

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

PROJETO EXECUTIVO BÁSICO DA BARRAGEM AMARELAS

**VOLUME I - RELATÓRIO GERAL
TOMO II - MEMORIAL DE CÁLCULO**

GHG

**FORTALEZA
ABRIL DE 2000**



Folha de Dados

IDGED:

0242/03/02/B

LOTE:

2559

AUTOR:

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH; GHG

TÍTULO:

PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM AMARELAS

SUBTÍTULO:

VOLUME III – RELATÓRIO GERAL; TOMO II MEMORIAL DE CÁLCULO

ABRIL/2000

FOLHA DE DADOS - GED/SRH

TIPO DE DOCUMENTO: Relatório
 Identidade GED: 02421031021B
 Lote: 02559
 N° de Registro: 00/0033
 Autores: GHG/SRH
 Programa: _____
 Título: Projeto básico da barragem Amarelas

 Sub-Título 1: Relatório geral

 Sub-Título 2: Manual de cálculo

 N° de Páginas: 29 p
 Volume: 3
 Tomo: 2
 Editor: GHG
 Data de Publicação (mês/ano): Abul/2000
 Local de Publicação: Fortaleza

Localização da Obra

Tipo de Empreendimento:

<input checked="" type="checkbox"/> Barragem	<input type="checkbox"/> Açude	<input type="checkbox"/> Adutora	<input type="checkbox"/> Canal / Eixo de Transp.	<input type="checkbox"/> Outro
Rio / Riacho Barrado: <u>Rio Piranga</u>		Fonte Hídrica: _____		

Bacia: Bacia Jaguaribe
 Sub-bacia: _____
 Municípios: Beberibe
 Distrito: _____
 Microregião: bitonal de Cracati
 Estado: Ceará

GOVERNO DO ESTADO



PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM AMARELAS

VOLUME III - RELATÓRIO GERAL TOMO II - MEMORIAL DE CÁLCULO

Lote 02559 - Prep (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 0242/03/02 B
Volume 1
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____

0242/03/02/B
ex.1

GHG

FORTALEZA
ABRIL/2000

GOVERNO DO ESTADO



PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM AMARELAS

VOLUME III - RELATÓRIO GERAL

TOMO II - MEMORIAL DE CÁLCULO

Handwritten notes and signatures:
024/1001
2000/1001
[Signature]



APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

A **GHG – Geologia de Engenharia Ltda**, apresenta, a seguir, o **Projeto Básico da Barragem Amarelas**, no município de **Fortim**, no estado do Ceará, objeto do Contrato nº 040/98, firmado com a SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

O presente documento apresenta o Volume III – Relatório Geral do Projeto Básico da Barragem Amarelas.

O referido Projeto Básico é composto pelos seguintes Volumes:

VOLUME I - Relatório dos Estudos Preliminares

VOLUME II - Relatório dos Estudos Básicos

TOMO I Estudos Topográficos

TOMO II Estudos Geológicos e Geotécnicos

TOMO III Estudos Hidrológicos

VOLUME III - Relatório Geral

TOMO I Descrição Geral do Projeto

TOMO II **Memorial de Cálculo**

TOMO III Orçamento e Especificações Técnicas

TOMO IV Desenhos

TOMO V Relatório Síntese

O presente relatório refere-se ao **VOLUME III - Relatório Geral - TOMO II – Memorial de Cálculo**

000005



ÍNDICE

000006



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	2
1. MACIÇO DE TERRA	6
2. VERTEDOURO	21

000007



1. MACIÇO DE TERRA



1. MACIÇO DE TERRA

I) GEOMETRIA DO MACIÇO

- Área da bacia hidrográfica = 191,5 km²

LARGURA DO VERTEDOURO

a) Cheia milenar

$Q_m = 220,60 \text{ m}^3/\text{s}$ (descarga de projeto)

$L = 80 \text{ m}$ (adotado)

$H_o = 1,17 \text{ m}$

b) Cheia decamilenar

$Q_m = 332,30 \text{ m}^3/\text{s}$

$L = 80 \text{ m}$

$H_o = 1,53 \text{ m}$

FOLGA (F)

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas:

$$F = H_o + H_c + H_d$$

sendo:

$$H_o = R - H_s/2.$$

$R/H_s = 0,7$ de acordo com tabela 15.3

$R = \text{elevação da onda} = 0,7 * H_s$

$H_s = \text{altura da onda}$

$$H_s = 0,75 + 0,34 \times (L)^{1/2} - 0,26 \times (L)^{1/4}$$

$$v_o = 1,5 + 2H_s$$

$$H_s = \text{alt.da onda} = 1,23 \text{ m}$$

$$L = \text{fetch} = 7 \text{ km}$$

$v_o =$ velocidade da onda em m/s

logo:

$$H_s = 1,23 \text{ m}$$

$$v_o = 3,95 \text{ m/s}$$

$$H_o = 0,25 \text{ m}$$

Considerando os seguintes valores para H_c e H_d ,

$$H_c = 0,15 \text{ m}$$

$$H_d = 0,15 \text{ m}$$

Teremos

$$F = 0,55 \text{ m}$$

REVANCHE

Para cálculo da "revanche" utilizou-se a fórmula:

$$R = H_o + F$$

onde:

a) Cheia milenar

$$H_o = \text{lâmina de sangria} = 1,17 \text{ m}$$

$$F = \text{folga} = 0,55 \text{ m}$$

$$R = 1,71 \text{ m}$$

b) Cheia decamilenar

$$H_o = \text{lâmina de sangria} = 1,53 \text{ m}$$

$$F = \text{folga mínima} = 0,50 \text{ m}$$

$$R = 2,03 \text{ m}$$

COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela fórmula:

$$CC = CS + R$$

onde:

cc = cota do coroamento

cs = cota da soleira do sangradouro = 20,1

a) descarga milenar

R = revanche = 1,71 m

logo:

cc = 21,81

b) descarga decamilenar

R = revanche = 2,03 m

logo:

cc = 22,13

Adotou-se a cota do coroamento = 22,00

ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (H_b)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte fórmula:

$$H_b = cc - CLR$$

onde:

cc = cota do coroamento = 22,0

CLR = cota do leito do rio = 1,8

$$H_b = 20,20 \text{ m}$$

LARGURA DA CRISTA (b)

A largura da crista foi determinada pela fórmula de Preece:

$$b = 1,1 \times (H_b)^{1/2} + 0,9$$

$$b = 5,84$$

Adotou-se $b = 6,00 \text{ m}$

TALUDES

- Montante:

Cota 22,0 até a cota 10 2 :1

Cota 10,0 até o terreno natural 2,5 :1

- Jusante:

Cota 22,0 até o terreno natural 2 :1

RIP - RAP**ESPESSURA DO RIP-RAP**

O rip-rap foi dimensionado através da fórmula:

$$e = C v_o^2$$

onde:

e = espessura do rip-rap (m)

C = coeficiente, função da inclinação do talude

e do peso específico da rocha = 0,031

v_o = velocidade das ondas (m/s) = 3,95 m

e = 0,48 m

Adotou-se a espessura do rip-rap = 0,5 m

ESPESSURA DA TRANSIÇÃO

$$e_t = e/2$$

onde:

e_t = espessura da transição

e_t = 0,25 m

Adotou-se a transição de 0,30 m

Adotou-se a espessura total do rip-rap = 0,8 m

II) SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

REDE DE FLUXO - CÁLCULO DA DESCARGA

ANISOTROPIA

$$K_v = K_h$$

$$K_v = KML = 0,00000045 \text{ cm/s}$$

$$K_v = 4,5E-09 \text{ m/s}$$

$$K_h = 9 \times K_v = 4,05E-08 \text{ m/s}$$

$$X_t = x(K_v/K_h)^{0,5} = x 0,333333333$$

$$d = 21,63 \text{ m}$$

$$h = 18,30 \text{ m}$$

$$y_0 = (d^2 + h^2)^{1/2} - d$$

$$y_0 = ((d/3)^2 + h^2)^{1/2} - (d/3)$$

$$y_0 = 12,459 \text{ m}$$

$$y = (y_0^2 + 2 \cdot y_0 \cdot X_t)^{1/2}$$

COORDENADAS DA SUPERFÍCIE FREÁTICA

Xt	y	Xr=3Xt
0,00	12,459	0,00
1,50	13,878	4,50
2,00	14,320	6,00
2,50	14,748	7,50
3,00	15,165	9,00
3,50	15,570	10,50
4,00	15,965	12,00
4,50	16,351	13,50
5,00	16,727	15,00
5,50	17,096	16,50
6,00	17,456	18,00
6,50	17,809	19,50
7,00	18,156	21,00
7,21	18,300	21,63

PERCOLAÇÃO ATRAVÉS DO MACIÇO

a) Maciço

Com a definição da superfície freática conforme item precedente calcula-se a descarga através do maciço

$$Q_b = K_b * h * (N_f / N_d)$$

onde:

Q_b = descarga através do maciço

K_b = permeabilidade do material (SC)

N_f = número de canais de fluxo = 3

N_d = número de quedas de potencial = 2

assim, conforme desenho anexo (rede de fluxo)

e assumindo $K_b = 1,35E-08$ m/s

$$Q_b = 1,85E-07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

ESPESSURA DO FILTRO

$e = 1,00$ m (ADOTADO)

$k = 1,50E-02$ cm/s

$i = 1,00$

$Q_b = 1,85E-07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

$Q_{fmax} = k * i * e$

$Q_{fmax} = 1,50E-04 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

$$F.S. = \frac{Q_{fmax}}{Q_b} = 809,5527221 > 5 \text{ OK!}$$

Q_b

ESPESSURA DO TAPETE DRENANTE

$$e = 2 \left((Q_b + Q_f) / K_a * L \right)$$

onde: $K_a = 1,50E-02$ cm/s

$$L = 32,00$$
 m

$$e = 0,012$$
 m

POR QUESTÕES DE TRABALHABILIDADE ADOTOU-SE $E = 1,0$ m

III) TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela fórmula:

$$D = (4Q/P_i)^{1/2}$$

onde:

$$Q = \text{descarga regularizada} = 0,292 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_i = 3,1416$$

logo:

$$D = 0,498$$
 m

Diâmetro adotado 500 mm

velocidade do escoamento:

$$v = Q/a = 1,49$$
 m/s

o número de Reynolds vem a ser:

$$Re = (v * D) / \nu = 9,29E+04$$

$$e/d = 0,00043$$

pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0,02$ a perda por atrito é calculada pela expressão:

$$h_f = f(l * v^2) / (2g * D) = 0,248$$
 m

Determinação da cota do eixo da tubulação

$$6\%V_t = 1.380.120 \text{ m}^3$$

$$10\%V_t = 2.300.200 \text{ m}^3$$

$$V_m = 1.500.000 \text{ m}^3$$

Cota do eixo da tubulação 12,500 as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes:

$$K_c = 1 \text{ crivo}$$

$$K_r = 0,4 \text{ registro}$$

$$K_s = 1 \text{ saída da tubulação}$$

$$K_j = 1,2 \text{ juntas}$$

$$\text{total} = 3,6$$

a perda acidental total será:

$$h_a = (K_c + K_r + K_s + K_j)(v^2/2g) = 0,406 \text{ m}$$

e a perda total será: 0,767 m

$$\text{Volume do reservatório} = 48.291.000 \text{ m}^3$$

$$V_p \text{ mínimo} = 2.897.460 \text{ m}^3$$

$$V_p \text{ máximo} = 4.829.100 \text{ m}^3$$

de acordo com a curva Cotas x Volumes, teremos:

$$\text{cota do eixo da galeria} = 12,5 \text{ m}$$

O nível mínimo operacional será: 13,267 m

EQUAÇÃO DA DESCARGA DA GALERIA

expressão das perdas localizadas em função da vazão

$$h_f = f(l \cdot v^2)/(2g \cdot D) = f(l \cdot (Q/A)^2)/(2g \cdot D)$$

$$\text{como } A = 0,19635 \text{ m}^2$$

$$h_f = 2,9085 Q^2$$

$$h_a = (K_c + K_r + K_e + K_s)(v^2/2g) = (K_c + K_r + K_j + K_s)((Q/A)^2/2g) =$$

$$h_a = 4,7593 Q^2$$

$$H_{\text{mínimo operacional}} = \text{cota entrada} + H_f + (V^2/2g)$$

$$H_{\text{mín operacional}} = 12,50 + 7,667736487 Q^2 + V^2/2g$$

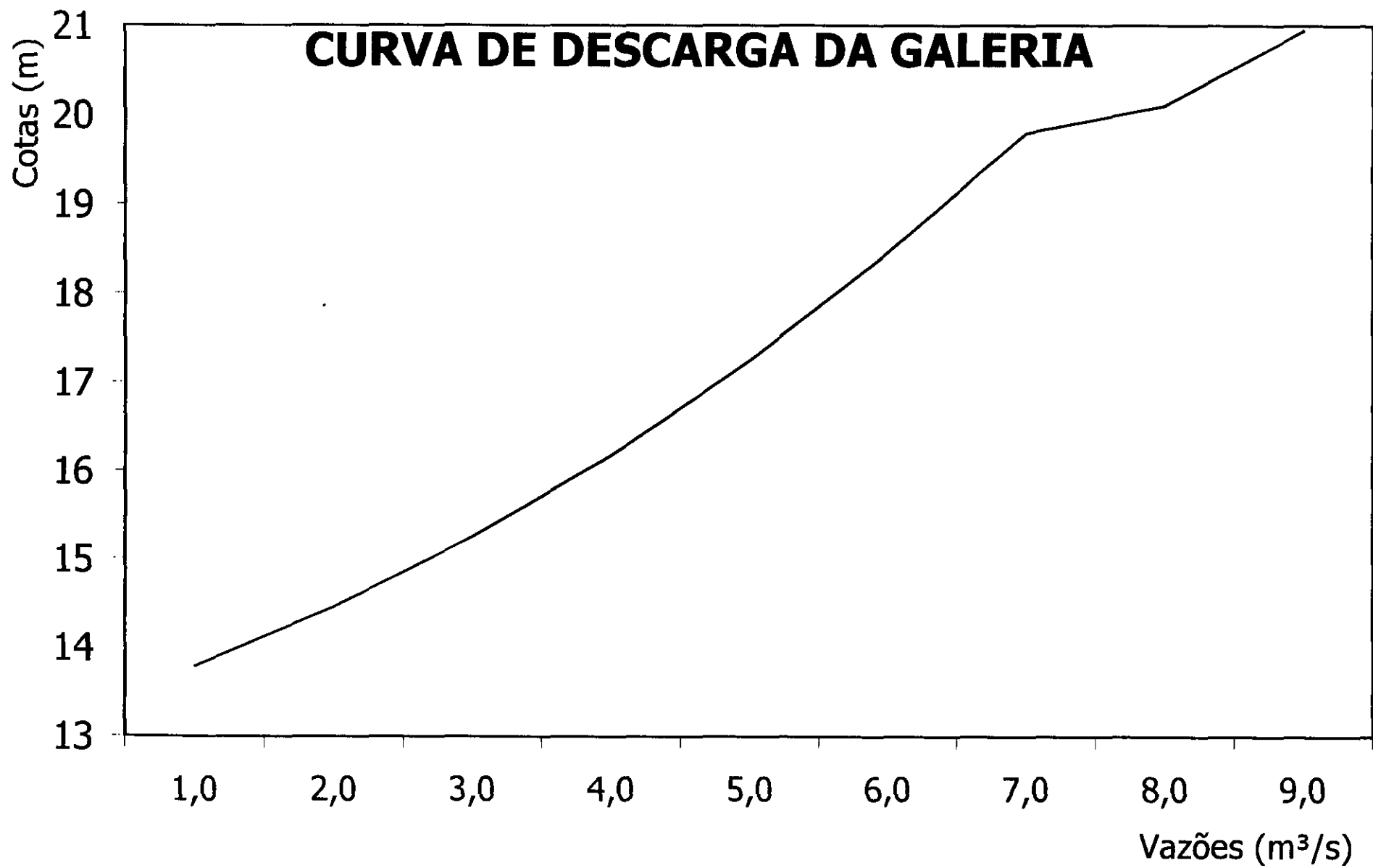
$$V^2/2g = ((Q/A)^2)/2g = (Q^2/A^2)/2g = Q^2 \times 16/\pi^2 \times D^4 \times 2g$$

$$V^2/2g = 1,3220 Q^2$$

$$H_w = h_l + h_f + V^2/2g$$

$$H_w = 8,9898 Q^2$$

Hw	Q	COTA	OBSERVAÇÕES
0,767	0,292	13,267	Hmín operacional
1,291	0,379	13,791	
1,952	0,466	14,452	
2,749	0,553	15,249	
3,682	0,640	16,182	
4,751	0,727	17,251	
5,957	0,814	18,457	
7,298	0,901	19,798	
7,600	0,919	20,100	Soleira
8,449	0,969	20,949	



000018

IV) ESTABILIDADE DOS TALUDES

Os cálculos da estabilidade dos taludes do maciço foram efetuados utilizando-se o método das fatias, que consiste em escolher uma superfície de ruptura, geralmente circular, dividindo-a em fatias. O fator de segurança é obtido da razão entre as forças resistentes de cada fatia e, as forças estabilizadoras quanto ao colapso do maciço.

$$F_s = \frac{cL + \sum (W_i \cos i - BW \cos i) \tan \phi}{\sum W_i \sin i}$$

onde:

Fs = fator de segurança

$W_i \cos i$ = força normal à superfície de ruptura

$W_i \sin i$ = força tangente à superfície de ruptura

c = força coesiva

ϕ = ângulo de atrito interno

B = u/gh

A seção escolhida para os cálculos foi a seção máxima, uma vez ser esta que detém as condições mais desfavoráveis. Os estudos se desenvolveram com a comparação dos fatores de segurança (Fs) encontrados, com os admissíveis para este projeto.

Os casos de carregamento a que o maciço será submetido determinaram os parâmetros de resistência a serem utilizados e o tipo de análise a ser feita, tais como:

FINAL DE CONSTRUÇÃO

O talude de jusante foi analisado para esta condição e, a análise feita em termos de pressões totais

REGIME PERMANENTE

Este regime é crítico para o talude de jusante e a análise é feita em termos de pressões efetivas. Foi considerada a superfície freática estabelecida no nível máximo normal (cota da soleira) e o sistema de drenagem interna em funcionamento.

para FINAL DE CONSTRUÇÃO - $F_s > 1,30$

para REGIME PERMANENTE - $F_s > 1,40$

Os parâmetros considerados para os diversos materiais foram obtidos com base na caracterização da área de empréstimo e, em experiências com material similar em outras obras.

A seguir são apresentados os resultados para a superfície.

MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL 1 : ML

Peso Específico :	1,71 g/cm ³
Coesão :	0,2 g/cm ²
Ângulo de Atrito Interno :	27°

MATERIAL 2 : AREIA

Peso Específico :	1,85 g/cm ³
Coesão :	0 g/cm ²
Ângulo de Atrito Interno :	30°

MATERIAL 3 : TRANSIÇÃO

Peso Específico :	1,9 g/cm ³
Coesão :	0 g/cm ²

Ângulo de Atrito Interno : 33°

MATERIAL 4 : ENROCAMENTO

Peso Específico : 2 g/cm³

Coesão : 0 g/cm²

Ângulo de Atrito Interno : 35°

MATERIAL 5 : PEDRISCO

Peso Específico : 1,75 g/cm³

Coesão : 0 g/cm²

Ângulo de Atrito Interno : 33°

MATERIAL 6 : FUNDAÇÃO

Peso Específico : 1,85 g/cm³

Coesão : 0 g/cm²

Ângulo de Atrito Interno : 30°

CRITÉRIOS GRANULOMÉTRICOS PARA FILTROS E TRANSIÇÕES

MATERIAL	D15	D85
SOLO	0,0025	0,6
AREIA	0,8	10
CASCALHO	0,5	3

SOLO / AREIA

4*D15 solo = 0,01 < D15 areia OK!

4*D85 solo = 2,4 > D15 areia OK!



AREIA / CASCALHO

4*D15 areia = 3,2 > D15 brita Ñ OK!

4*D85 areia = 40 > D15 brita OK!

RECOMENDACÕES:

- 1- A AREIA DEVE SER LAVADA OU PENEIRADA, UMA VEZ QUE SUA PERCENTAGEM DE FINOS ESTÁ ACIMA DO LIMITE ADMISSÍVEL QUE É DE 5%
- 2- O CASCALHO TAMBÉM DEVE SER SELECIONADO POR PENEIRAMENTO, UMA VEZ QUE SUA FRAÇÃO FINA ESTÁ MUITO PRÓXIMA DA AREIA.

000022



2. VERTEDOURO

000023

2. VERTEDOURO

- Area da bacia hidrográfica = 191,5 km²

LARGURA DO VERTEDOURO

a) Cheia milenar

Qm = 220,60 m³/s (descarga de projeto)

L = 80 m (adotado)

Ho = 1,17 m

2.1) VERTEDOURO - GEOMETRIA DA CRISTA

DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

$$L = \frac{Qs}{Cd(H)^{3/2}}$$

onde:

Ho = lâmina de sangria = 1,17 m

Qm = descarga de projeto = 220,6 m³/s

L = 80,00 m

fundo da laje = 5

VELOCIDADE DE APROXIMAÇÃO/CARGA CINÉTICA

$$P + Ho = (P + ho) + ha$$

$$\text{onde : } ha = Va^2 / 2g$$

$$\text{mas, } Va = Q/A = Q/ L(P+ho) = qL / L (P + ho)$$

$$Va = q / P+ho, \text{ logo}$$

logo,

$$(P+H_o) = (P+h_o) + q^2 / 2g (P+h_o)^2 \quad (I)$$

dados : P = 15,1 m
 Ho = 1,166 m
 q = Q/L = 2,758 m³/s.m

arbitrando-se valores a ho , define-se a igualdade de (I)

$$(P+H_o) = 16,26604222$$

ho	P + ho	Va	ha	P + Ho
0,800	15,900	0,173	0,002	15,902
1,000	16,100	0,171	0,001	16,101
1,100	16,200	0,170	0,001	16,201
1,150	16,250	0,170	0,001	16,251
1,165	16,265	0,170	0,0015	16,2660

Va = 0,170 m/s

ha = 0,0015 m

ho = 1,165 m

SOLEIRA : PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

logo , ha/Ho = 0,001

e os parâmetros para definição da crista, serão:

(vide figura 9-21 , pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams")

Xc/Ho = 0,284

Yc/Ho = 0,126

R1/Ho = 0,53

R2/Ho = 0,235

k = 0,499

$$n = 1,871$$

COORDENADAS DO PONTO C

$$X_c = 0,331155989; Y_c = 0,146921319$$

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$$R_1 = 0,618002375; \quad R_2 = 0,274019921$$

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSÃO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{Y}{1,166042216} = -0,499 \left(\frac{X}{1,166042} \right)^{1,871} \quad (II)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de 1,538461538 para a reta, vem:

(II) simplificada:

$$Y = -0,436508206 (X)^{1,871} \quad (III)$$

$$dY/dX = -0,816706854 (X)^{0,871} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/0,65 = -1,538461538 \quad (V)$$

Igualando-se (IV) e (V), tem-se:

$$0,502501 (X_t) ^{0,836}$$

$$X_t = 2,068962017 \quad 1,538461538$$

que substituindo em (III), resulta

$$Y_t = -1,701239171$$

entra figura 5 e 4

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_t = dY/dX (Y - Y_t)$$

$$\frac{Y}{X} = \frac{-1,701239171}{2,068962017} = -1,538461538$$

$$X_b = -0,65 Y_b + 0,963156557 \quad (VI)$$

$$X_b = -0,65 Y_b + 0,963156557$$

COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOIRO

X	Y	Observações
-0,331	-0,15	Ponto C
0,000	0,00	Eixo
0,050	0,00	Exponencial
0,100	-0,01	"
0,450	-0,10	"
0,500	-0,12	
0,660	-0,20	
0,700	-0,22	
0,820	-0,30	
0,900	-0,36	
0,950	-0,40	
1,000	-0,44	

X	Y	Observações
1,150	-0,57	
1,190	-0,60	
1,379	-0,80	
1,480	-0,91	
1,560	-1,00	
1,650	-1,11	
1,720	-1,20	
1,820	-1,34	
1,865	-1,40	
2,069	-1,70	Ponto T
2,459	-2,30	
2,849	-2,90	
3,239	-3,50	
3,629	-4,10	
4,019	-4,70	
4,409	-5,30	
4,799	-5,90	
5,189	-6,50	
5,709	-7,30	
6,229	-8,10	
6,749	-8,90	
7,269	-9,70	
7,789	-10,50	
8,309	-11,30	
8,829	-12,10	
9,349	-12,90	
9,869	-13,70	
10,389	-14,50	
10,909	-15,30	
11,429	-16,10	
11,949	-16,90	
12,469	-17,70	
12,728	-18,10	Ponto D

Cálculo da velocidade terminal, de acordo com Rajaratman e Cristodoulou

$$y_0 = ((C_f * q^2) / 2g * \text{sena})^{1/3}$$

onde:

C_f = coeficiente de atrito do fluido (adotado para a água) = 0,18

q = descarga unitária = 2,7575 m³/s/M

a = ângulo do paramento de jusante = 57°

logo, $y_o = 0,436526001$ m

como $v_o = (2gy_{osena}/C_f)^{1/2} = 6,31705032$ m/s

e o tipo de fluxo é indicado pela relação Y_c/h (Y_c = altura crítica; h = altura dos degraus)

sendo $Y_c = (q^2/g)^{1/3}$

$Y_c = 0,918587811$ m

Assim, $Y_c/h = 1,530979685 > 0,80$

indicando que o fluxo é do tipo crescente e espumante (SKIMMING)

Energia específica no pé do muro:

$E = y_o \cdot v_o^2/g + v_o^2/2g = 2,271648592$ m

Bacia de Dissipação

Y_1 = tirante no pé do muro

$Y_1 = y_o \cdot v_o^2/g = 0,237748248$ m

Y_2 = tirante total após a transição ($h + Y_3$)

Y_3 = tirante na saída (escoamento fluvial)

$Y_3 = (Y_1 \cdot F^{2/3})$

sendo $F = v_o/(g \cdot y_o)^{1/2} = 3,052634263$

Y_3 será = $0,500303846$ m

entrando-se com a relação Y_3/Y_1 e o valor do número de Froude no gráfico em anexo, obtém-se a relação h/Y_1 , donde tiramos o valor de h_c

Assim,

$Y_3/Y_1 = 2,104342936$

$F = 3,052634263$

do gráfico (pag. 412 , Chow), obtém-se:

000029



$$h_c / Y_1 = 0,75$$

$$\text{logo, } h = 0,178311186 \sim 0,2 \text{ m}$$

sendo h a altura da borda de jusante da bacia de dissipação

e a extensão da bacia é dada(X) pela relação - $X = 5(h+Y_3)$

$$\text{logo, } X = 3,50151923 \sim 3,5 \text{ m}$$