pela equação

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

onde

$$Q = \text{m}^3/\text{s} = 0,30 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (vazão máxima regularizada)}$$

$$v = f(h)$$

$$h_{\text{max}} = C_s - C_p$$

$$h_{\text{max}} = 162,50 - 150,00 = 12,50$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 12,50} = 15,01 \text{ m / s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,30}{\pi \times 15,01}} = 0,16 \text{ m}$$

Foi adotado um diâmetro de 0,50m, objetivando uma descarga maior no período de sangria, com conseqüente melhora da qualidade das águas mais profundas



1.18 - Tratamento das Fundações

Os valores constatadas na condutividade hidráulica nas diversas sondagens efetuadas nas ombreiras que constituíram as investigações das fundações mostram a necessidade de programar um tratamento mínimo que consiga equalizar as condições de percolação a valores toleráveis

Assim, serão normalizados, na presente programação, os procedimentos recomendados para minimizar os problemas consequentes do excesso de percolação, bem como a metodologia necessária à averiguação da eficiência do tratamento executado

Por se tratar da barragem com tapete impermeável de montante não se torna necessário o tratamento no vale (parte central)

É, contudo necessário conscientizar da possível necessidade de tratamento das ombreiras do mesmo, mediante acompanhamento técnico que permitirá adequar essas normas as reais condições do maciço rochoso, devendo, continuamente, serem introduzidas modificações na programação original, visando maximizar os efeitos esperados desse tratamento

- Programação Básica

O tratamento deverá ser executado em três etapas, sendo duas com programação já definida e a última, a depender dos resultados obtidos nas duas primeiras

Na etapa primária, os furos serão mais profundos e visarão obter um melhor conhecimento das condições de estanqueidade em profundidade Todos os furos irão até 3,00m de profundidade ou 2/3 da altura da água, a partir da cota 150,00, atingindo a cota máxima de 160,00

Na segunda etapa, os furos terão menor profundidade e serão intercalados aos primários, permitindo, em função dos resultados da primeira etapa, proceder já a alguma alteração na programação inicial

Na terceira etapa, os furos serão programados visando complementar o tratamento apenas nos trechos em que permaneceram os problemas de estanqueidade após a conclusão dos furos das etapas anteriores



- Sondagens

Localção, Números, Espaçamento e Profundidade

Os furos das duas primeiras etapas deverão ser inicialmente locados, já que os furos da terceira etapa somente terão sua localização definida após concluídas as duas primeiras

Na etapa primária os furos serão espaçados de 8m entre si, estando previstos 40 furos primários

Para a etapa secundária, será mantido o mesmo espaçamento entre furos, 8m, ficando, portanto, cada furo secundário distando 4m dos furos primários de entorno. Estão previstos 40 furos para essa etapa. Para a etapa terciária, estima-se uma quantidade maior de 80 furos.

Os furos das duas primeiras etapas serão verticais.

As profundidades dos furos primários no maciço rochoso variarão da forma que segue:

- da cota 158 até a cota 160 - 3m de profundidade
- entre as cotas 155 até a cota 158 - 2/3

Com tais variações, prevê-se para a etapa primária um total de 130 metros perfurados e injetados.

Essa profundidade é apenas prevista. A real profundidade de cada furo poderá exceder a prevista acima, caso o ensaio de perda d'água, no último trecho previsto, acuse perda d'água superior a $0,5H_v$.

Na segunda etapa, todos os furos terão a mesma profundidade entre 3 e 4 metros, no maciço rochoso, dependendo também dos resultados de absorção de calda dos furos primários.

Estima-se para essa etapa, uma profundidade total de 120 metros perfurados.

Para a terceira etapa a profundidade pode ser muito variada, em função dos resultados obtidos nas fases anteriores.

Para efeito de estimativa, prevê-se um total de 60m perfurados. Nota-se, assim, que, em termos de previsão, estima-se um total de 320m de perfuração para todo o tratamento dessas fundações.



- Método de Execução

O método de perfuração para toda a programação apresentada poderá ser o de percussão ("rock drill" ou "crawler") Caso haja necessidade de conhecer melhor alguma feição do maciço rochoso, poderá ser intercalada alguma sondagem rotativa

- Injeção

- Calda

A calda deve ser resultante da mistura de uma massa seca e água isenta de impureza A massa será constituída de cimento Portland(97%) e bentonita (3%)

Para iniciar a injeção, a consistência deverá ser de 2 1 (relação água. cimento - A/C), que deverá ter progressivamente reduzida a sua fluidez até atingir a relação A/C de 0,8 1

- Pressões

Em toda a programação acima definida, a pressão de injeção obedecer, inicialmente, aos seguintes critérios

- 3 primeiros metros 0,75Kg/cm²
- restante do furo 0,50 Kg/cm² x m de profundidade

O cálculo será feito tomando sempre para profundidade a distância vertical entre a boca do furo e o ponto médio do trecho injetado

Essas pressões poderão variar durante o tratamento, em função da necessidade de uma melhor adequação do processo, para as diferentes situações do maciço rochoso, principalmente, se ocorrerem perdas significantes através de fraturas

- Procedimento da Injeção



O furo deverá ser lavado, antes de iniciada a injeção, afim de retirar todos os detritos acumulados nas fraturas durante a perfuração, principalmente se for executado com ar comprimido. Essa limpeza deverá continuar até que a água de retorno esteja isenta de impurezas.

Ao iniciar a injeção, a calda deverá ter uma fluidez correspondente a 50% da calculada, segundo o critério definido no item anterior, sendo mantida tal condição durante 30 minutos.

A consistência da calda será gradualmente aumentada bem como a pressão de injeção, até atingir os limites estipulados para ambos os fatores. Nessas condições será procedida a injeção até que uma condições abaixo determine a sua conclusão:

- a) quando o consumo de cimento for inferior a 50Kg, durante um período de 30 minutos consecutivos,
- b) quando o consumo de cimento for nulo durante o período de 10 minutos consecutivos,
- c) quando houver surgência em outros locais que não possam ser vedados,
- d) quando não for possível atingir a pressão e houver uma tendência de refluxo da calda.

Caso ocorram surgências através de outros furos, deverá ser feita a injeção simultaneamente nos dois furos.

Quando houver refluxo da calda, logo após a conclusão da injeção, deverá ser fechado o registro da tubulação e mantido o obturador na posição em que foi injetado o trecho, durante o período de uma hora, a fim de dissipar a energia residual, sem provocar a fuga da calda injetada.

- Testes de Eficiência

A eficiência da injeção realizada em cada fase será testada através de ensaios de perda d'água, além do controle de absorção de cimento em cada furo nas sucessivas injeções procedidas.

Os ensaios de perda d'água deverão ser executados pelo método descendente, com um só estágio de pressão, calculado a partir da relação 0,3 Kg/cm² x m de absorção a cada 2 minutos.



- Procedimento do Tratamento

Em todas as etapas programadas, a metodologia de execução do tratamento recomendada é a seguinte

- perfurar os 3 primeiros metros, no maciço rochoso,
- fazer ensaio de perda d'água no trecho perfurado,
- injetar os 3 primeiros metros com o obturador a 0,50m no maciço rochoso e aguardar 2 horas,
- reperfurar o trecho injetado e prosseguir a perfuração com a execução de ensaios de perda d'água a cada 3m de perfuração,
- atingida a profundidade especificada e desde que não ocorram absorções superiores a 0,5 Hv no último estágio ensaiado, proceder a injeção de todo o furo, por trecho de 3m, de baixo para cima
- injetar com pressão atmosférica e calda com A/C de 1 1 o trecho de 3m superior e já tratado inicialmente

Em função da programação apresentada, espera-se os seguintes quantitativos para o tratamento previsto

- número de furos
- perfuração total
- ensaios de perda d'água
- injeção de cimento



1.19 - Dimensionamento Hidráulico do vertedouro

• CONSIDERAÇÕES GERAIS

O vertedouro de serviço do Açude Público Souza 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

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

Onde

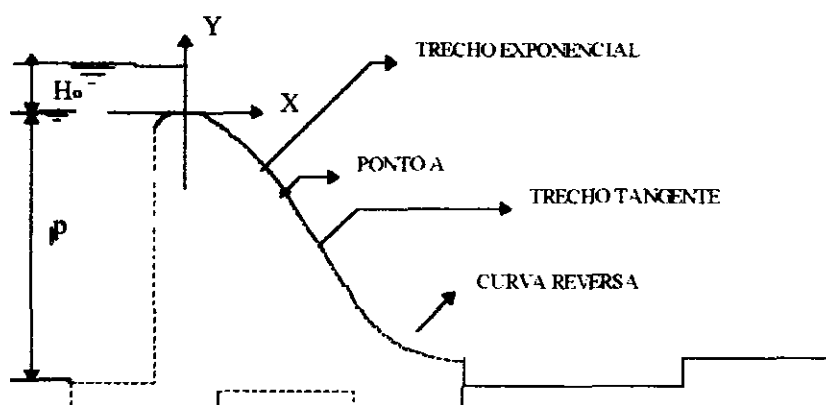
Q = descarga através do sangradouro

C_0 = coeficiente de descarga

L = largura do sangradouro

H_0 = lâmina máxima de sangria

O perfil assumirá a forma:



• DADOS DE PROJETO (1ª Alternativa)

No cálculo serão considerados os seguintes dados

- lâmina máxima de sangria	$H_0 = 1,00\text{m}$
- largura do sangradouro	$L = 130,00\text{m}$
- cota da soleira do sangradouro	$C_s = 162,50$
- cota do canal de acesso	$C_c = 159,00$
- profundidade do canal de acesso	$p = 162,50 - 159,00 = 3,50\text{m}$



• **DIMENSIONAMENTO**

Cálculo da largura do coroamento :

$$Q = C_0 L H^{3/2} \quad L = \frac{Q}{C_0 H^{3/2}} \therefore L = \frac{273,00}{C_0}$$

Sendo C_0 função da profundidade do canal de acesso e da lâmina máxima de sangria, a partir da relação $\frac{p}{H_0}$, verifica-se seu valor no ábaco a seguir, desenvolvido pelo USBR

$$\frac{p}{H_0} = \frac{3,50}{1,00} = 3,50 \quad \xrightarrow{\text{a baco}} \quad C_0 = 3,950 \text{ ft}^{-1/2} \quad \therefore C_0 = 2,18 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$$

Assim,

$$L = \frac{273,00}{2,18} \therefore L = 125,23\text{m}$$

No projeto, adotou-se **L=130,00m**

• **Determinação do perfil vertente**

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

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

Sendo

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

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

onde q é a descarga unitária no sangradouro

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{273,00}{130,00} = 2,10\text{m}$$



Sendo c_0 função da profundidade do canal de acesso e da lâmina máxima de sangria, a partir da relação $\frac{p}{H_0}$, verifica-se seu valor no ábaco a seguir, desenvolvido pelo USBR

admitindo-se valores para h_0 , obtém-se os valores de v_a e h_a

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

$$3,50 + 1,00 = 3,50 + h_0 + h_a,$$

$$v_a = \frac{q}{p + h_0} = \frac{2,10}{3,5 + h_0}$$

$$h_a = \frac{4,41}{19,62(3,5 + h_0)^2}$$

$$p + h_a + h_0 = (3,5 + h_0) + h_a$$

h_0	$p+h_0$	v_a	h_a	$p+h_0+h_a$
0,50	4,0000	0,5250	0,0140	4,0140
0,60	4,1000	0,5122	0,0134	4,1134
0,70	4,2000	0,5000	0,0127	4,2127
0,80	4,3000	0,4884	0,0122	4,3122
0,90	4,4000	0,4773	0,0116	4,4116
0,91	4,4100	0,4762	0,0116	4,4216
0,92	4,4200	0,4751	0,0115	4,4315
0,93	4,4300	0,4740	0,0115	4,4415
0,94	4,4400	0,4730	0,0114	4,4514
0,95	4,4500	0,4719	0,0114	4,4614
0,96	4,4600	0,4709	0,0113	4,4713
0,97	4,4700	0,4698	0,0112	4,4812
0,98	4,4800	0,4688	0,0112	4,4912
0,99	4,4900	0,4677	0,0111	4,5011
1,00	4,5000	0,4667	0,0111	4,5111

Então



$$h_0 = 0,99\text{m}$$

$$v_a = 0,47\text{m / s}$$

$$h_a = 0,01\text{m}$$

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 $\frac{h_a}{H_0}$ 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

$$\frac{h_a}{H_0} = \frac{0,01}{1,00} = 0,01$$

Paramento de montante 1(H) 10(V) → vertical



ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE MONTANTE

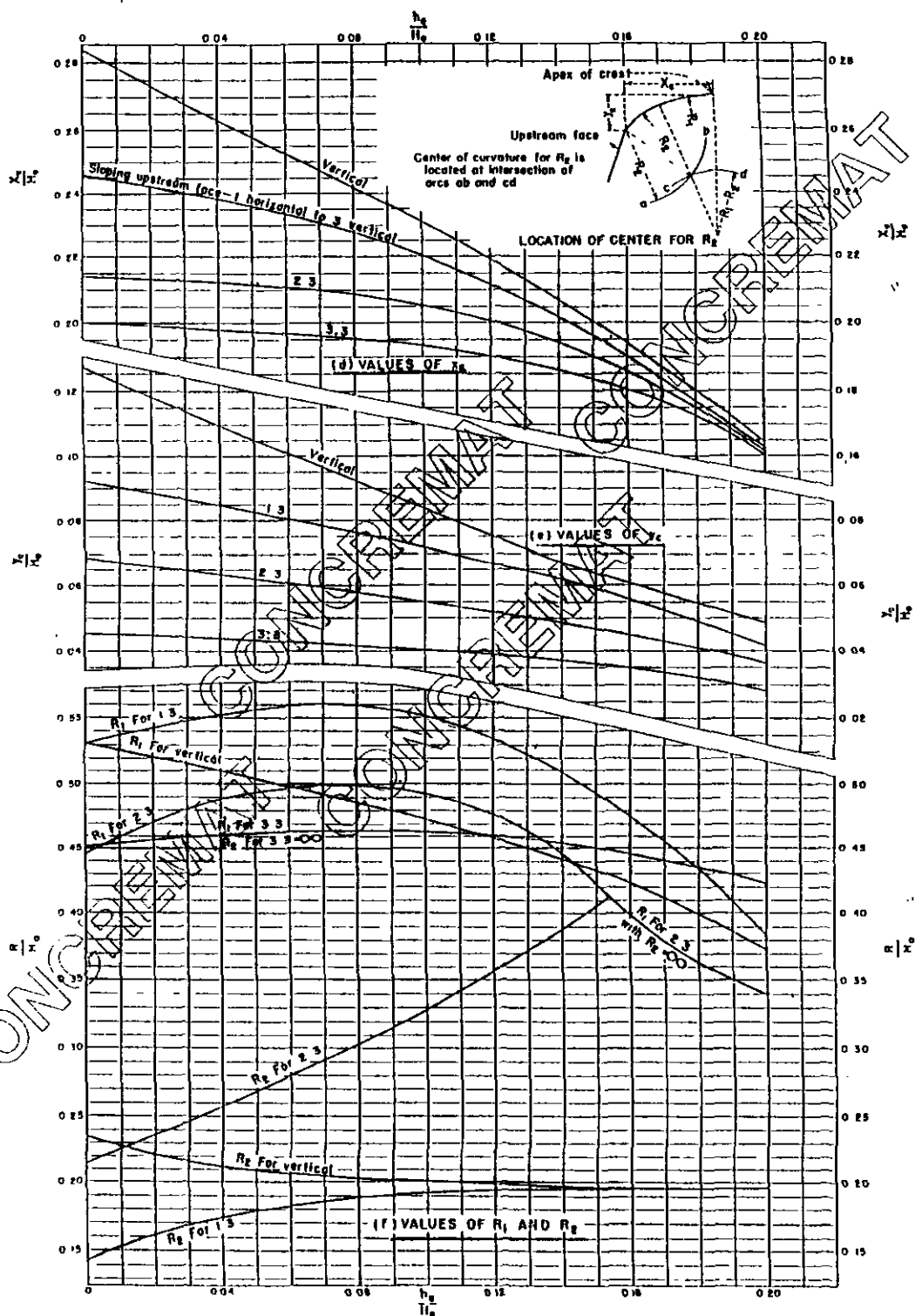


Figure 187 Factors for definition of nappe-shaped crest profiles (Sheet 2 of 2)



• **Parâmetros de Montante:**

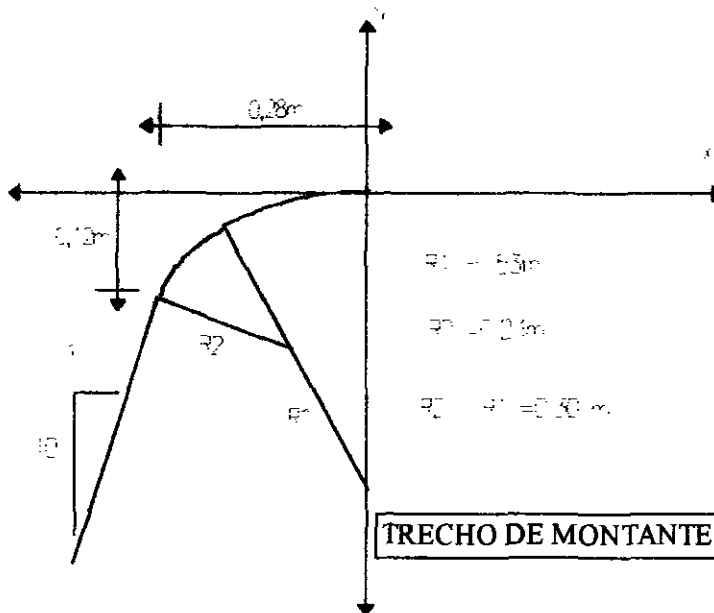
$$\frac{X_c}{H_0} = 0,278 \rightarrow X_c = 0,278 \times 1,00 = 0,278 \cong 0,28\text{m}$$

$$\frac{Y_c}{H_0} = 0,123 \rightarrow Y_c = 0,123 \times 1,00 = 0,123 \cong 0,12\text{m}$$

$$\frac{R_1}{H_0} = 0,525 \rightarrow R_1 = 0,525 \times 1,00 \cong 0,53\text{m}$$

$$\frac{R_2}{H_0} = 0,229 \rightarrow R_2 = 0,229 \times 1,00 \cong 0,23\text{m}$$

$$R_1 - R_2 = 0,53 - 0,23 = 0,30\text{m}$$



Parâmetros de Jusante :

ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE JUSANTE

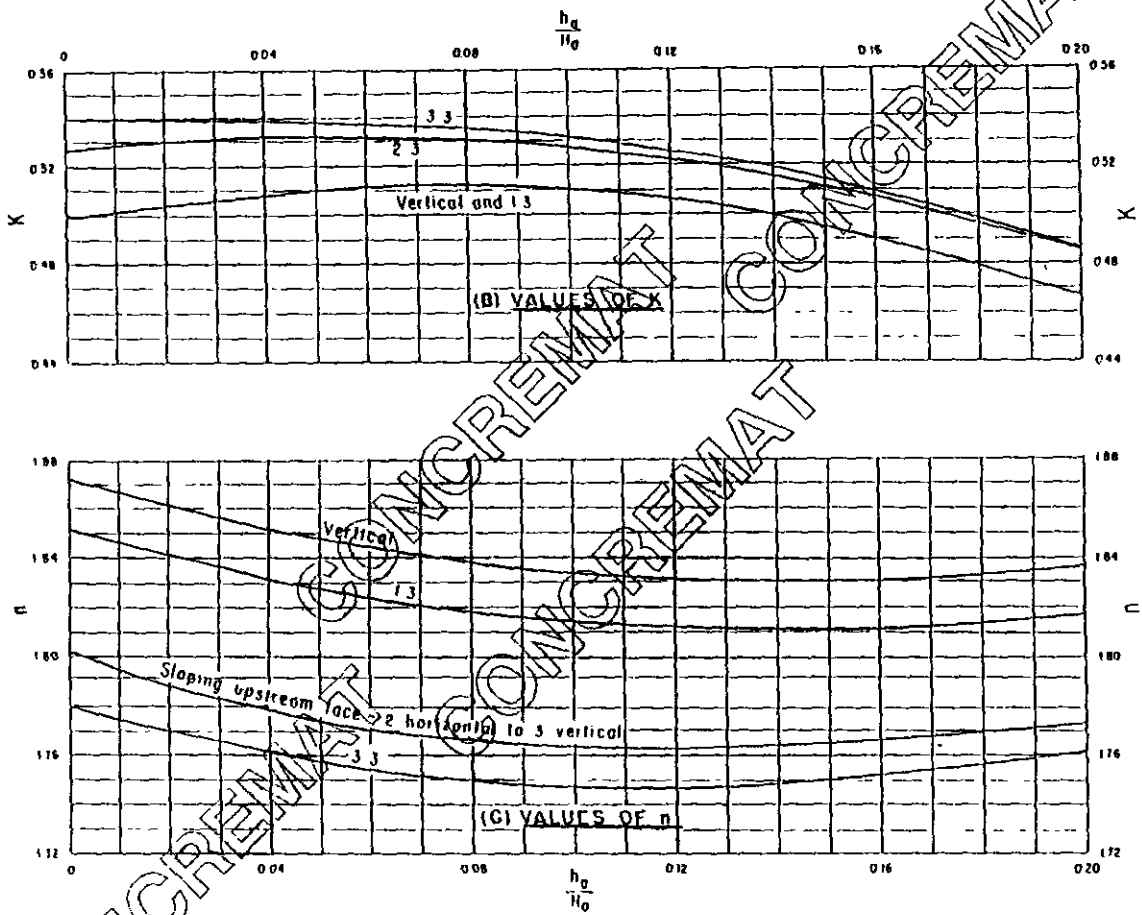


Figure 187 Factors for definition of nappe-shaped crest profiles (Sheet 1 of 2.)



Parâmetros de jusante :

$$K = 0,502$$

$$n = 1,867$$

A exponencial à jusante dos trechos circulares segue a equação

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

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

$$Y = -0,502 \times 1,00 \times \left(\frac{X}{1,00} \right)^{1,867}$$

$$Y = -0,502 X^{1,867}$$

A exponencial calculada deverá concordar com a reta de coeficiente angular igual a - 1,25, ou seja, taluda 1(V) 0,8(H), no ponto A (Xa, Ya), de tangência

• **Determinação do ponto A :**

Sendo



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

$$y = -0,502 X^{1,867}$$

$$-1,25 = -0,502 \times 1,867 \times X_A^{0,867}$$

$$X_A = 1,28\text{m}$$

$$Y_A = -0,502 X_A^{1,867}$$

$$Y_A = -0,502 \times (1,28)^{1,867}$$

$$Y_A = -0,800\text{m}$$

Então

Ponto A (1,28 ; -0,80)

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	0,90	-0,41
0,10	-0,01	1,00	-0,50
0,20	-0,02	1,10	-0,60
0,30	-0,05	1,20	-0,71
0,40	-0,09	1,28	-0,80
0,50	-0,14	1,30	-0,82
0,60	-0,19	1,40	-0,94
0,70	-0,26	1,50	-1,07
0,80	-0,33	1,60	-1,21

- **Equação da reta tangente à exponencial calculada, no ponto A :**

A reta que contém o ponto A (1,28 , -0,80), com coeficiente angular $dy/dx = -1,25$, terá a seguinte equação

$$\frac{Y - Y_A}{X - X_A} = \frac{d_y}{d_x}$$

$$Y - (-0,80) = -1,25(X - 1,28)$$



$$Y + 0,80 = -1,25X + 1,60$$

$$Y + 1,25X - 0,80 = 0$$

X	Y	X	Y
1,28	-0,80	5,50	-6,08
1,50	-1,08	6,00	-6,70
2,00	-1,70	6,50	-7,33
2,50	-2,33	7,00	-7,95
3,00	-2,95	7,50	-8,58
3,50	-3,58	8,00	-9,20
4,00	-4,20	8,50	-9,83
4,50	-4,83	9,00	-10,45
5,00	-5,45	9,50	-11,08

- **Salto de Esqui ou trampolim**

Para afastar as águas de sangria do pé do vertedouro, foi previsto um salto de esqui, dimensionado segundo orientação do Bureau of Reclamation

- **Raio do trampolim:**

O raio do trampolim deve ser dimensionado para manter uma corrente concêntrica ao mover-se a água ao longo da curva. A curvatura deve ser tal que as pressões no piso não alterem a distribuição laminar da corrente de água. Assim, o raio se determina através da equação:

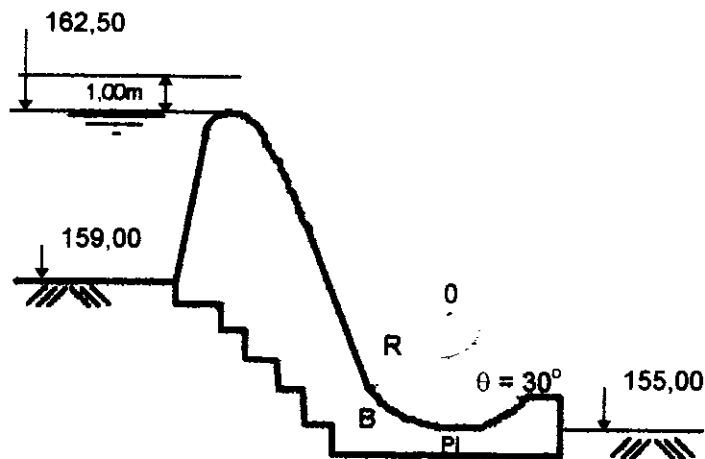
$$R = \frac{2dv^2}{p}$$

Onde

d = tirante d'água em ft

v = velocidade em ft/s

p = pressão dinâmica normal exercida sobre o piso da bacia, em lb/ft²



Então, em PI tem-se

a) Velocidade

$$v_B = \sqrt{2gz} = \sqrt{2 \times 9,81 \times z}$$

$$z = p + h_0 = (162,50 - 155,00 + 0,99) = 8,49\text{m}$$

$$v_B = \sqrt{2 \times 9,81 \times 8,49} \therefore v_B = 12,91\text{m/s ou } v_B = 42,35\text{ft/s}$$

b) Tirante d'água em B

$$d_B = \frac{q}{v_B} = \frac{2,10}{12,91}$$

$$\therefore d_B \cong 0,16\text{m ou } d \cong 0,53\text{ft}$$

c) Pressão em B



$$P = \frac{2\omega A \operatorname{sen}\theta(d + h_v)}{A} = 2\omega \operatorname{sen}\theta(d + h_v)$$

onde

$$\omega = 1000 \text{Kg} / \text{m}^3$$

$$\theta = 30^\circ \text{ (adotado)}$$

$$(d + h_v) = z = 8,49 \text{m}$$

$$P = 2 \times 1000 \times \operatorname{sen} 30^\circ \times 8,49$$

$$P = 8.490 \text{Kg} / \text{m}^2 \text{ ou } P = 1.739,82 \text{ lb} / \text{ft}^2$$

Assim,

$$R \geq \frac{2 \times d \times v^2}{P} \geq \frac{2 \times 0,53 \times (42,35)^2}{1739,82} \geq 1,09 \text{ft}$$

$$\boxed{R \geq 0,33 \text{m}}$$

O bureau recomenda ainda, que o raio seja no mínimo 5d

$$\text{Sendo } d = 0,16 \text{m} \Rightarrow 5d = 0,80 \text{m}$$

O raio deverá ser maior que 0,80m

• **Cálculo do raio para a curva reversa:**

Verificando também a orientação de Ven Te Chow, o raio da curva reversa, que será o mesmo do salto, deverá assumir o seguinte valor

$$\boxed{R \geq 10^*}$$

Onde



$$x = \frac{v + 6,4H + 16}{3,6H + 64}$$

sendo.

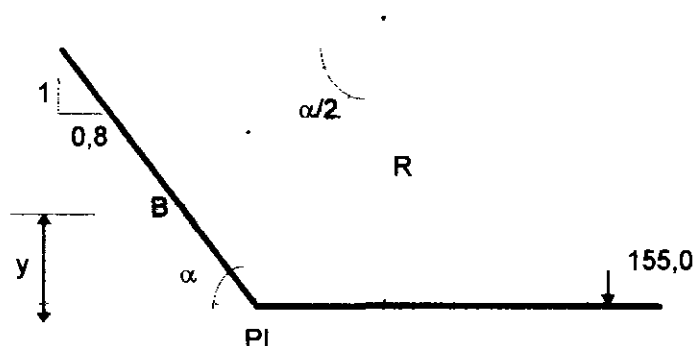
v = velocidade na entrada da curva, dada por

$$v = \sqrt{2gz} \text{ (ft / m)}$$

$$H = h_0 = 0,99\text{m ou } H = 3,25 \text{ ft}$$

Assim, adotando-se um raio $R = 3,00\text{m}$ ($>0,80\text{m}$), verificamos se satisfaz à indicação de Ven Te Chow

• Cálculo do ponto de origem da curva reversa : Ponto B



$$\alpha = \text{artg}(1,25) \quad \therefore \alpha = 51,34^\circ$$

$$\text{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{\text{BPI}}{R} \quad \therefore \text{BPI} = 3,00 \times \text{tg}\left(\frac{51,34}{2}\right) \quad \therefore \text{BPI} = 1,44\text{m}$$

$$y = \text{BPI} \text{ sen } \alpha \quad y = 1,44 \times \text{sen}(51,34^\circ) \quad y = 1,12\text{m}$$

$$\text{então } y_B = 162,50 - 155,00 - 1,12 \Rightarrow y_B = 6,38\text{m}$$

Sendo $y + 1,25X - 0,80 = 0$, a reta que contem o ponto B, tem-se

$$x_B = 5,74\text{m}$$



E as coordenadas do ponto B em relação à origem dos eixos passando pela soleira do vertedouro, será

$$\boxed{B (5,74; -6,38)}$$

Assim, a velocidade do fluxo na entrada da curva será

$$v = \sqrt{2gz}, \text{ com } z = y_B + h_o$$

$$z = 6,38 + 0,99$$

$$z = 7,37\text{m}$$

$$v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 7,37} \quad \therefore v = 12,02 \text{ m/s}$$

ou $v = 39,45 \text{ ft/s}$

$$\text{então } x = \frac{39,45 + 6,4 \times 3,25 + 16}{3,6 \times 3,25 + 64}$$

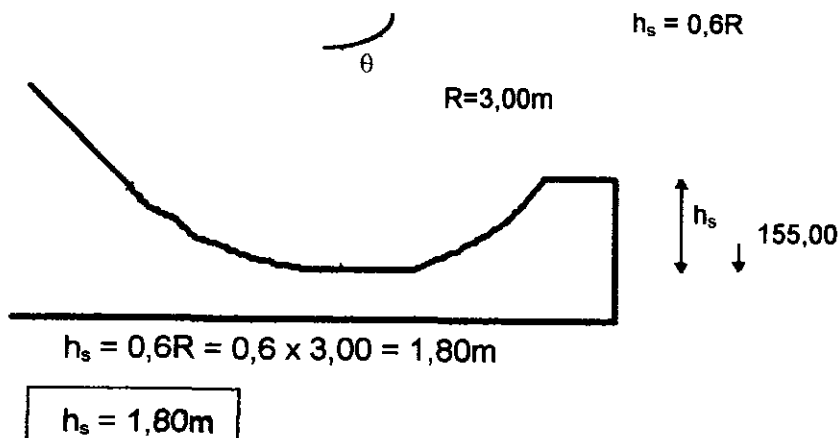
$$x = 1,00$$

$$\text{e } R \geq 10^x \Rightarrow R \geq 10 \text{ ft}$$

ou $\boxed{R \geq 3,00\text{m}}$

O raio adotado de 3,00m, satisfaz à condição de Ven Te Chow

. **Cálculo da altura do salto: h_s**



• **Cálculo da cota de saída do jato: C_{sj}**

$$C_{sj} = 155,00 + h_s = 155,00 + 1,80$$

$$C_{sj} = 156,80$$

• **Cálculo do alcance do jato:**

Tomando como origem das coordenadas a saída do trampolim, a trajetória do jato d'água se obtém por meio da equação

$$y = x \operatorname{tg} \theta - \frac{x^2}{k[4(d + h_v) \cos \theta]}$$

sendo $\theta = 30^\circ$ (raio recomendado pelo Bureau of Reclamation - $\theta \leq 30^\circ$)

$$k = 0,9 \text{ (coeficiente considerando as perdas por atrito com o ar)}$$

O alcance horizontal se obtém, quando $y = 0$ Então

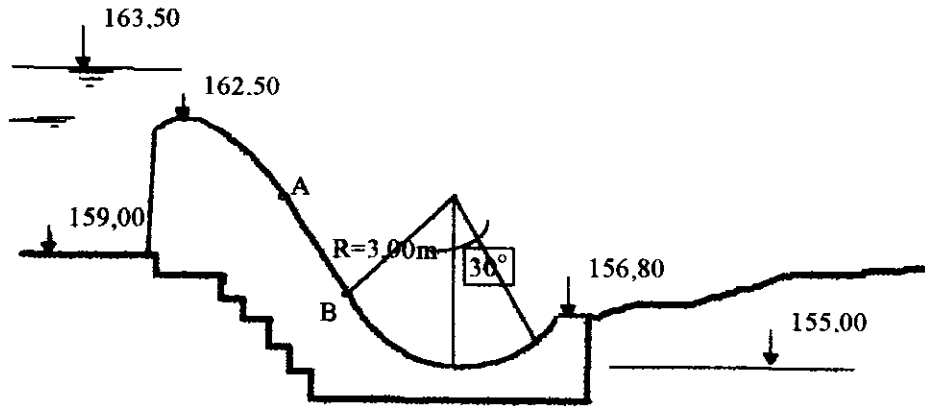
$$x = 2k(d + h_v) \operatorname{sen} 2\theta$$

$$(d + h_v) = (162,50 - 155,00) + 0,99 + 1,80 = 6,69$$

$$x = 2 \times 0,9 \times 6,69 \times \operatorname{sen} (2 \times 30)$$

$$x = 10,43\text{m}$$

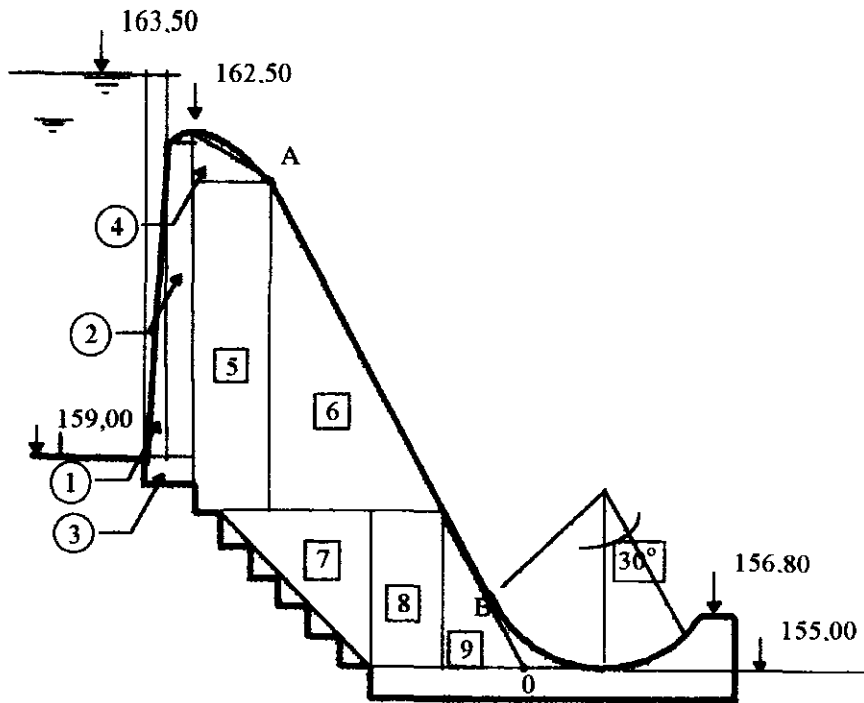
O perfil assumirá a seguinte seção esquemática





4.19 - ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO VERTEDOURO

A estabilidade do perfil vertedouro foi calculada em relação ao ponto 0, mostrado no esquema abaixo





CONSIDERANDO TALUDE DE JUSANTE 1 1

Seção	Base (m)	Altura (m)	Peso específico (t/m ³)	Peso (t)	Força horizontal (t)	Braço (m)	Momento (tm)
1	0,34	3,38	2,40	1,37		6,87	9,42
2	0,12	3,50	2,40	1,01		6,70	6,75
3	0,46	0,50	2,40	0,55		6,87	3,78
4	1,28	0,80	2,40	1,23		5,86	7,20
5	1,28	3,70	2,40	11,37		6,00	68,20
6	2,96	3,70	2,40	13,14		4,37	57,48
7	2,50	2,50	2,40	7,50		5,31	39,80
8	1,24	3,00	2,40	8,93		3,02	26,96
9	2,40	3,00	2,40	8,64		1,60	13,82
Água	0,34	3,38	1,00	0,57		6,99	3,99
			F_v = 54,31			M_R = 237,40	
Empuxo	4,50	4,50	1,00		10,13	6,33	-64,13
Subpressão	7,10	4,5	1,00	-10,13		4,73	-47,91
			F_v = -10,13			M_S = -112,04	

FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO:

FS = 2,12

FATOR DE SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO:

FS = 6,36

FATOR DE SEGURANÇA A FLUTUAÇÃO

FS = 5,38

1.20 - Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro (2ª Alternativa)

Após discussões no Painel, optamos pelo cálculo de uma 2ª Alternativa para o sangradouro do açude Souza, indo o perfil na parte de jusante até a rocha sã (80% de recuperação e optando por adotar para o vertedouro uma largura de 100 metros

Este vertedouro de serviço do Açude Público Souza foi 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

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

Onde

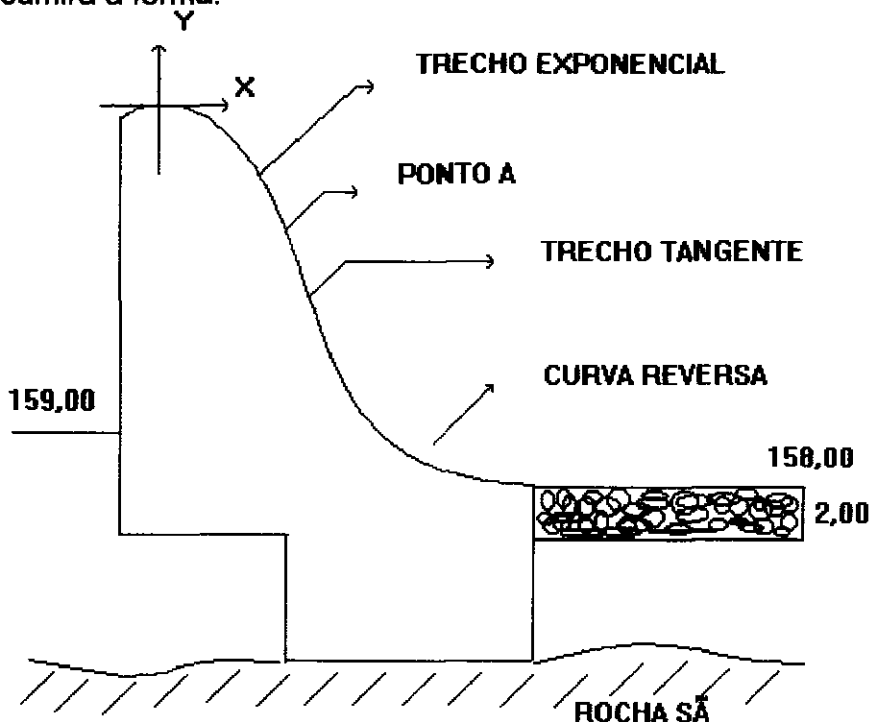
Q = descarga através do sangradouro

C₀ = coeficiente de descarga

L = largura do sangradouro

H₀ = lâmina máxima de sangria

O perfil assumirá a forma:





• **DADOS DE PROJETO**

No cálculo serão considerados os seguintes dados

- $Q_{100 \text{ amort}}$ = 220m³/s
- lâmina máxima de sangria H_o = 1,00m
- largura do sangradouro L = 100,00m
- cota da soleira do sangradouro C_s = 162,50
- cota do canal de acesso C_c = 159,00
- profundidade do canal de acesso p = 162,50 - 159,00 = 3,50m
- cota do canal de restituição C_r = 158,00
- cota da rocha sã = 155,00

• **DIMENSIONAMENTO**

Cálculo da largura do sangradouro para $H = 1,00$:

$$Q = C_0 L H^{3/2} \quad \cdot \quad L = \frac{Q}{C_0 H^{3/2}} \quad \cdot \quad L = \frac{220,00}{C_0} = 100,45$$

$L = 100m$

Sendo C_0 função da profundidade do canal de acesso e da lâmina máxima de sangria, a partir da relação $\frac{p}{H_o}$, verifica-se seu valor no ábaco a seguir, desenvolvido pelo USBR

$$\frac{p}{H_o} = \frac{3,50}{1,00} = 3,50 \quad \xrightarrow{\text{a baco}} \quad C_0 = 3,950 \text{ ft}^{-1/2} \quad \cdot \quad C_0 = 2,18 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$$

Assim,

$$L = \frac{220,00}{2,18} \quad L = 100,45m$$

No projeto, adotou-se

L=100,00m

000057

Contendo a cheia centenária amortecida

- **Determinação do perfil vertente**

Para o dimensionamento do perfil vertente, foram seguidas as recomendações do U S Bureau of Reclamation

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

Sendo

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

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

onde q é a descarga unitária no sangradouro

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{220,00}{100,00} = 2,20\text{m}$$

admitindo-se valores para h_0 , obtém-se os valores de v_a e h_a

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

$$3,50 + 1,00 = 3,50 + h_0 + h_a,$$

$$V_a = \frac{q}{p + h_0} = \frac{2,20}{3,5 + h_0}$$

$$h_a = \frac{q^2}{(p + h_0)^2 2g}$$

$$h_a = \frac{4,84}{19,62(3,5 + h_0)^2}$$

$$p + h_a + h_0 = (3,5 + h_0) + h_a$$



h ₀	p+h ₀	v _a	h _a	p+h ₀ +h _a
0,50	4,0000	0,5500	0,0154	4,0154
0,60	4,1000	0,5366	0,0147	4,1147
0,70	4,2000	0,5238	0,0140	4,2140
0,80	4,3000	0,5116	0,0133	4,3133
0,90	4,4000	0,5000	0,0127	4,4127
0,91	4,4100	0,4989	0,0127	4,4227
0,92	4,4200	0,4977	0,0126	4,4326
0,93	4,4300	0,4966	0,0126	4,4426
0,94	4,4400	0,4955	0,0125	4,4525
0,95	4,4500	0,4944	0,0125	4,4625
0,96	4,4600	0,4933	0,0124	4,4724
0,97	4,4700	0,4922	0,0123	4,4823
0,98	4,4800	0,4911	0,0123	4,4923
0,99	4,4900	0,4900	0,0122	4,5022
1,00	4,5000	0,4889	0,0122	4,5122

Então

$$h_0 = 0,99\text{m}$$

$$v_a = 0,49\text{m/s}$$

$$h_a = 0,01\text{m}$$

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

$$\frac{h_a}{H_0} = \frac{0,01}{1,00} = 0,01$$

Paramento de montante 1(H) 10(V) → vertical



ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE MONTANTE

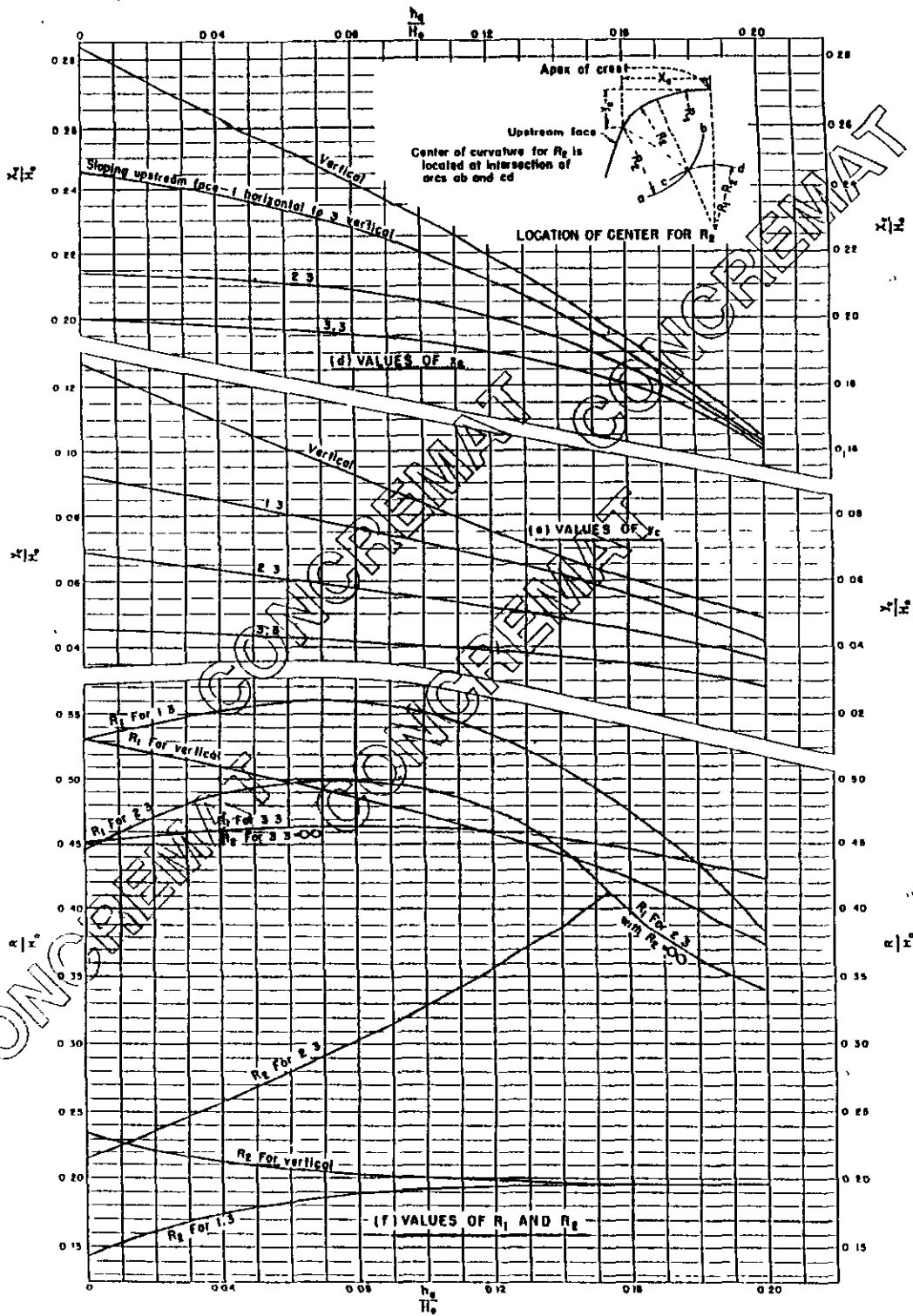


Figure 187. Factors for definition of nappe-shaped crest profiles (Sheet 2 of 2)

000000



• **Parâmetros de Montante:**

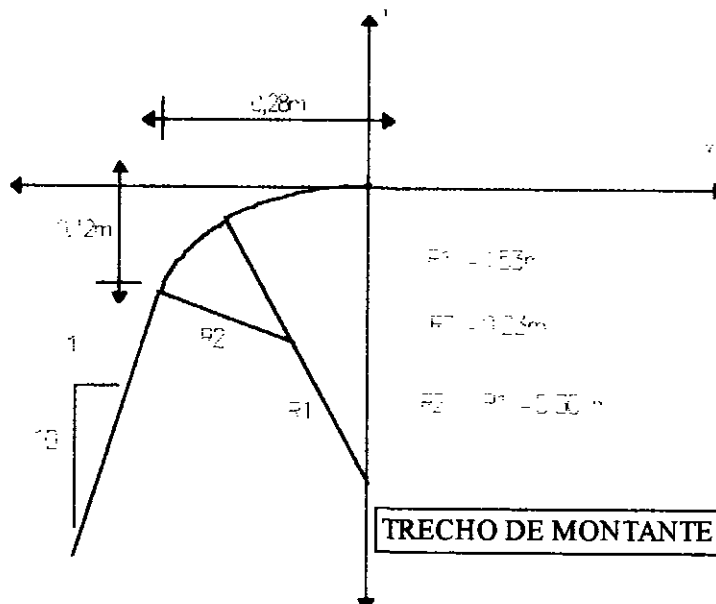
$$\frac{X_c}{H_0} = 0,278 \rightarrow X_c = 0,278 \times 1,00 = 0,278 \cong 0,28\text{m}$$

$$\frac{Y_c}{H_0} = 0,123 \rightarrow Y_c = 0,123 \times 1,00 = 0,123 \cong 0,12\text{m}$$

$$\frac{R_1}{H_0} = 0,525 \rightarrow R_1 = 0,525 \times 1,00 \cong 0,53\text{m}$$

$$\frac{R_2}{H_0} = 0,229 \rightarrow R_2 = 0,225 \times 1,00 \cong 0,23\text{m}$$

$$R_1 - R_2 = 0,53 - 0,23 = 0,30\text{m}$$





ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE JUSANTE

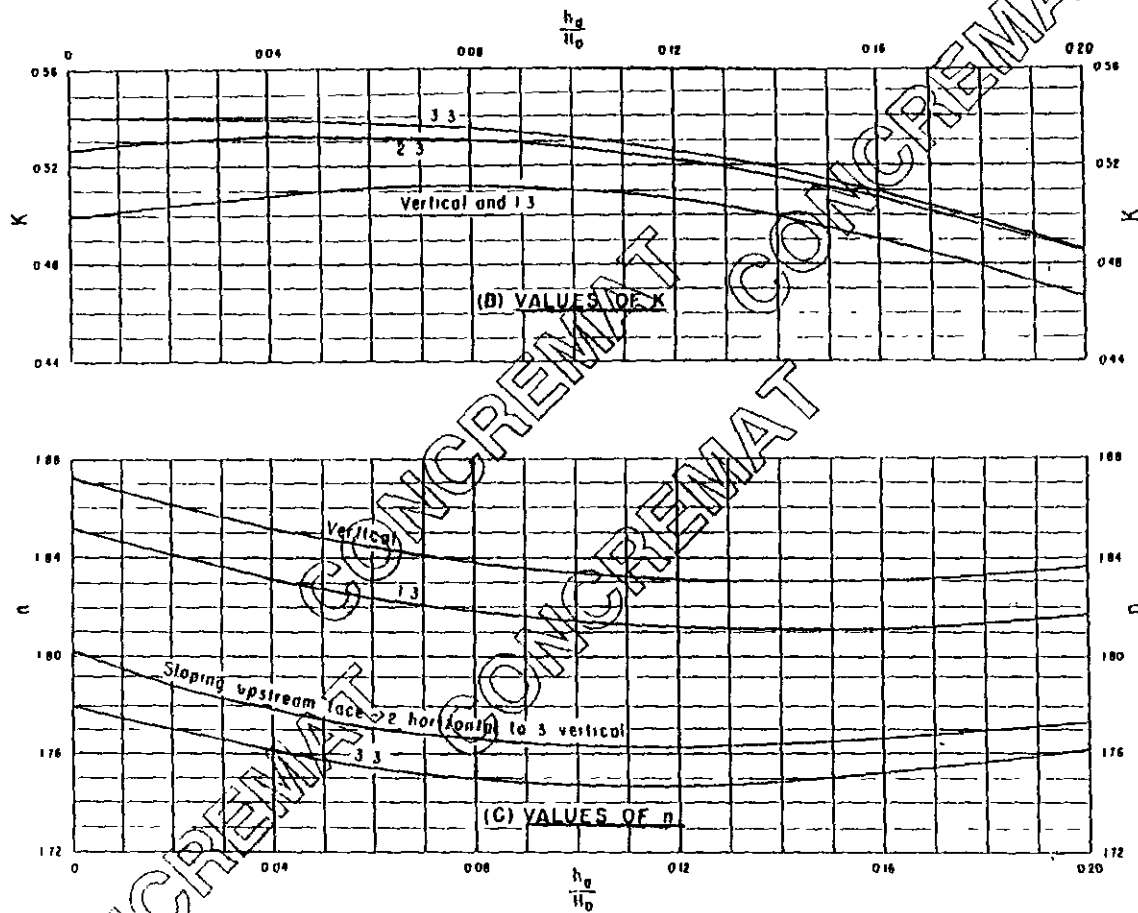


Figure 187 Factors for definition of nappe-shaped crest profiles. (Sheet 1 of 2.)



Parâmetros de jusante :

$$K = 0,502$$

$$n = 1,867$$

A exponencial à jusante dos trechos circulares segue a equação

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

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

$$Y = -0,502 \times 1,00 \times \left(\frac{X}{1,00} \right)^{1,867}$$

$$Y = -0,502 X^{1,867}$$

A exponencial calculada deverá concordar com a reta de coeficiente angular igual a - 1,25, ou seja, taluda 1(V) 0,8(H), no ponto A (X_A , Y_A), de tangência

• **Determinação do ponto A :**

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

$$y = -0,502 X^{1,867}$$

$$-1,25 = -0,502 \times 1,867 \times X_A^{0,867}$$

Sendo $X_A = 1,28\text{m}$

$$Y_A = -0,502 X_A^{1,867}$$

$$Y_A = -0,502 \times (1,28)^{1,867}$$

$$Y_A = -0,800\text{m}$$

Então



Ponto A (1,28 ; -0,80)

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	0,90	-0,41
0,10	-0,01	1,00	-0,50
0,20	-0,02	1,10	-0,60
0,30	-0,05	1,20	-0,71
0,40	-0,09	1,28	-0,80
0,50	-0,14	1,30	-0,82
0,60	-0,19	1,40	-0,94
0,70	-0,26	1,50	-1,07
0,80	-0,33	1,60	-1,21

• **Equação da reta tangente à exponencial calculada, no ponto A :**

A reta que contém o ponto A (1,28 , -0,80), com coeficiente angular $dy/dx = -1,25$, terá a seguinte equação

$$\frac{Y - Y_A}{X - X_A} = \frac{d_y}{d_x}$$

$$Y - (-0,80) = -1,25(X - 1,28)$$

$$Y + 0,80 = -1,25X + 1,60$$

$$\boxed{Y + 1,25X - 0,80 = 0}$$

X	Y	X	Y
1,28	-0,80	5,50	-6,08
1,50	-1,08	6,00	-6,70
2,00	-1,70	6,50	-7,33
2,50	-2,33	7,00	-7,95
3,00	-2,95	7,50	-8,58
3,50	-3,58	8,00	-9,20
4,00	-4,20	8,50	-9,83
4,50	-4,83	9,00	-10,45
5,00	-5,45	9,50	-11,08



Esta alternativa também foi abandonada, devido ao grande volume de concreto comprometido com vistas aos resultados das sondagens NX, efetuadas no local do sangradouro

1.21 - 3ª Alternativa

A terceira alternativa consiste também num vertedouro CREAGER, nas mesmas modalidades do anterior com canal de acesso na cota 159,00 e restituição na mesma cota, acoplado a laje com 20 metros de comprimento, ancorada na rocha sã

Os muros alas se estenderão até o final desta laje sendo também ancorados na rocha sã

Um enrocamento, a jusante desta laje proporcionará uma proteção adicional contra uma possível erosão regressiva

Esta hipótese (erosão) é pouco provável tendo em vista as lâminas normais de sangria serem de pequena monta e se estendendo por no máximo 3 meses nos anos de ocorrência

1.22 - Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro (3ª Alternativa)

Este vertedouro de serviço do Açude Público Souza foi 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

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

Onde

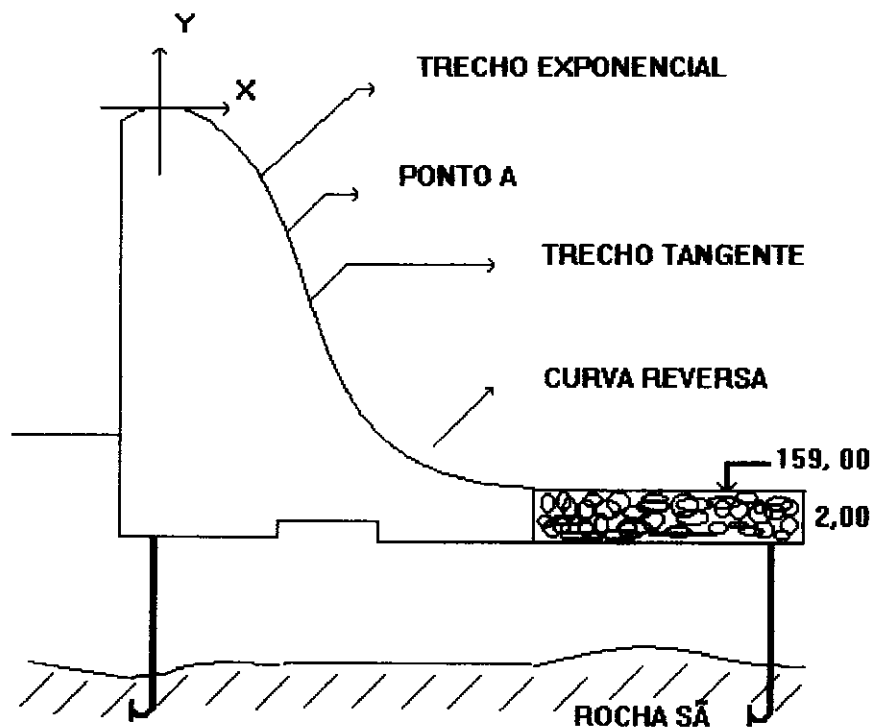
Q = descarga através do sangradouro

C₀ = coeficiente de descarga

L = largura do sangradouro

H₀ = lâmina máxima de sangria

O perfil assumirá a forma



• DADOS DE PROJETO

No cálculo serão considerados os seguintes dados

- $Q_{100 \text{ amort}}$ = 220m³/s
- lâmina máxima de sangria $H_o = 1,00\text{m}$
- largura do sangradouro $L = 100,00\text{m}$
- cota da soleira do sangradouro $C_s = 162,50$
- cota do canal de acesso $C_c = 159,00$
- profundidade do canal de acesso $p = 162,50 - 159,00 = 3,50\text{m}$
- cota do canal de restituição $C_r = 159,00$



• **DIMENSIONAMENTO**

Cálculo da largura do sangradouro para H = 1,00 :

$$Q = C_0 L H^{3/2} \quad L = \frac{Q}{C_0 H^{3/2}} \quad L = \frac{220,00}{C_0} = 100,45$$
$$L = 100m$$

Sendo C_0 função da profundidade do canal de acesso e da lâmina máxima de sangria, a partir da relação $\frac{p}{H_0}$, verifica-se seu valor no ábaco a seguir, desenvolvido pelo USBR

$$\frac{p}{H_0} = \frac{3,50}{1,00} = 3,50 \quad \xrightarrow{\text{á baco}} \quad C_0 = 3,950 \text{ ft}^{-1/2} \quad \therefore C_0 = 2,18 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$$

Assim,

$$L = \frac{220,00}{2,18} \quad L = 100,45m$$

No projeto, adotou-se L=100,00m
Contendo a cheia centenária amortecida

• **Determinação do perfil vertente**

Para o dimensionamento do perfil vertente, foram seguidas as recomendações do U S Bureau of Reclamation

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

Sendo

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

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



onde q é a descarga unitária no sangradouro

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{220,00}{100,00} = 2,20\text{m}$$

admitindo-se valores para h_0 , obtém-se os valores de v_a e h_a

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

$$3,50 + 1,00 = 3,50 + h_0 + h_a,$$

$$v_a = \frac{q}{p + h_0} = \frac{2,20}{3,5 + h_0}$$

$$h_a = \frac{q^2}{(p + h_0)^2 2g}$$

$$h_a = \frac{4,84}{19,62(3,5 + h_0)^2}$$

$$p + h_a + h_0 = (3,5 + h_0) + h_a$$

h_0	$p+h_0$	v_a	h_a	$p+h_0+h_a$
0,50	4,0000	0,5500	0,0154	4,0154
0,60	4,1000	0,5366	0,0147	4,1147
0,70	4,2000	0,5238	0,0140	4,2140
0,80	4,3000	0,5116	0,0133	4,3133
0,90	4,4000	0,5000	0,0127	4,4127
0,91	4,4100	0,4989	0,0127	4,4227
0,92	4,4200	0,4977	0,0126	4,4326
0,93	4,4300	0,4966	0,0126	4,4426
0,94	4,4400	0,4955	0,0125	4,4525
0,95	4,4500	0,4944	0,0125	4,4625
0,96	4,4600	0,4933	0,0124	4,4724
0,97	4,4700	0,4922	0,0123	4,4823
0,98	4,4800	0,4911	0,0123	4,4923
0,99	4,4900	0,4900	0,0122	4,5022
1,00	4,5000	0,4889	0,0122	4,5122

Então



$$h_0 = 0,99\text{m}$$

$$v_s = 0,49\text{m/s}$$

$$h_s = 0,01\text{m}$$

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_s/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

$$\frac{h_s}{H_0} = \frac{0,01}{1,00} = 0,01$$

Paramento de montante 1(H) 10(V) → vertical



ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE MONTANTE

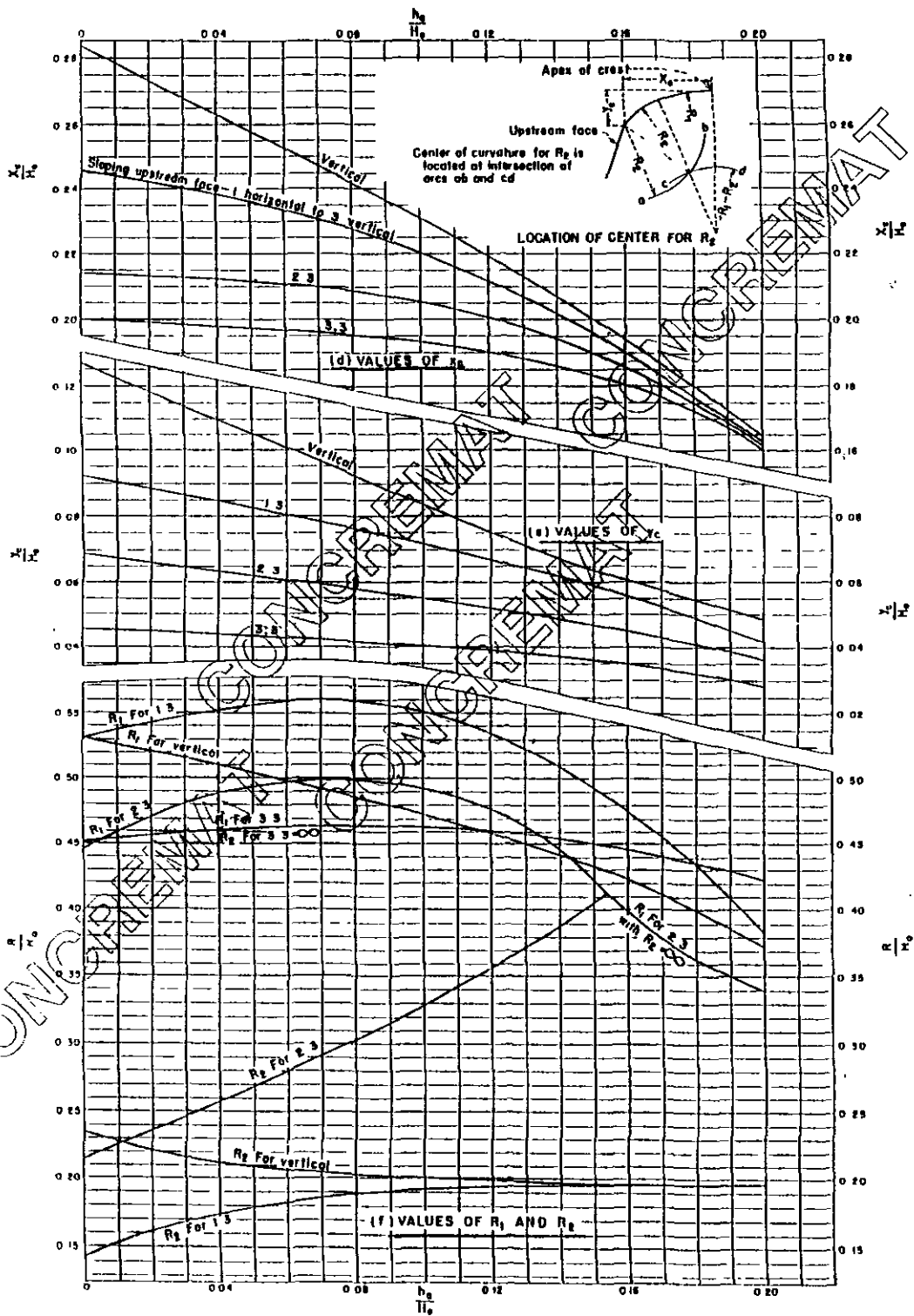


Figure 187 Factors for definition of nappe-shaped crest profiles (Sheet 2 of 2)



• **Parâmetros de Montante:**

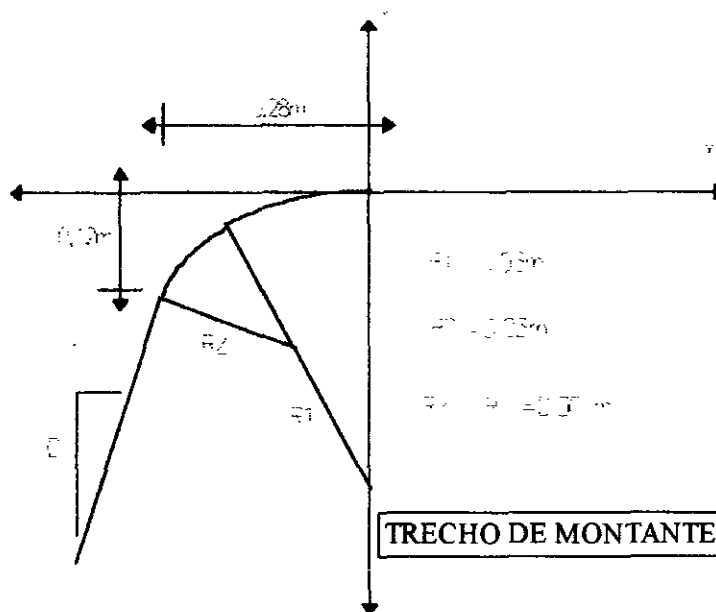
$$\frac{X_c}{H_0} = 0,278 \rightarrow X_c = 0,278 \times 1,00 = 0,278 \cong 0,28\text{m}$$

$$\frac{Y_c}{H_0} = 0,123 \rightarrow Y_c = 0,123 \times 1,00 = 0,123 \cong 0,12\text{m}$$

$$\frac{R_1}{H_0} = 0,525 \rightarrow R_1 = 0,525 \times 1,00 \cong 0,53\text{m}$$

$$\frac{R_2}{H_0} = 0,229 \rightarrow R_2 = 0,229 \times 1,00 \cong 0,23\text{m}$$

$$R_1 - R_2 = 0,53 - 0,23 = 0,30\text{m}$$





ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO PARAMENTO DE JUSANTE

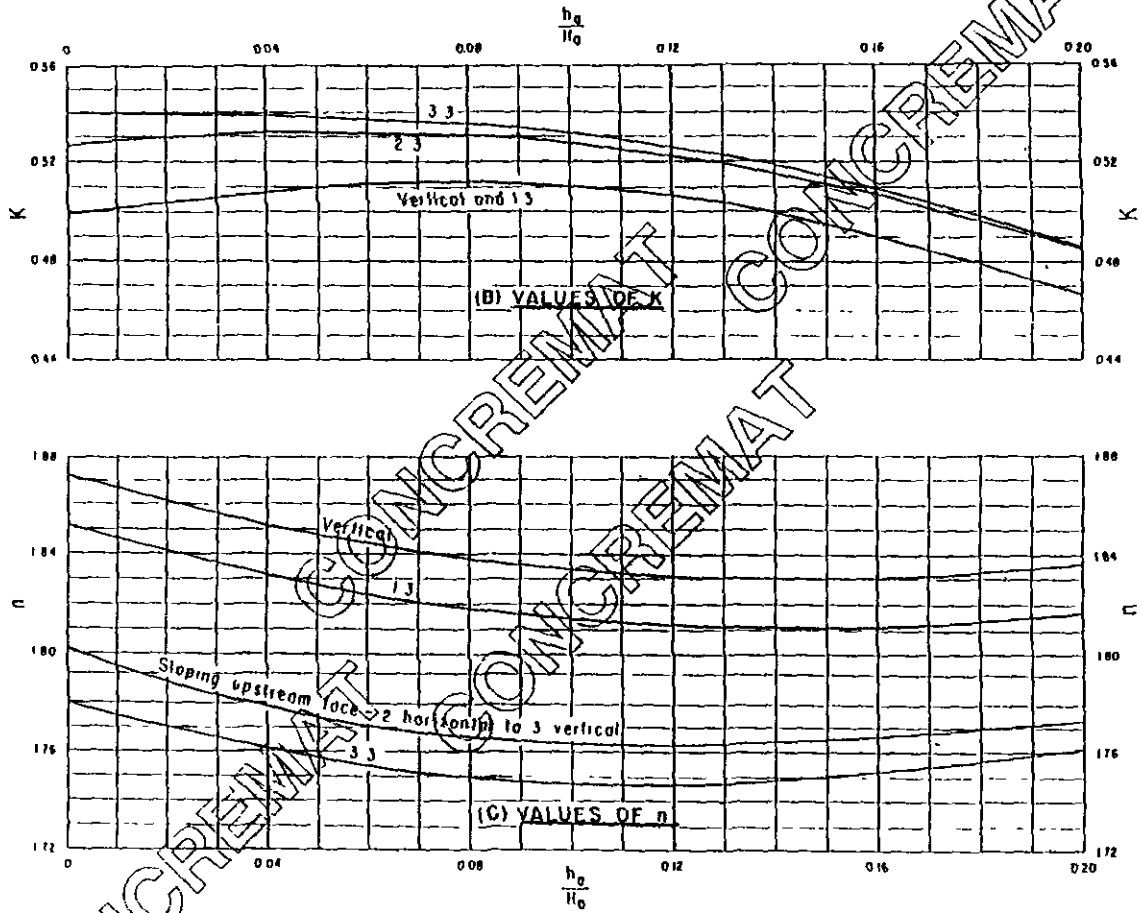


Figure 187. Factors for definition of nappe-shaped crest profiles. (Sheet 1 of 2)



Parâmetros de jusante :

$$K = 0,502$$

$$n = 1,867$$

A exponencial à jusante dos trechos circulares segue a equação

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

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

$$Y = -0,502 \times 1,00 \times \left(\frac{X}{1,00} \right)^{1,867}$$

$$Y = -0,502 X^{1,867}$$

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

• **Determinação do ponto A :**

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

$$y = -0,502 X^{1,867}$$

$$-1,25 = -0,502 \times 1,867 \times X_A^{0,867}$$

Sendo $X_A = 1,28\text{m}$

$$Y_A = -0,502 X_A^{1,867}$$

$$Y_A = -0,502 \times (1,28)^{1,867}$$

$$Y_A = -0,800\text{m}$$

Então



006073



Ponto A (1,28 ; -0,80)

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	0,90	-0,41
0,10	-0,01	1,00	-0,50
0,20	-0,02	1,10	-0,60
0,30	-0,05	1,20	-0,71
0,40	-0,09	1,28	-0,80
0,50	-0,14	1,30	-0,82
0,60	-0,19	1,40	-0,94
0,70	-0,26	1,50	-1,07
0,80	-0,33	1,60	-1,21

• **Equação da reta tangente à exponencial calculada, no ponto A :**

A reta que contém o ponto A (1,28 , -0,80), com coeficiente angular $dy/dx = 1,25$, terá a seguinte equação

$$\frac{Y - Y_A}{X - X_A} = \frac{d_y}{d_x}$$

$$Y - (-0,80) = -1,25(X - 1,28)$$

$$Y + 0,80 = -1,25X + 1,60$$

$$\boxed{Y + 1,25X - 0,80 = 0}$$

X	Y	X	Y
1,28	-0,80	5,50	-6,08
1,50	-1,08	6,00	-6,70
2,00	-1,70	6,50	-7,33
2,50	-2,33	7,00	-7,95
3,00	-2,95	7,50	-8,58
3,50	-3,58	8,00	-9,20
4,00	-4,20	8,50	-9,83
4,50	-4,83	9,00	-10,45
5,00	-5,45	9,50	-11,08



1.22.1 - Curva Reversa

• **Cálculo do raio para a curva reversa:**

Segundo a verificação de Ven Te Chow, o raio da curva reversa deverá assumir o seguinte valor

$$R \geq 10^*$$

Onde

$$x = \frac{v + 6,4H + 16}{3,6H + 64}$$

sendo

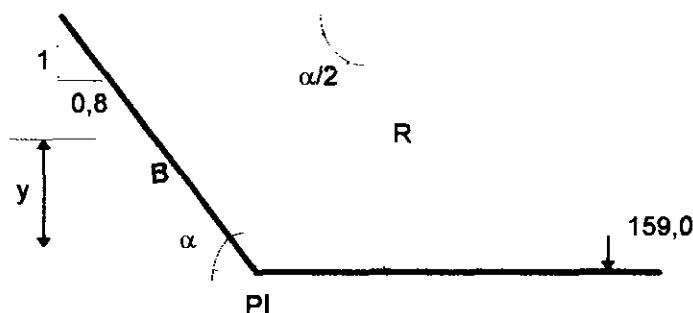
v = velocidade na entrada da curva, dada por.

$$v = \sqrt{2gz} \text{ (ft / m)}$$

$$H = h_o = 0,99\text{m ou } H = 3,25 \text{ ft}$$

Assim, adotando-se um raio R = 3,00m , verificamos se satisfaz à indicação de Ven Te Chow

• **Cálculo do ponto de origem da curva reversa : Ponto B**



$$y = BPI \text{ sen } \alpha \quad y = 1,44 x \text{ sen}(51,34^\circ) \quad y = 1,12\text{m}$$

$$\text{então } y_B = 162,50 - 159,00 - 1,12 \Rightarrow y_B = -2,38\text{m}$$

Sendo $y + 1,25X - 0,80 = 0$, a reta que contem o ponto B, tem-se

$$x_B = 2,54\text{m}$$



E as coordenadas do ponto B em relação à origem dos eixos passando pela soleira do vertedouro, será

$$\boxed{B (2,54; -2,38)}$$

Assim, a velocidade do fluxo na entrada da curva será

$$v = \sqrt{2gz}, \text{ com } z = y_B + h_o$$

$$z = 2,38 + 0,99$$

$$z = 3,37\text{m}$$

$$v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 3,37} \quad v = 8,13 \text{ m/s}$$

ou $v = 26,68 \text{ ft/s}$

então $x = \frac{26,68 + 6,4 \times 3,25 + 16}{3,6 \times 3,25 + 64}$

$$x = 0,84$$

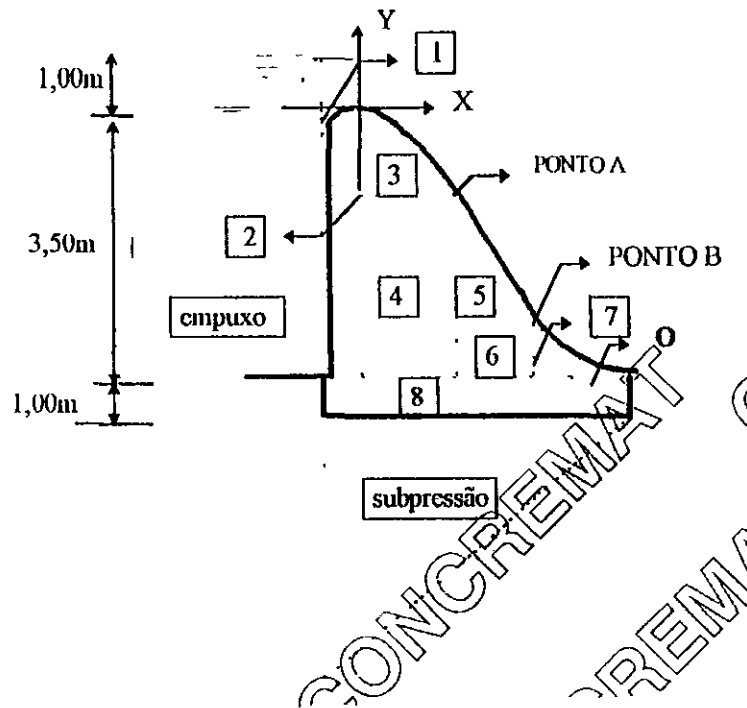
$$\text{e } R \geq 10^x \Rightarrow R \geq 6,90 \text{ ft}$$

ou $\boxed{R \geq 2,10\text{m}}$

O raio adotado de 3,00m, satisfaz à condição de Ven Te Chow



1.23 - ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO VERTEDOURO





**ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO PERFIL VERTEDEIRO DA
BARRAGEM SOUZA - CANINDÉ/CE**

Seção	Base (m)	Altura (m)	Peso Específico (t/m ²)	Peso (t)	Força Horizontal (t)	Braço (m)	Momento (tm)
1,00	0,28	0,12	2,40	0,04		3,53	0,14
2,00	0,28	3,38	2,40	2,27		3,58	8,13
3,00	1,28	0,80	2,40	1,23		3,01	3,70
4,00	1,28	2,70	2,40	8,29		3,08	25,55
5,00	1,26	1,58	2,40	2,39		1,74	4,16
6,00	1,26	1,12	2,40	3,39		1,53	5,18
7,00	0,90	1,12	2,40	1,21		0,60	0,73
8,00	3,72	1,00	2,40	8,93		1,86	16,61

Fv+= 27,75

MR=64,19

Subpressão	3,72	4,50	1,00	8,37		2,48	20,76
Empuxo	4,50	4,50	1,00	8,37	10,13	1,50	15,19

MS = 35,95

FS = 1,79

FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FATOR DE SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO

FS = 1,91

FATOR DE SEGURANÇA A FLUTUAÇÃO

FS = 3,32

Esta 3ª alternativa foi adotada para o detalhamento do Projeto de Engenharia do sangradouro, apresentando-se os respectivos desenhos e quantitativos de construção e orçamento

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM SOUZA

TOMO I

RELATÓRIO GERAL

ESTABILIDADE DE TALUDE

=====
L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

DADOS DO MATERIAL - TIPO 1				RIP RAP
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO				
	C	C/Z	REF.	
	0.00	0.00	0.00	
ANGULO DE ATRITO	- - - - -	35.00	graus	
DENSIDADE NATURAL	- - - - -	23.00		
PRESSAO NEUTRA	- - - - -	0.00		

DADOS DO MATERIAL - TIPO 2 - MACIÇO			
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO			
	C	C/Z	REF.
	49.00	0.00	0.00
ANGULO DE ATRITO	- - - - -	26.00	graus
DENSIDADE NATURAL	- - - - -	21.00	
PRESSAO NEUTRA	- - - - -	0.00	

DADOS DO MATERIAL - TIPO 3 - AREIA			
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO			
	C	C/Z	REF.
	0.00	0.00	0.00
ANGULO DE ATRITO	- - - - -	28.00	graus
DENSIDADE NATURAL	- - - - -	19.00	
PRESSAO NEUTRA	- - - - -	0.00	



L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

ESTAVEL <<<<<<<<<<>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
GEOEXPERT - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

PONTOS DO TALUDE	X	Y
	-100.00	147.80
	10.00	147.80
	142.60	145.80
	191.10	165.10
	197.10	165.10
	217.20	155.00
	232.20	148.00
	235.00	148.00
	237.60	145.40
	400.00	145.40



=====

L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

*** INFORMACOES INICIAIS PARA A PESQUISA ***

COORDENADA X DO CENTRO - - - - -	230.00
COORDENADA Y DO CENTRO - - - - -	185.00
PRIMEIRO CIRCULO TANGENTE A HORIZ. DE COTA Y IGUAL A - -	140.00
LOCALIZACAO GLOBAL DAS SUPERFICIES	
NENHUMA SUPERFICIE DEVE PASSAR ABAIXO DA COTA - - - - -	140.00
PRECISAO NAS COORDENADAS DA SUPERFICIE - - - - -	0.10
COMPRIMENTO DE ARCO ESPECIFICADO - - - - -	20.00
PROFUNDIDADE ADMITIDA PARA TRINCA DE TRACAO - - - - -	0.00
ALTURA DE AGUA NA TRINCA DE TRACAO - - - - -	0.00
PESO ESPECIFICO DA AGUA - - - - -	10.00
VALOR INICIAL ADMITIDO PARA O FATOR DE SEGURANCA - - - -	1.70
INCLINACAO INICIALMENTE ADMITIDA DAS FORCAS LATERAIS - -	-10.00 graus
NUMERO LIMITE DE ITERACOES PARA CADA SUPERFICIE - - - - -	10
DESEQUILIBRIO DE FORCAS TOLERADO - - - - -	Bishop
DESEQUILIBRIO DE MOMENTOS TOLERADO - - - - -	Simplif.



=====

L H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
230.000	185.000	45.000	2.275
231 000	184.000	46.000	
			SUPERFICIE INTERCEPTOU A ROCHA
231.000	185.000	44.000	2.260
230 000	184 000	45.000	
			SUPERFICIE INTERCEPTOU A ROCHA
231.333	185.333	45.000	2.289
230.556	186.222	43.333	2.218
230.333	187.333	42.000	2.361
229.704	185.481	43.222	2.199
228.889	185.556	42.333	2.179
230.296	186.185	41.444	2.247
228.827	186.975	40.741	2.603
230.348	185.593	43.022	2.215
229.565	185.395	44.348	2.221
230.296	186.185	41.444	2.247
229.785	185.632	43.477	2.202
228.792	184.965	42.555	2.184
227.962	185.176	42.555	2.158
226.770	184.967	42.321	2.156
226.516	184.693	41.329	2.149
224.881	184.223	40.255	2.197
225.991	185.179	41.434	2.151
223.962	184.337	41.056	2.202
227.411	185.190	41.950	2.150
226.508	185.074	40.821	2.197
226.691	184.999	41.871	2.148
227.755	184.742	42.000	2.158
226.520	185.048	41.604	2.148
225.740	184.637	41.252	2.153
226.910	185.024	41.741	2.148
226.898	185.355	42.148	2.146
227.089	185.686	42.557	2.146
226.988	185.506	42.063	2.146
226.821	185.802	42.409	2.144
226.777	186.192	42.743	2.143
227.383	186.541	43.305	2.143
227.815	187.287	44.156	2.143
227.179	186.773	43.673	2.144
227.137	187.318	43.923	2.141
227.161	188.134	44.606	2.141
227.036	187.138	43.430	2.141
227.609	188.350	44.818	2.139
228.025	189.429	45.856	2.140
227.154	189.207	45.264	2.142
227.383	186.541	43.305	2.143
227.222	188.407	44.676	2.140
227.626	189.456	45.971	2.141
227.036	187.138	43.430	2.141
227.449	188.761	45.209	2.140
227.693	188.878	45.196	2.139



=====
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
227.959	189.250	45.490	2.140
227.944	188.919	45.472	2.140
228.048	188.671	45.115	2.140
227.629	188.734	45.181	2.139
227.342	188.389	44.658	2.140
227.944	188.919	45.472	2.140
227.523	188.548	44.902	2.139
227.621	189.090	45.367	2.139
227.596	188.944	45.130	2.140
227.619	188.797	45.165	2.139
227.602	188.392	44.808	2.139
227.621	189.090	45.367	2.139
227.608	188.601	44.976	2.139

=====

L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

**** CIRCULOS REFERENTES AOS 4 VERTICES DO SIMPLEX FINAL
DEPOIS DE 36 MOVIMENTACOES:

Xc	Yc	Raio	F
227.608	188.601	44.976	2.139
227.619	188.797	45.165	2.139
227.693	188.878	45.196	2.139
227.523	188.548	44.902	2.139



CONCREMAT
ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A.

L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

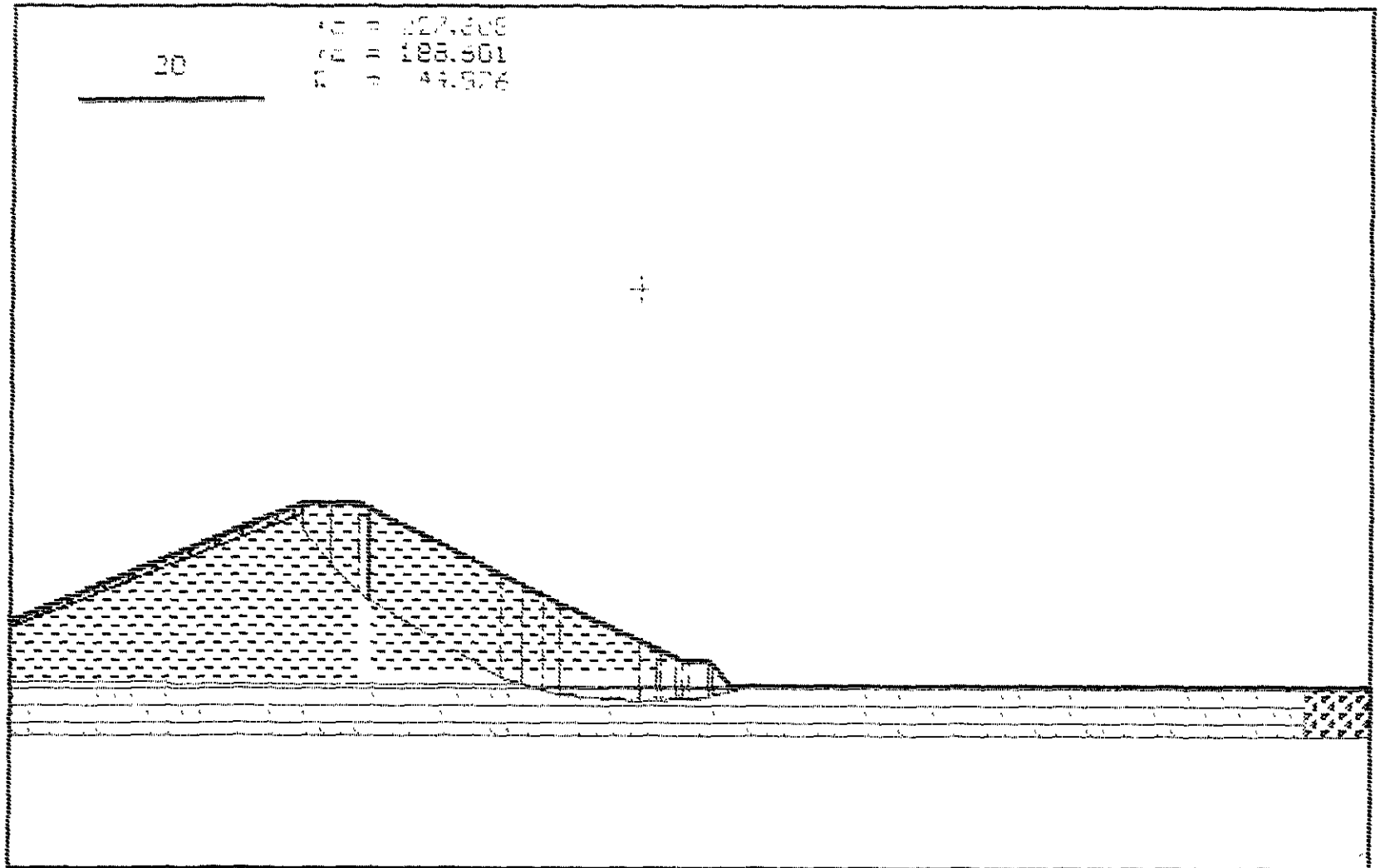
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

I N F O R M A C O E S D A S L A M E L A S

LAMELA	X		Y	PESO	COESAO	ANGULO DE ATRITO (graus)	PRESSAO NEUTRA	* FORCAS APLIC. *	* NA SUPERFICIE *
NO.	ESQUERDA	ESQUERDA	CENTRO					* DO TALUDE *	
	DIREITA	DIREITA						*****	
								* FORCA X *	

	189.63		164.51					*	*
1	189.88		164.12	5.8	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00
	190.14		163.72						
2	190.62		163.03	39.9	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	191.10		162.33						
3	191.15		162.26	6.1	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	191.20		162.20						
4	192.70		160.34	299.7	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	194.20		158.49						
5	195.65		157.02	492.0	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	197.10		155.55						
6	197.13		155.53	11.6	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	197.16		155.50						
7	197.18		155.48	8.2	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00
	197.20		155.46						
8	197.65		155.06	170.1	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00
	198.10		154.66						
9	198.13		154.64	10.1	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00
	198.15		154.62						
10	198.18		154.59	10.4	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	198.20		154.57						
11	205.40		150.39	3189.7	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	212.61		146.20						
12	213.77		145.83	527.5	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00
	214.92		145.45						
13	216.06		145.15	495.2	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	217.20		144.85						
14	218.20		144.63	412.8	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	219.20		144.42						
15	223.40		144.02	1414.2	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	227.61		143.63						
16	228.55		143.65	237.7	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	229.50		143.67						
17	229.70		143.67	46.7	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00
	229.90		143.68						
18	230.80		143.75	186.8	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	231.70		143.81						
19	231.95		143.84	47.0	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	232.20		143.86						
20	232.60		143.91	72.9	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	233.00		143.95						
21	234.00		144.09	164.1	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	235.00		144.24						
22	235.30		144.29	43.0	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	235.60		144.34						
23	236.40		144.50	70.5	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	237.20		144.66						
24	237.40		144.71	7.5	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
	237.60		144.75						

001090



30

$\gamma_1 = 22,800$
 $\gamma_2 = 18,800$
 $\gamma_3 = 4,800$

000093

L.H. de CARVALHO - BARRAGEM SOUZA-DURANTE-FINAL DE CONS
BISHOP Simplificado

SOUZAS

Convergência - Superfície crítica

1/2

F = 2,135



CONCREMAT
ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

BARRAGEM SOUZA- MUN. CANINDÉ

ESTABILIDADE DE TALUDE - MONTANTE

MÉTODO DE BISHOP

000094



=====
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

D A D O S D O M A T E R I A L - T I P O 1
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF.
ANGULO DE ATRITO - - - - -	0.00	0.00	0.00
DENSIDADE NATURAL - - - - -		35.00	graus
PRESSAO NEUTRA - - - - -		23.00	
		0.00	

D A D O S D O M A T E R I A L - T I P O 2
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF.
ANGULO DE ATRITO - - - - -	49.00	0.00	0.00
DENSIDADE NATURAL - - - - -		26.00	graus
PRESSAO NEUTRA - - - - -		21.00	
		0.00	

D A D O S D O M A T E R I A L - T I P O 3
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF.
ANGULO DE ATRITO - - - - -	0.00	0.00	0.00
DENSIDADE NATURAL - - - - -		28.00	graus
PRESSAO NEUTRA - - - - -		19.00	
		0.00	

=====

L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

ESTAVEL <<<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
 GEOEXPERT - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	1	M A T E R I A L	T I P O	1
	COORDENADAS	*****		X		Y	
				-100.00		200.00	
				400.00		200.00	

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	2	M A T E R I A L	T I P O	2
	COORDENADAS	*****		X		Y	
				10.00		147.80	
				152.60		150.00	
				155.00		150.00	
				191.10		164.10	
				191.20		165.10	
				197.10		165.10	
				217.20		155.00	
				219.20		155.00	
				233.00		148.00	
				235.00		148.00	
				237.60		145.40	

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	3	M A T E R I A L	T I P O	3
	COORDENADAS	*****		X		Y	
				197.10		145.20	
				197.20		163.10	
				198.10		163.10	
				198.20		146.20	
				229.90		146.20	
				231.70		148.00	
				232.20		148.00	

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	4	M A T E R I A L	T I P O	4
	COORDENADAS	*****		X		Y	
				229.50		145.00	
				232.20		148.00	
				235.60		148.40	
				237.60		145.40	



CONCREMAT
ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A.

=====

L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

ESTAVEL <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
GEOEXPERT - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

*** INFORMACOES INICIAIS PARA A PESQUISA ***

COORDENADA X DO CENTRO - - - - -	150.00
COORDENADA Y DO CENTRO - - - - -	175.00
PRIMEIRO CIRCULO TANGENTE A HORIZ. DE COTA Y IGUAL A - -	140.00
LOCALIZACAO GLOBAL DAS SUPERFICIES	
NENHUMA SUPERFICIE DEVE PASSAR ABAIXO DA COTA - - - - -	140.00
PRECISAO NAS COORDENADAS DA SUPERFICIE - - - - -	0.10
COMPRIMENTO DE ARCO ESPECIFICADO - - - - -	20.00
PROFUNDIDADE ADMITIDA PARA TRINCA DE TRACAO - - - - -	0.00
ALTURA DE AGUA NA TRINCA DE TRACAO - - - - -	0.00
PESO ESPECIFICO DA AGUA - - - - -	10.00
VALOR INICIAL ADMITIDO PARA O FATOR DE SEGURANCA - - - -	1.70
INCLINACAO INICIALMENTE ADMITIDA DAS FORCAS LATERAIS - -	-10.00 graus
NUMERO LIMITE DE ITERACOES PARA CADA SUPERFICIE - - - -	10
DESEQUILIBRIO DE FORCAS TOLERADO - - - - -	Bishop
DESEQUILIBRIO DE MOMENTOS TOLERADO - - - - -	Simplif.

000098

L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
 G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
150.000	175.000	35.000	3.085
151.000	174.000	36.000	
SUPERFICIE INTERCEPTOU A ROCHA			
151.000	175.000	34.000	2.996
150.000	174.000	35.000	
SUPERFICIE INTERCEPTOU A ROCHA			
151.333	175.333	35.000	2.989
152.000	176.000	35.000	2.905
151.000	176.667	33.333	2.917
152.667	176.778	33.222	2.842
154.000	177.667	32.333	3.103
152.778	177.963	33.704	2.850
153.963	177.160	34.617	2.763
155.444	177.407	35.259	2.722
155.259	178.765	33.123	3.202
152.978	176.830	34.437	2.807
154.615	176.047	34.909	2.809
156.025	176.745	36.514	2.780
155.016	177.941	35.898	2.717
155.217	178.888	36.393	2.682
158.147	178.531	37.674	2.686
156.514	179.806	36.370	2.664
156.759	181.336	36.298	2.825
157.807	180.742	38.366	2.608
158.989	182.410	39.920	2.590
155.667	182.205	37.448	2.761
157.403	179.633	37.606	2.646
160.053	182.344	39.537	2.617
161.116	183.119	41.672	2.590
163.417	184.775	44.323	2.730
162.703	185.616	43.146	2.632
157.403	179.633	37.606	2.646
161.113	183.821	41.484	2.601
160.758	183.889	42.513	2.575
161.111	184.661	44.001	2.603
159.463	182.457	41.252	2.588
161.902	183.900	43.705	2.654
159.863	182.857	41.055	2.580
158.940	183.016	41.542	2.576
160.245	184.050	42.155	2.572
160.636	184.847	42.606	2.575
160.100	184.447	43.084	2.566
160.218	185.242	44.099	2.562
161.874	185.771	44.303	2.608
159.820	183.843	42.370	2.573
159.430	184.868	43.236	2.558
158.766	185.358	43.597	2.549
159.666	185.924	44.197	2.545
159.588	186.965	45.111	2.531
158.803	187.659	46.383	2.530
158.083	189.463	48.498	2.534



L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
157.888	188.079	45.962	2.525
156.723	189.498	46.894	2.506
157.977	190.723	48.661	2.500
157.582	193.406	51.193	2.497
155.817	193.411	51.203	2.509
154.611	196.551	53.143	2.483
152.514	200.997	56.523	2.520
156.793	192.893	49.617	2.489
155.934	199.069	55.742	2.475
155.540	203.854	60.166	2.497
153.977	198.935	54.475	2.503
156.500	195.065	52.178	2.482
154.570	200.897	57.758	2.476
156.726	200.136	57.308	2.514
155.245	197.627	54.392	2.482
154.000	203.330	59.750	2.474
152.749	207.462	63.537	2.487
154.424	204.570	61.107	2.490
154.999	199.710	56.407	2.474
155.385	200.508	56.842	2.470
155.792	200.314	56.384	2.471
153.655	203.297	59.591	2.480
155.250	200.337	56.896	2.472
156.423	197.040	53.680	2.472
156.374	198.881	55.205	2.473
154.999	199.710	56.407	2.474
155.961	199.129	55.566	2.471
154.641	202.943	59.189	2.475
155.889	198.811	55.333	2.470
156.240	198.629	54.930	2.470
155.714	199.503	55.837	2.469
155.591	199.690	55.973	2.470
156.510	197.453	53.892	2.471
155.723	199.592	55.957	2.469
155.311	199.975	56.488	2.469
155.276	200.569	56.855	2.470
155.705	199.338	55.789	2.469
156.117	198.980	55.235	2.469
155.311	199.975	56.488	2.469
155.875	199.279	55.611	2.469
155.821	199.303	55.734	2.470
155.746	199.443	55.806	2.469
155.828	199.115	55.514	2.469
155.928	199.219	55.498	2.469
155.772	199.303	55.702	2.469
155.767	199.568	55.898	2.469
155.810	199.251	55.629	2.469
155.677	199.385	55.815	2.469

=====
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

I T E R A C O E S

TETA (graus)			DESEQUILIBRIO DE		
	ITER	Fm	MOMENTOS	FORCAS	
0.00	B I S H O P S I M P L I F I C A D O				
	0	1.7000	1.7000	65569.987	1088.959
	1	2.3988	2.3404	4327.345	-120.361
	2	2.4639	2.3032	284.817	-200.436
	3	2.4683	2.3008	18.741	-205.708
	4	2.4686	2.3006	1.233	-206.055
	5	2.4686	2.3006	0.081	-206.077

NUMERADOR: 393770 6967
DENOMINADOR: 159511 3028

MOMENTOS CALCULADOS X = 155.79
EM RELACAO AO PONTO Y = 199.31



=====
 L.H.de CARVALHO
 BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
 ESTAVEL <<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
 GEOEXPERT - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
 =====

I N F O R M A C O E S D A S L A M E L A S

LAMELA	X		Y		PESO	COESAO	ANGULO DE ATRITO (graus)	PRESSAO NEUTRA	* FORCAS APLIC. * * NA SUPERFICIE * * DO TALUDE * ***** * FORCA X * ***** *	
NO.	ESQUERDA	ESQUERDA	CENTRO	CENTRO					DIREITA	DIREITA
1	140.25	141.43	145.84	145.52	14.6	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
2	142.60	147.60	145.21	144.46	698.8	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
3	152.60	152.88	143.72	143.70	72.1	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
4	153.15	154.08	143.69	143.66	261.4	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
5	155.00	155.40	143.63	143.63	121.8	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
6	155.79	163.21	143.62	144.63	2943.6	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00
7	170.63	179.59	145.64	149.96	4007.2	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
8	188.55	189.82	154.28	155.26	505.2	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
9	191.10	191.15	156.25	156.29	18.6	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
10	191.20	192.70	156.33	157.66	468.7	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
11	194.20	195.65	158.99	160.48	281.5	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
12	197.10	197.15	161.97	162.02	6.1	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
13	197.19	197.20	162.07	162.07	0.4	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00
14	197.20	197.65	162.08	162.59	41.2	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00
15	198.10	198.10	163.10	163.10	0.1	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
16	198.10	198.15	163.10	163.16	3.0	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
17	198.20	198.59	163.22	163.69	10.9	49.00	26.00	0.00	0.00	0.00
	198.98		164.16							



=====

L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

L I N H A	D E	P E R F I L	N O. 5	M A T E R I A L	T I P O 5
COORDENADAS *****		X	Y		
		-100.00	147.80		
		10.00	147.80		
		142.60	145.80		
		194.20	145.50		
		237.20	145.40		
		300.00	145.40		

=====

L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

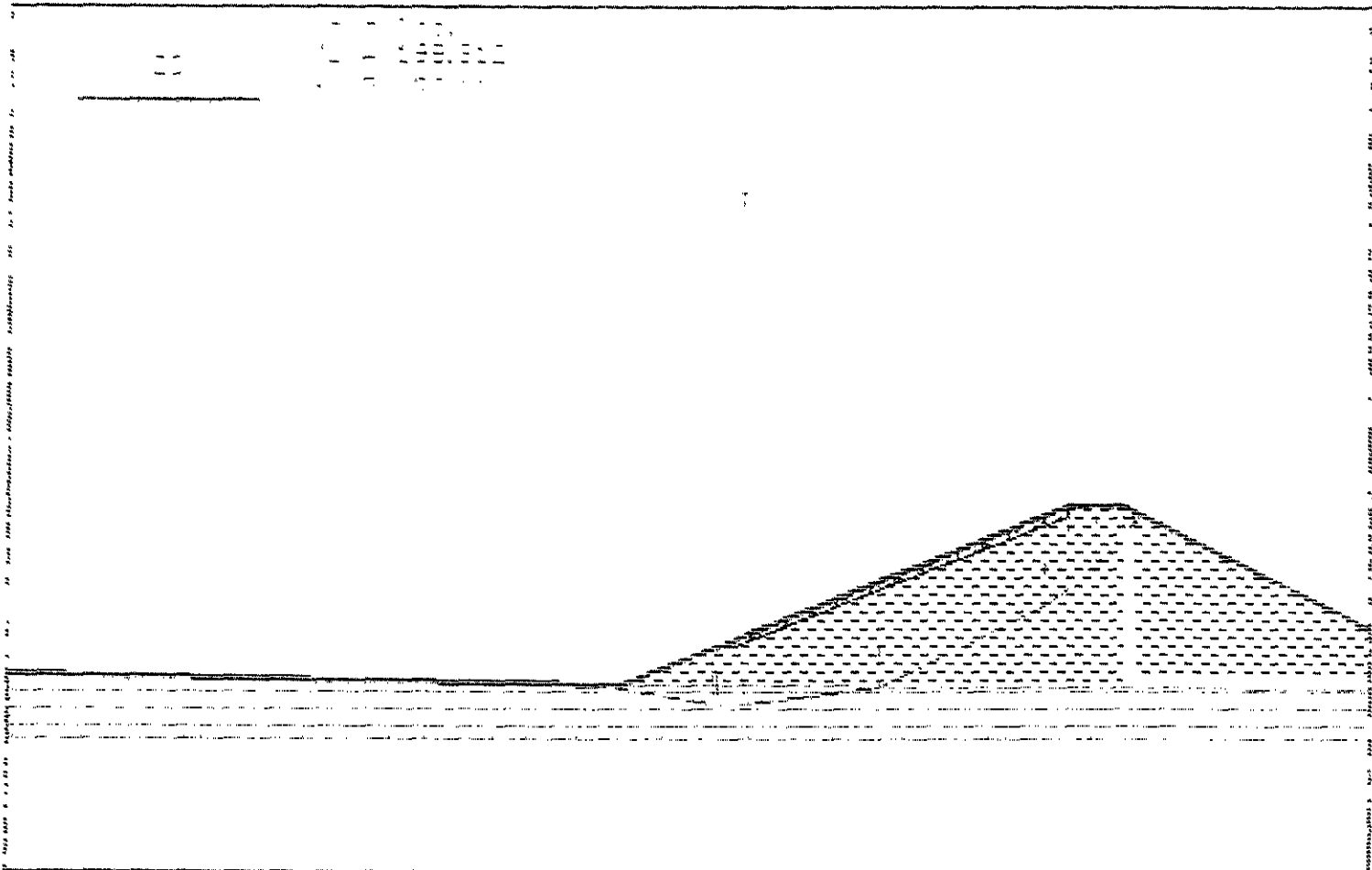
I N F O R M A C O E S F I N A I S

COEFICIENTE DE SEGURANCA = 2.469 (BISHOP)

NUMERO DE ITERACOES = 5

INCLINACAO DAS FORCAS INTERLAMELARES = 0.00 graus

LAMELA NO.	XMED	TENSAO NORMAL EFETIVA	TENSAO CISALH.
1	141.43	8.70	9.33
2	147.60	73.54	24.49
3	152.88	131.97	38.16
4	154.08	142.88	40.71
5	155.40	154.35	43.39
6	163.21	191.32	52.04
7	179.59	195.44	58.46
8	189.82	158.38	51.14
9	191.15	145.99	48.69
10	192.70	117.98	43.16
11	195.65	63.76	32.45
12	197.15	34.62	26.69
13	197.20	49.62	10.69
14	197.65	36.87	7.94
15	198.10	6.69	21.17
16	198.15	5.17	20.87
17	198.59	0.00	19.85



1.5.6 = 040 AL-0 - 8700-88 - BILLO-MONTANTE-FINAL DE OCA
 C/0700 8700-88-88

33624

CONCREMAT - PUNTA ARENAL

1 = 0.150

00.1206

2

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

GERAIS

Titulo · BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

Parametros afetados pelo sistema de unidades adotado

Precisao dos valores de tensao : 2 casas decimais
Precisao dos valores de coordenadas : 2 casas decimais
Peso especifico da agua : 10.00

Opcoes de relatorios

Incluir dados de entrada : Sim
Incluir informacoes das superficies da pesquisa : Sim
Incluir informacoes das lamelas : Sim

F1-Instrucoes F2-Grava F3-Outro Arquivo F4-Importa ESC-Abandona

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

GERAIS

Titulo : BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

Parametros afetados pelo sistema de unidades adotado

Precisao dos valores de tensao : 2 casas decimais
Precisao dos valores de coordenadas : 2 casas decimais
Peso especifico da agua : 10.00

Opcoes de relatorios

Incluir dados de entrada : Sim
Incluir informacoes das superficies da pesquisa : Sim
Incluir informacoes das lamelas : Sim

F1-Instrucoes F2-Grava F3-Outro Arquivo F4-Importa ESC-Abandona



=====

L.H.de CARVALHO Ru = 0,20
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	1	M A T E R I A L	T I P O	1
COORDENADAS	*****		X		Y		
			-100.00		200.00		
			400.00		200.00		

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	2	M A T E R I A L	T I P O	2
COORDENADAS	*****		X		Y		
			10.00		147.80		
			152.60		150.00		
			155.00		150.00		
			191.10		164.10		
			191.20		165.10		
			197.10		165.10		
			217.20		155.00		
			219.20		155.00		
			233.00		148.00		
			235.00		148.00		
			237.60		145.40		

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	3	M A T E R I A L	T I P O	3
COORDENADAS	*****		X		Y		
			197.10		145.20		
			197.20		163.10		
			198.10		163.10		
			198.20		146.20		
			229.90		146.20		
			231.70		148.00		
			232.20		148.00		

L I N H A	D E	P E R F I L	N O.	4	M A T E R I A L	T I P O	4
COORDENADAS	*****		X		Y		
			229.50		145.00		
			232.20		148.00		
			235.60		148.40		
			237.60		145.40		



=====
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO Ru = 0,20
E S T A V E L <<<<<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

LI N H A	D E	P E R F I L	N O.	M A T E R I A L	T I P O
COORDENADAS *****		X	5	5	5
		-100.00		147.80	
		10.00		147.80	
		142.60		145.80	
		194.20		145.50	
		237.20		145.40	
		300.00		145.40	



=====

L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO Ru = 0,20
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

D A D O S D O M A T E R I A L - T I P O 1
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF.
	0.00	0.00	0.00
ANGULO DE ATRITO - - - - -		35.00	graus
DENSIDADE NATURAL - - - - -		23.00	
PRESSAO NEUTRA - - - - -		0.00	

D A D O S D O M A T E R I A L - T I P O 2
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF.
	49.00	0.00	0.00
ANGULO DE ATRITO - - - - -		26.00	graus
DENSIDADE NATURAL - - - - -		21.00	
VALOR DE R-SUB-U - - - - -		0.20	

D A D O S D O M A T E R I A L - T I P O 3
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF.
	0.00	0.00	0.00
ANGULO DE ATRITO - - - - -		28.00	graus
DENSIDADE NATURAL - - - - -		19.00	
PRESSAO NEUTRA - - - - -		0.00	

=====

L.H.de CARVALHO Ru = 0,20

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes

G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

PONTOS DO TALUDE	X	Y
	-100.00	147.80
	10.00	147.80
	142.60	145.80
	191.10	165.10
	197.10	165.10
	217.20	155.00
	232.20	148.00
	235.00	148.00
	237.60	145.40
	400.00	145.40



=====
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

Ru = 0,20

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
155.679	181.219	38.732	2.457
156.041	181.185	38.033	2.446
155.439	181.806	38.498	2.443
156.054	181.684	38.720	2.434
155.823	182.332	39.455	2.432
154.619	182.714	39.846	2.443
154.271	183.811	40.532	2.427
153.248	185.339	41.798	2.429
154.370	184.099	41.391	2.423
153.836	185.246	42.838	2.444
155.024	184.114	41.073	2.419
155.226	184.814	41.686	2.408
153.422	186.151	42.951	2.408
152.221	188.061	44.699	2.417
154.408	186.231	43.487	2.401
154.476	187.441	44.964	2.378
154.379	188.171	45.009	2.362
154.384	190.207	46.818	2.329
152.962	191.053	48.136	2.360
154.459	192.983	50.328	2.328
154.978	196.399	54.017	2.327
153.739	197.665	54.350	2.295
153.370	202.777	59.043	2.281
155.526	201.869	58.448	2.288
154.866	210.489	67.520	2.392
154.528	196.292	53.029	2.295
153.972	204.226	59.663	2.267
153.469	208.140	62.486	2.433
154.051	209.623	65.074	2.272
152.069	209.215	64.071	2.305
154.489	204.073	60.135	2.264
154.971	209.171	64.206	2.303
153.851	204.695	60.592	2.260
154.157	199.040	55.186	2.277
154.083	206.448	62.108	2.260
154.310	205.918	62.226	2.284
154.073	204.734	60.432	2.257
153.515	206.512	61.952	2.261
154.489	204.073	60.135	2.264
153.807	205.780	61.407	2.257
154.125	206.613	62.040	2.256
154.262	207.571	62.764	2.267
153.921	204.970	60.478	2.261
154.034	206.004	61.619	2.256
153.904	207.531	62.945	2.258
154.023	205.573	61.186	2.255
154.314	206.347	61.823	2.257
153.959	205.950	61.532	2.255



=====
L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

Ru = 0,20

ESTAVEL <<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
GEOEXPERT - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
154.054	206.167	61.670	2.255
154.011	206.562	61.984	2.255
154.019	205.870	61.425	2.254
153.957	205.770	61.337	2.255
154.025	206.048	61.570	2.254
154.095	206.052	61.500	2.254
154.162	206.103	61.485	2.253
154.121	205.992	61.405	2.254
154.194	206.251	61.536	2.255
154.072	205.984	61.459	2.254
154.060	206.124	61.592	2.254
154.103	206.031	61.461	2.254
154.187	205.993	61.384	2.253
154.262	205.947	61.299	2.253
154.280	206.070	61.371	2.255
154.134	206.010	61.432	2.253
154.270	206.009	61.349	2.253
154.329	206.030	61.323	2.256
154.192	206.016	61.400	2.253
154.321	205.878	61.214	2.253
154.400	205.765	61.078	2.256
154.247	205.885	61.259	2.253
154.361	205.791	61.115	2.254
154.243	205.948	61.314	2.253



L.H.de CARVALHO

Ru = 0,20

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

**** CIRCULOS REFERENTES AOS 4 VERTICES DO SIMPLEX FINAL
DEPOIS DE 68 MOVIMENTACOES:

Xc	Yc	Raio	F
154.321	205.878	61.214	2.253
154.262	205.947	61.299	2.253
154.243	205.948	61.314	2.253
154.247	205.885	61.259	2.253



L.H.de CARVALHO Ru = 0,20
 BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
 ESTAVEL <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
 GEOEXPERT - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

I T E R A C O E S

TETA (graus)	DESEQUILIBRIO DE			
	ITER	Fm	Ff	MOMENTOS FORCAS
0.00	B I S H O P S I M P L I F I C A D O			
0	1.7000	1.7000	47202.030	686.838
1	2.2047	2.1498	3242.832	-93.296
2	2.2496	2.1278	222.125	-147.025
3	2.2528	2.1263	15.209	-150.706
4	2.2530	2.1262	1.041	-150.958

NUMERADOR: 358241 5705
 DENOMINADOR: 159007 2683

MOMENTOS CALCULADOS X = 154.32
 EM RELACAO AO PONTO Y = 205.88



L.H.de CARVALHO

Ru = 0,20

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

ESTAVEL <<<<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
GEOEXPERT - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

I N F O R M A C O E S D A S L A M E L A S

LAMELA NO.	X ESQUERDA CENTRO DIREITA	Y ESQUERDA CENTRO DIREITA	PESO	COESAO	ANGULO DE ATRITO (graus)	PRESSAO NEUTRA	* FORCAS APLIC. * * NA SUPERFICIE * * DO TALUDE * ***** * FORCA X * ***** * *		
1	142.58	145.80	0.0	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00	
2	142.60	145.80	534.9	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00	
3	152.60	144.69	60.6	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00	
4	153.15	144.68	136.8	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00	
5	153.74	144.67	85.4	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00	
6	154.32	144.66	1675.7	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00	
7	154.66	144.67	3792.9	49.00	26.00	40.48	0.00	0.00	
8	160.18	145.17	1342.0	49.00	26.00	38.34	0.00	0.00	
9	165.36	145.67	17.1	49.00	26.00	34.29	0.00	0.00	
10	174.73	149.03	432.9	49.00	26.00	28.86	0.00	0.00	
11	184.10	152.40	264.0	49.00	26.00	18.21	0.00	0.00	
12	187.60	154.67	5.9	49.00	26.00	12.33	0.00	0.00	
13	191.10	156.94	0.3	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00	
14	191.15	156.98	40.4	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00	
15	191.20	157.02	3.0	49.00	26.00	6.00	0.00	0.00	
16	192.70	158.23	12.4	49.00	26.00	2.84	0.00	0.00	
	194.20	159.44							
	195.65	160.76							
	197.10	162.09							
	197.15	162.14							
	197.19	162.19							
	197.20	162.19							
	197.20	162.19							
	197.65	162.64							
	198.10	163.09							
	198.15	163.14							
	198.20	163.20							
	198.64	163.65							
	199.07	164.11							



=====

L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO -Ru=0.20
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

L I N H A D E P E R F I L N O. 1 MATERIAL TIPO 1
COORDENADAS ***** X Y
-100.00 200.00
400.00 200.00

L I N H A D E P E R F I L N O. 2 MATERIAL TIPO 2
COORDENADAS ***** X Y
10.00 147.80
152.60 150.00
155.00 150.00
191.10 164.10
191.20 165.10
197.10 165.10
217.20 155.00
219.20 155.00
233.00 148.00
235.00 148.00
237.60 145.40

L I N H A D E P E R F I L N O. 3 MATERIAL TIPO 3
COORDENADAS ***** X Y
197.10 145.20
197.20 163.10
198.10 163.10
198.20 146.20
229.90 146.20
231.70 148.00
232.20 148.00

L I N H A D E P E R F I L N O. 4 MATERIAL TIPO 4
COORDENADAS ***** X Y
229.50 145.00
232.20 148.00
235.60 148.40
237.60 145.40



=====

L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO -Ru=0.20
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

PONTOS DO TALUDE	X	Y
	-100.00	147.80
	10.00	147.80
	142.60	145.80
	191.10	165.10
	197.10	165.10
	217.20	155.00
	232.20	148.00
	235.00	148.00
	237.60	145.40
	400.00	145.40



CONCREMAT
ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A.

=====

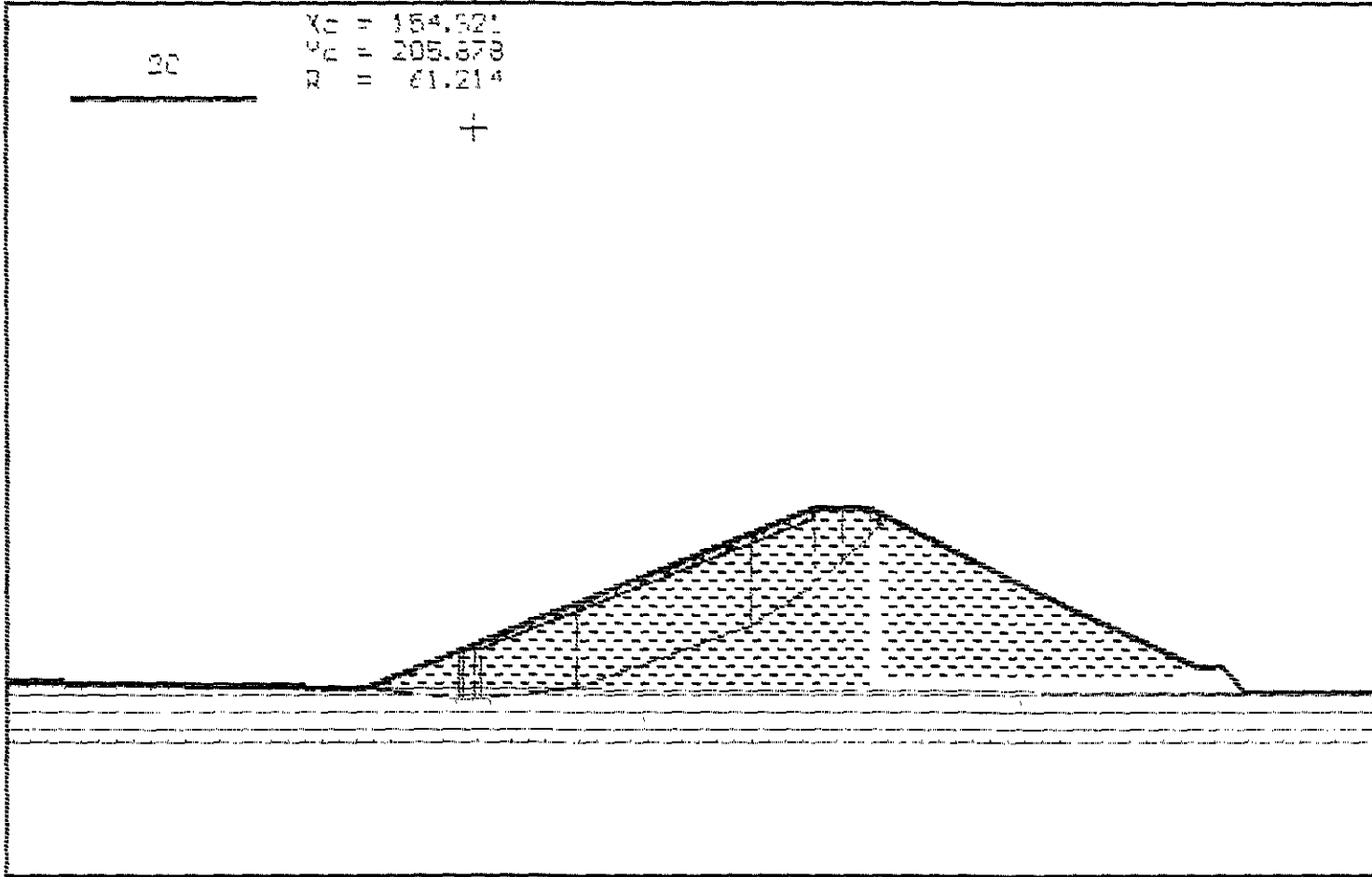
L H de CARVALHO Ru = 0,20
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

I N F O R M A C O E S F I N A I S

COEFICIENTE DE SEGURANCA = 2.253 (BISHOP)
NUMERO DE ITERACOES = 4
INCLINACAO DAS FORCAS INTERLAMELARES = 0.00 graus

LAMELA NO.	XMED	TENSAO NORMAL EFETIVA	TENSAO CISALH.
1	142.59	1.68	8.42
2	147.60	55.97	22.33
3	152.88	110.22	36.24
4	153.74	117.64	38.14
5	154.66	125.58	40.17
6	160.18	157.08	48.24
7	174.73	142.99	52.70
8	187.60	122.07	48.18
9	191.15	103.86	44.23
10	192.70	83.39	39.80
11	195.65	44.15	31.31
12	197.15	23.13	26.76
13	197.20	48.07	11.34
14	197.65	36.31	8.57
15	198.15	1.38	22.05
16	198.64	0.00	21.75



L.H.de OARUALHO - BARRAGEM BOUDA-MONTANTE-FINAL DE CON

ESQ-2

CONCREMAT - ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A.

10/10/1981



=====
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO -Ru=0.20
E S T A V E L <<<<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

*** INFORMACOES INICIAIS PARA A PESQUISA ***		
COORDENADA X DO CENTRO - - - - -		230.00
COORDENADA Y DO CENTRO - - - - -		185.00
PRIMEIRO CIRCULO TANGENTE A HORIZ. DE COTA Y IGUAL A - -		140.00
LOCALIZACAO GLOBAL DAS SUPERFICIES		
NENHUMA SUPERFICIE DEVE PASSAR ABAIXO DA COTA - - - - -		140.00
PRECISAO NAS COORDENADAS DA SUPERFICIE - - - - -		0.10
COMPRIMENTO DE ARCO ESPECIFICADO - - - - -		20.00
PROFUNDIDADE ADMITIDA PARA TRINCA DE TRACAO - - - - -		0.00
ALTURA DE AGUA NA TRINCA DE TRACAO - - - - -		0.00
PESO ESPECIFICO DA AGUA - - - - -		10.00
VALOR INICIAL ADMITIDO PARA O FATOR DE SEGURANCA - - - -		1.70
INCLINACAO INICIALMENTE ADMITIDA DAS FORCAS LATERAIS - -		-10.00 graus
NUMERO LIMITE DE ITERACOES PARA CADA SUPERFICIE - - - -		10
DESEQUILIBRIO DE FORCAS TOLERADO - - - - -		Bishop
DESEQUILIBRIO DE MOMENTOS TOLERADO - - - - -		Simplif.



```

=====
L H de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO -Ru=0.20
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====
  
```

```

**** CIRCULOS REFERENTES AOS 4 VERTICES DO SIMPLEX FINAL
      DEPOIS DE 23 MOVIMENTACOES:
  
```

Xc	Yc	Raio	F
226.898	185.772	41.913	1.982
226.616	185.675	41.841	1.982
226.707	185.702	41.912	1.983
226.867	185.699	41.898	1.983



=====

L H de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO -Ru=0.20
E S T A V E L <<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737
=====

I N F O R M A C O E S D A S L A M E L A S									
LAMELA	X		Y		PESO	COESAO	ANGULO DE ATRITO (graus)	PRESSAO NEUTRA	* FORCAS APLIC. * * NA SUPERFICIL * * DO TALUDE * ***** * FORCA X * ***** *
NO	ESQUERDA	ESQUERDA	CENTRO	CENTRO					
	DIREITA	DIREITA							
1	190.56	164.88							
1	190.80	164.48			5.5	0.00	35.00	0.00	0.00
	191.04	164.08							
2	191.07	164.02			1.5	49.00	26.00	4.87	0.00
	191.10	163.97							
3	191.15	163.89			2.6	49.00	26.00	5.28	0.00
	191.20	163.81							
4	192.70	161.68			215.5	49.00	26.00	14.37	0.00
	194.20	159.55							
5	195.65	157.92			437.1	49.00	26.00	30.14	0.00
	197.10	156.30							
6	197.13	156.27			11.4	49.00	26.00	37.04	0.00
	197.16	156.23							
7	197.18	156.21			6.9	0.00	28.00	0.00	0.00
	197.20	156.20							
8	197.65	155.76			158.1	0.00	28.00	0.00	0.00
	198.10	155.32							
9	198.12	155.30			8.7	0.00	28.00	0.00	0.00
	198.15	155.27							
10	198.17	155.25			10.5	49.00	26.00	39.11	0.00
	198.20	155.22							
11	205.64	150.71			3155.6	49.00	26.00	42.40	0.00
	213.08	146.20							
12	214.27	145.83			528.3	0.00	28.00	0.00	0.00
	215.46	145.45							
13	216.33	145.22			371.7	18.00	30.00	0.00	0.00
	217.20	145.00							
14	218.20	144.78			406.5	18.00	30.00	0.00	0.00
	219.20	144.57							
15	223.05	144.21			1290.4	18.00	30.00	0.00	0.00
	226.90	143.86							
16	228.20	143.90			322.1	18.00	30.00	0.00	0.00
	229.50	143.94							
17	229.70	143.95			44.2	0.00	32.00	0.00	0.00
	229.90	143.97							
18	230.80	144.05			175.3	18.00	30.00	0.00	0.00
	231.70	144.13							
19	231.95	144.16			43.5	18.00	30.00	0.00	0.00
	232.20	144.20							
20	232.60	144.25			67.1	18.00	30.00	0.00	0.00
	233.00	144.30							
21	234.00	144.48			148.0	18.00	30.00	0.00	0.00
	235.00	144.65							
22	235.30	144.71			37.7	18.00	30.00	0.00	0.00
	235.60	144.77							
23	236.40	144.96			55.2	18.00	30.00	0.00	0.00
	237.20	145.14							
24	237.40	145.20			3.4	18.00	30.00	0.00	0.00
	237.60	145.25							



=====

L.H.de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO -Ru=0.20

ESTAVEL <<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes

GEOPER - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

I N F O R M A C O E S D A S L A M E L A S

LAMELA									
NO.	X	Y	PESO	COESAO	ANGULO DE ATRITO (graus)	PRESSAO NEUTRA	* FORCAS APLIC. * * NA SUPERFICIE * * DO TALUDE * *****		
	ESQUERDA	ESQUERDA					* FORCA X *		
	CENTRO	CENTRO					*****		
	DIREITA	DIREITA					*		*
	237.60	145.25							
25	237.88	145.32	0.9	18.00	30.00	0.00	0.00	0.00	
	238.16	145.40							



=====

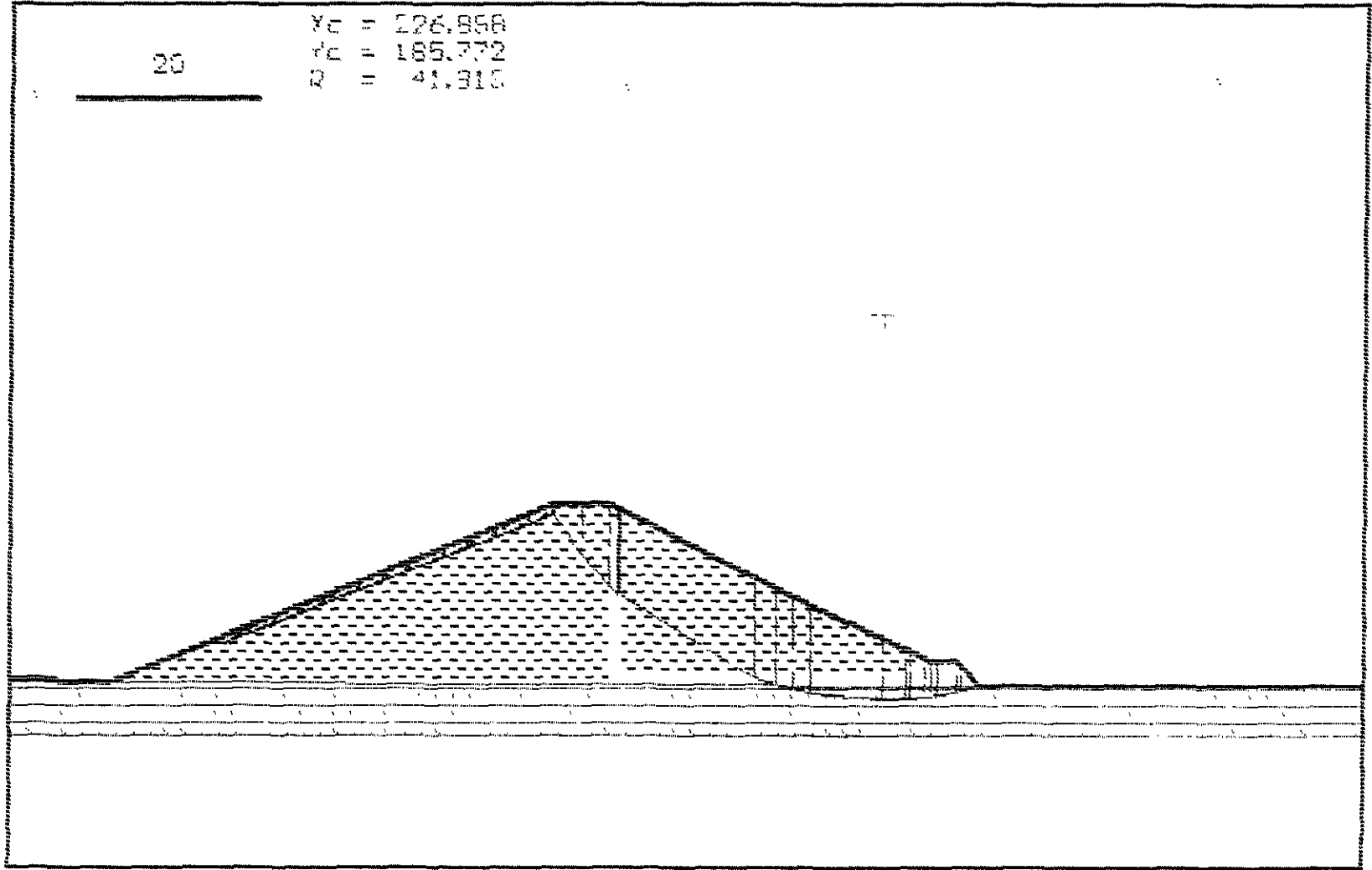
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONSTRUCAO -Ru=0.20
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W. Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

I N F O R M A C O E S F I N A I S

COEFICIENTE DE SEGURANCA = 1.982 (BISHOP)
NUMERO DE ITERACOES = 5
INCLINACAO DAS FORCAS INTERLAMELARES = 0.00 graus

LAMELA NO.	XMED	TENSAO NORMAL EFETIVA	TENSAO CISALH.
1	190.80	7.19	2.54
2	191.07	0.00	24.72
3	191.15	0.00	24.72
4	192.70	16.58	28.80
5	195.65	72.75	42.62
6	197.13	98.72	49.01
7	197.18	140.85	37.78
8	197.65	139.30	37.37
9	198.12	149.44	40.09
10	198.17	108.12	51.33
11	205.64	134.54	57.83
12	214.27	205.42	55.11
13	216.33	195.78	66.11
14	218.20	189.59	64.31
15	223.05	162.41	56.39
16	228.20	125.19	45.55
17	229.70	112.85	35.58
18	230.80	101.02	38.51
19	231.95	91.39	35.70
20	232.60	88.73	34.93
21	234.00	79.53	32.25
22	235.30	68.74	29.11
23	236.40	39.26	20.52
24	237.40	11.72	12.50
25	237.88	4.41	10.37



$Y_c = 126,858$
 $V_c = 185,772$
 $Q = 41,810$

L. de OBRALHE - BARRAGEM SOUZA-JUSANTE-FINAL DE CONS
BISHOP Simplificado

SOUEHTE

CONCREMAT Engenharia e Tecnologia S.A.

001132



=====
L H de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737
=====

LINHA	DE	PERFIL	N O	MATERIAL TIPO
COORDENADAS	*****		X	Y
			-100 00	200 00
			400 00	200 00

LINHA	DE	PERFIL	N O	MATERIAL TIPO
COORDENADAS	*****		X	Y
			10 00	147 80
			152 60	150 00
			155 00	150 00
			191 10	164 10
			191 20	165 10
			197 10	165 10
			217 20	155 00
			219 20	155 00
			233 00	148 00
			235 00	148 00
			237 60	145 40

LINHA	DE	PERFIL	N O	MATERIAL TIPO
COORDENADAS	*****		X	Y
			197 10	145 20
			197 20	163 10
			198 10	163 10
			198 20	146 20
			229 90	146 20
			231 70	148 00
			232 20	148 00

LINHA	DE	PERFIL	N O	MATERIAL TIPO
COORDENADAS	*****		X	Y
			229 50	145 00
			232 20	148 00
			235 60	148 40
			237 60	145 40

=====
 L H de CARVALHO
 BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
 E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
 G E O E X P E R T - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737
 =====

L I N H A	D E	P E R F I L	N O	5	M A T E R I A L	T I P O	5
COORDENADAS *****			X		Y		
			-100 00		147 80		
			10 00		147 80		
			142 60		145 80		
			194 20		145 50		
			237 20		145 40		
			300 00		145 40		



=====

L H de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

ESTAVEL <<<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
GEOEXPERT - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737

=====

DADOS DO MATERIAL - TIPO 1
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF
ANGULO DE ATRITO - - - - -	0 00	0 00	0 00
DENSIDADE NATURAL - - - - -		35.00	graus
PRESSAO NEUTRA - - - - -		23 00	
		0 00	

DADOS DO MATERIAL - TIPO 2
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF
ANGULO DE ATRITO - - - - -	49 00	0 00	0 00
DENSIDADE NATURAL - - - - -		26 00	graus
VALOR DE R-SUB-U - - - - -		21 00	
		0 20	

DADOS DO MATERIAL - TIPO 3
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO

	C	C/Z	REF
ANGULO DE ATRITO - - - - -	0.00	0.00	0.00
DENSIDADE NATURAL - - - - -		28 00	graus
PRESSAO NEUTRA - - - - -		19.00	
		0 00	



```

=====
L.H.de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
  ESTAVEL <<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
GEOEXPERT - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737
=====

```

```

DADOS DO MATERIAL - TIPO 4
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO
      C      C/Z      REF
0 00      0 00      0 00
ANGULO DE ATRITO - - - - - 32 00  graus
DENSIDADE NATURAL - - - - - 23 00
PRESSAO NEUTRA - - - - - 0 00

```

```

DADOS DO MATERIAL - TIPO 5
COESAO (RESISTENCIA NAO DRENADA) - ISOTROPICO
      C      C/Z      REF.
0 00      0 00      0 00
ANGULO DE ATRITO - - - - - 27 00  graus
DENSIDADE NATURAL - - - - - 21 00
PRESSAO NEUTRA - - - - - 0.00

```




=====

L H de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<<<<<<>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E C E X P E R T - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737

=====

*** INFORMACOES INICIAIS PARA A PESQUISA ***

COORDENADA X DO CENTRO - - - - -	.150 00	
COORDENADA Y DO CENTRO - - - - -	175.00	
PRIMEIRO CIRCULO TANGENTE A HORIZ. DE COTA Y IGUAL A - -	140 00	
LOCALIZACAO GLOBAL DAS SUPERFICIES		
NENHUMA SUPERFICIE DEVE PASSAR ABAIXO DA COTA - - - - -	140 00	
PRECISAO NAS COORDENADAS DA SUPERFICIE - - - - -	0 10	
COMPRIMENTO DE ARCO ESPECIFICADO - - - - -	20 00	
PROFUNDIDADE ADMITIDA PARA TRINCA DE TRACAO - - - - -	0.00	
ALTURA DE AGUA NA TRINCA DE TRACAO - - - - -	0.00	
PESO ESPECIFICO DA AGUA - - - - -	10 00	
VALOR INICIAL ADMITIDO PARA O FATOR DE SEGURANCA - - - -	1 70	
INCLINACAO INICIALMENTE ADMITIDA DAS FORCAS LATERAIS - -	-10 00	graus
NUMERO LIMITE DE ITERACOES PARA CADA SUPERFICIE - - - - -	10	
DESEQUILIBRIO DE FORCAS TOLERADO - - - - -	Bishop	
DESEQUILIBRIO DE MOMENTOS TOLERADO - - - - -	Simplif	



```
=====
L H de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E C E X P E R T - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737
=====
```

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
150 000	175 000	35 000	2 352
151 000	174 000	36 000	
151 000	175 000	34 000	SUPERFICIE INTERCEPTOU A ROCHA
150 000	174 000	35 000	2 285
151 333	175 333	35 000	SUPERFICIE INTERCEPTOU A ROCHA
150 556	176 222	33 333	2 289
150 333	177 333	32 000	2 253
151 926	176 037	33 222	2 797
152 889	176 556	32 333	2 215
150 988	176 173	32 037	2 284
151 230	175 585	34 111	2 336
151 474	176 896	33 111	2 249
151 000	175 000	34 000	2 253
151 332	176 327	33 378	2 285
152 436	175 744	33 807	2 226
153 376	175 505	34 044	2 208
153 193	176 328	32 985	2 203
154 175	176 699	32 422	2 198
154 332	175 586	33 457	2 288
155 832	175 215	33 496	2 178
156 341	175 329	33 795	2 172
158 549	174 974	34 081	2 177
156 868	175 743	32 807	2 188
159 501	174 530	33 747	2 179
155 085	175 788	33 214	2 229
154 638	175 146	34 197	2 168
156 199	175 564	33 224	2 207
155 919	175 905	33 325	2 163
155 962	176 250	33 240	2 159
155 127	176 176	32 713	2 153
155 977	175 583	33 471	2 149
156 978	175 579	33 466	2 147
156 384	175 815	33 618	2 150
156 476	175 940	33 815	2 144
156 938	176 033	33 600	2 143
157 418	176 259	33 665	2 131
155 911	176 340	33 694	2 122
155 377	176 720	33 808	2 133
156 609	176 557	34 156	2 120
156 954	176 883	34 572	2 118
156 370	177 151	34 172	2 095
155 529	177 803	34 768	2 081
154 825	178 688	35 351	2 071
156 722	178 428	35 589	2 048
157 394	179 282	36 479	2 056
156 412	179 417	36 763	2 025
156 433	180 551	38 059	
155 482	182 130	38 688	
158 048	182 621	40 133	



=====

L H de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

E S T A V E L <<<<<<<<<<<>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E O E X P E R T - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737

=====

**** CIRCULOS INTERMEDIARIOS DA BUSCA

Xc	Yc	Raio	F
159 659	184 587	42 524	2 022
156 988	185 564	43 034	1 996
155 785	188 705	46 312	1 978
159 770	187 098	45 908	2 014
161 043	193 043	51 770	2 104
157 816	184 298	42 172	2 015
156 589	188 813	47 071	1 983
157 613	192 113	50 689	1 980
154 221	192 656	50 140	1 963
151 447	195 434	52 255	1 982
155 824	193 502	51 022	1 963
153 607	191 129	47 627	1 990
156 412	191 817	49 770	1 972
154 186	196 612	54 309	1 960
152 887	200 565	58 308	1 957
152 210	199 331	56 543	1 957
150 110	203 088	59 930	1 981
150 388	201 533	58 972	1 974
154 193	195 911	53 407	1 956
151 972	204 549	62 033	1 953
150 848	210 496	67 979	1 979
152 697	199 296	56 347	1 955
153 698	200 506	57 981	1 947
154 442	201 094	58 700	1 961
151 385	206 990	64 167	1 956
154 193	195 911	53 407	1 956
152 228	203 666	60 939	1 953
152 568	206 519	64 288	1 978
152 658	201 463	58 729	1 958
153 008	202 124	59 602	1 948
153 110	201 770	59 164	1 949
153 298	200 022	57 328	1 956
153 246	202 912	60 504	1 957
153 282	200 889	58 281	1 951
153 262	202 045	59 551	1 950
153 282	200 889	58 281	1 951
153 268	201 698	59 170	1 947
153 539	201 115	58 671	1 949
153 239	201 574	59 016	1 948
153 796	200 395	57 843	1 947
154 189	199 531	56 964	1 947
153 936	200 159	57 647	1 947
154 284	199 452	56 962	1 947
154 352	199 009	56 478	1 948
153 593	200 891	58 362	1 947
153 851	200 457	57 920	1 946
153 928	200 433	57 890	1 947



=====
L H de CARVALHO
BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO
E S T A V E L <<<<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
G E C E X P E R T - W Hachich Engenharia S/C Ltda - (011) 570 3737
=====

I N F O R M A C O E S D A S L A M E L A S

LAMELA NO	X ESQUERDA	Y ESQUERDA	PESO	COESAO	ANGULO DE ATRITO (graus)	PRESSAO NEUTRA	* FORCAS APLIC * * NA SUPERFICIE * * DO TALUDE * ***** * FORCA X * ***** *
	CENTRO	CENTRO					
	DIREITA	DIREITA					
1	134 33	145 92					
1	138 47	144 78	187 4	0 00	27 00	0 00	0 00 0 00
2	142 60	143 64					
2	147 60	143 10	985 7	0 00	27 00	0 00	0 00 0 00
3	152 60	142 55					
3	152 88	142 55	85 5	0 00	27 00	0 00	0 00 0 00
4	153 15	142 54					
4	153 50	142 54	111 4	0 00	27 00	0 00	0 00 0 00
5	153 85	142 54					
5	154 43	142 54	193 3	0 00	27 00	0 00	0 00 0 00
6	155 00	142 55					
6	163 76	144 09	3754 1	0 00	27 00	0 00	0 00 0 00
7	172 51	145 63					
7	181 24	150 40	3982 5	49 00	26 00	45 62	0 00 0 00
8	189 97	155 18					
8	190 54	155 64	221 2	49 00	26 00	39 18	0 00 0 00
9	191 10	156 10					
9	191 15	156 15	18 9	49 00	26 00	37 81	0 00 0 00
10	191 20	156 19					
10	192 70	157 55	475 9	49 00	26 00	31 73	0 00 0 00
11	194 20	158 90					
11	195 65	160 42	285 2	49 00	26 00	19 67	0 00 0 00
12	197 10	161 93					
12	197 15	161 98	6 1	49 00	26 00	12 99	0 00 0 00
13	197 19	162 04					
13	197 20	162 04	0 4	0 00	28 00	0 00	0 00 0 00
14	197 20	162 04					
14	197 65	162 56	41 8	0 00	28 00	0 00	0 00 0 00
15	198 10	163 08					
15	198 15	163 14	3 0	49 00	26 00	6 00	0 00 0 00
16	198 20	163 20					
16	198 59	163 68	11 0	49 00	26 00	2 82	0 00 0 00
17	198 98	164 15					



=====

L H de CARVALHO

BARRAGEM SOUZA-MONTANTE-FINAL DE CONSTRUCAO

ESTAVEL <<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>> Programa de estabilidade de taludes
GEOEXPERT - W Hachich Engenharia S/C Ltda. - (011) 570 3737

=====

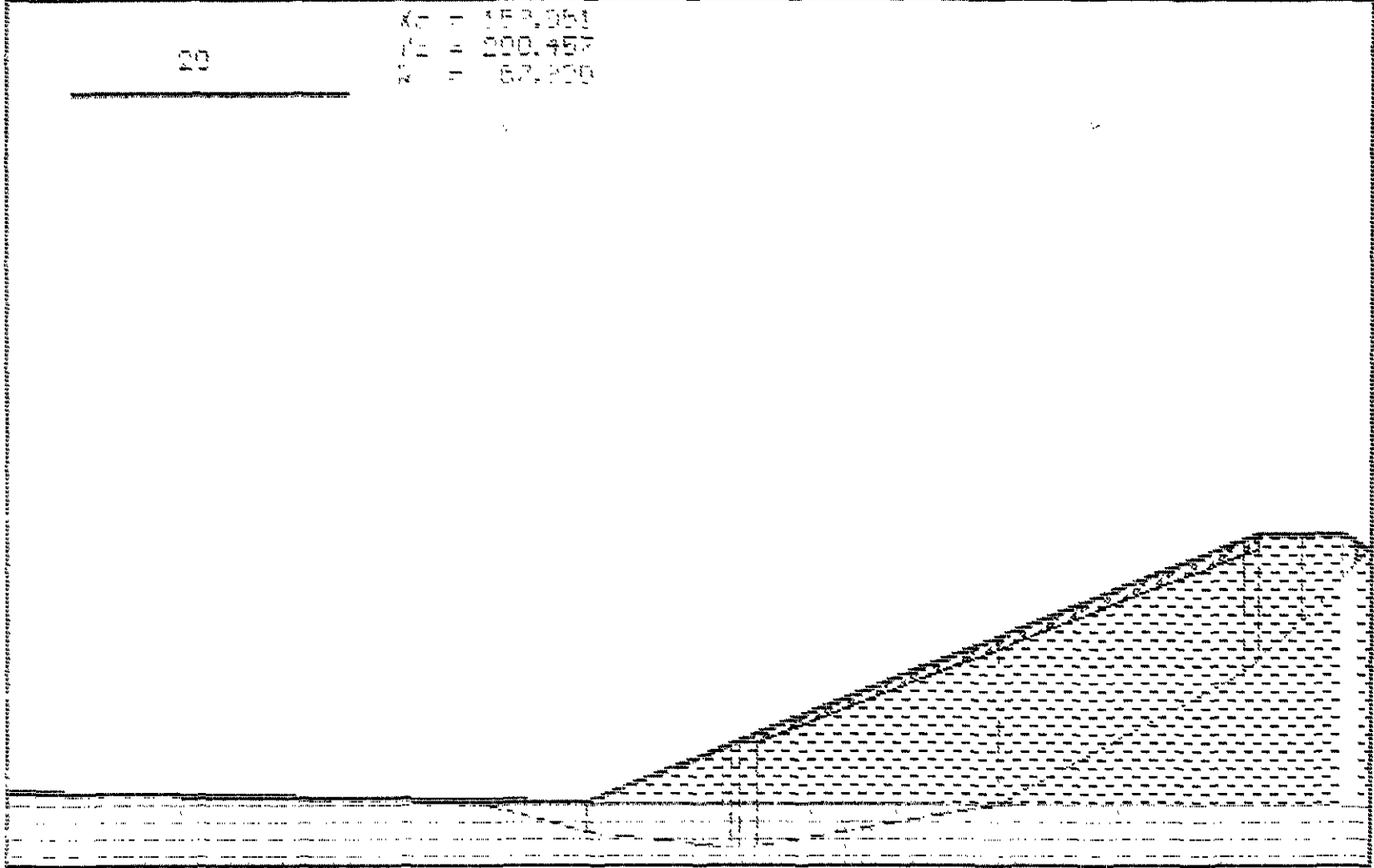
I N F O R M A C O E S F I N A I S

COEFICIENTE DE SEGURANCA = 1 946 (BISHOP)

NUMERO DE ITERACOES = 4

INCLINACAO DAS FORCAS INTERLAMELARES = 0 00 graus

LAMELA NO	XMED	TENSAO NORMAL EFETIVA	TENSAO CISALH.
1	138.47	24.44	6 40
2	147 60	101 47	26 56
3	152 88	154 90	40 55
4	153 50	160 11	41 91
5	154 43	167 80	43 93
6	163 76	204 93	53 65
7	181 24	148 37	62 36
8	190.54	112.95	53 48
9	191 15	107.39	52 09
10	192 70	84.87	46 44
11	195 65	41.53	35 58
12	197 15	18 43	29 79
13	197 20	47 53	12 98
14	197 65	35 25	9 63
15	198 15	0 00	25 18
16	198 59	0 00	25 18



CLASSE C-20 - BARRAS 800 - MONTANTE FINAL DE CON
DORME ENCRUSTADO

800/10

PROJETO DE OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA

10/10/2010