



DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – FUNECE
INSTITUTO DE ESTUDOS PESQUISAS E PROJETOS DA UECE – IEPRO

**PROJETO EXECUTIVO E ADEQUAÇÃO DO RELATÓRIO
 DE IMPACTO AMBIENTAL E DE SUSTENTABILIDADE
 HÍDRICA DA BARRAGEM FRONTEIRAS, NO MUNICÍPIO
 DE CRATEUS, NO ESTADO DO CEARÁ**

PROJETO EXECUTIVO
Volume 4 – Memória de Cálculo



FUNECE
 Fundação Universidade Estadual do Ceará



IEPRO
 Instituto de Estudos,
 Pesquisas e Projetos
 da UECE

MARÇO/2012



Engenharia e Consultoria Ltda.



DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS – DNOCS
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – FUNECE
INSTITUTO DE ESTUDOS PESQUISAS E PROJETOS DA UECE – IEPRO

**PROJETO EXECUTIVO E ADEQUAÇÃO DO RELATÓRIO DE IMPACTO
AMBIENTAL E DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DA BARRAGEM
FRONTEIRAS, NO MUNICÍPIO DE CRATEUS, NO ESTADO DO CEARÁ**

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM FRONTEIRAS

Volume 4 – Memória de Cálculo

Revisão : Março/2012

ÍNDICE

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	2
1. INTRODUÇÃO	5
2. CÁLCULO DA FOLGA E COTA DO COROAMENTO	8
2.1. <i>Cálculo da Folga</i>	9
2.2. <i>Cálculo da Cota do Coroamento</i>	9
2.3. <i>Cálculo da Largura do Coroamento</i>	10
3. ESCOLHA DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES E DIMENSIONAMENTO DO RIP-RAP	11
3.1 <i>Escolha da Inclinação dos Taludes</i>	12
3.2. <i>Dimensionamento do Riprap</i>	13
4. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO VERTICAL E TAPETE HORIZONTAL	16
4.1. <i>Dimensionamento do Filtro Vertical</i>	17
4.2. <i>Dimensionamento do Tapete Horizontal</i>	18
5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO VERTEDOURO	20
5.1. <i>Característica do Perfil Vertente</i>	29
5.1.1. VELOCIDADE NO INÍCIO DA BACIA DE DISSIPAÇÃO	32
5.1.2. COMENTÁRIOS	33
5.2. <i>Perfil Vertente</i>	33
5.2.1. CÁLCULO DA ALTURA D'ÁGUA NA BACIA DE DISSIPAÇÃO	34
5.3. <i>Conclusões</i>	36
6. ANÁLISE DA ESTABILIDADE	41
7. PROJETO DA TOMADA D'ÁGUA	90
8. DIMENSIONAMENTO DO TUBO DE AERAÇÃO	96
9. PROJETO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO DA GALERIA DE DRENAGEM DA BARRAGEM	99

9.1. <i>Objetivo</i>	100
9.2. <i>Suprimento de Energia Elétrica</i>	100
9.3. <i>Dimensionamento dos Condutores</i>	100
9.3.1. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 01	101
9.3.2. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 02	102
9.3.3. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 03	103
9.3.4. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 04	104
9.4. <i>Dimensionamento dos Eletrodutos</i>	105
9.4.1. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS DO TRECHO 01	105
9.4.2. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS DOS TRECHOS 02, 03 E 04	106
9.5. <i>Dimensionamento dos Disjuntores</i>	106
9.5.1. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 01 (CIRCUITO 01)	107
9.5.2. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 02 (CIRCUITO 02).....	107
9.5.3. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 03 (CIRCUITO 03).....	107
9.5.4. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 04 (CIRCUITO 04).....	108
9.6. <i>Relação dos Materiais Elétricos Aplicados</i>	108
10. CURVA CHAVE DO RIO POTY	110

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A empresa **Engesoft Engenharia e Consultoria Ltda.** contratada para a Elaboração do Projeto Executivo e Adequação do Relatório de Impacto Ambiental e de Sustentabilidade Hídrica da Barragem Fronteiras apresenta o Projeto Executivo da Barragem Fronteiras, situada no rio Poty, município de Crateús, estado do Ceará.

A finalidade da Barragem Fronteiras é o abastecimento dos distritos de Ibiapaba, Poty, Assis e Curral Velho e localidade de Cabaças, do município de Crateús, cujos níveis de atendimento são insatisfatórios, e para irrigação de 5.000 ha de solos.

O Projeto Executivo da barragem Fronteiras é constituído por onze Volumes, a saber:

- Volume 1 – Relatório Geral do Projeto;
- Volume 2 – Desenhos;
- Volume 3 – Especificações Técnicas
- **Volume 4 – Memória de Cálculo;**
- Volume 4A – Memória de Cálculo dos Estudos Hidrológicos
- Volume 4B – Estudos Geotécnicos
- Volume 4C – Investigações Geotécnicas Complementares
- Volume 5 – Quantitativos e Orçamento;
- Volume 6 – Cálculo dos Quantitativos;
- Volume 7- Projeto Estrutural da ponte sobre o Sangradouro;
- Volume 8 – Relatório Síntese.

Este Volume aborda os seguintes capítulos:

1. Introdução
2. Cálculo de Folga
3. Cálculo da Cota do Coroamento
4. Cálculo da Largura do Coroamento
5. Escolha da Indicação dos Taludes
6. Dimensionamento do Riprap

7. Dimensionamento do Filtro Vertical
8. Dimensionamento do Tapete Horizontal
9. Análise da Estabilidade
10. Projeto da Tomada D'água

Walmir Fernando Duarte Jardim
Eng.º Civil- CREA 10208/D-MG

2. CÁLCULO DA FOLGA E COTA DO COROAMENTO

2. CÁLCULO DA FOLGA E COTA DO COROAMENTO

2.1. CÁLCULO DA FOLGA

A folga da barragem é a diferença de cota entre o coroamento e o nível máximo das águas. A folga é dada pela expressão:

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

Onde h é a altura da onda formada pela ação dos ventos sobre o espelho d'água do lago, enquanto h é dado por :

$$h = 0,75 + 0,34F^{1/2} - 0,26F^{1/4} \text{ (m) para } F < 18\text{km}$$

$$h = 0,34F^{1/2} \text{ (m) para } F \geq 18\text{km}$$

Onde F = distância máxima (em km) em linha reta entre qualquer extremidade do lago e um ponto qualquer sobre o barramento (fecht).

V = Velocidade da onda em m/s

Adotando V = 4,8m/s correspondente aos valores máximo da região.

Para o lago da barragem Fronteiras tem-se F = 8,5 Km, logo:

$$h = 0,75 + 0,34 \times 17^{1/2} - 0,26 \times 17^{1/4}$$

$$h = 1,30\text{m}$$

$$V = 4,8\text{m / s (adotado)}$$

$$f = 0,75 \times 1,30 + \frac{4,8^2}{2 \times 9,81} = 2,15\text{m}$$

2.2. CÁLCULO DA COTA DO COROAMENTO

A cota do Coroamento da Barragem é dada pela expressão:

$$C_c = C_s + L + f$$

Onde:

C_c = Cota do Coroamento.

C_s = Cota da Soleira = 262,70 m.

L = Lâmina vertente na cheia milenar =4,70m (conforme Estudos Hidrológicos, apresentado no Volume 1, Quadro nº4.18).

f = folga =2,15m.

$$C_c = 262,70 + 4,70 + 2,15 \cong 269,55\text{m}$$

Foi adotada a cota de coroamento de 269,50m.

2.3. CÁLCULO DA LARGURA DO COROAMENTO

Adotando-se a fórmula de Preece à seção de maior altura tem-se:

$$L_c = 1,10\sqrt{H_b} + 0,9(\text{m})$$

Onde:

L_c = Largura da barragem (m);

H_b = Altura da barragem (m).

Para a seção da Estaca 0+200 tem $H_b \cong 30,0\text{m}$ e $L_c = 1,10 \times \sqrt{30} + 0,90 = 6,92\text{m}$, portanto tendo em vista que uma via de ligação entre as ombreiras transcorrerá sobre a crista, adotou-se para o maciço terroso uma largura do coroamento de 8,00m. Para a barragem de gravidade adotou-se a mesma largura para melhor transição entre os maciços.

3. ESCOLHA DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES E DIMENSIONAMENTO DO RIP-RAP

3. ESCOLHA DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES E DIMENSIONAMENTO DO RIP-RAP

3.1 ESCOLHA DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES

A fixação dos taludes foi resultado de análise da estabilidade. Entretanto foi necessário se fazer uma escolha inicial para em seguida se fazer a análise.

O Bureau of Reclamation apresenta a tabela abaixo:

CASO	SUJEITO A ESVAZIAMENTO RÁPIDO	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	MONTANTE	JUSANTE
A	NÃO	GW, GP, SW, SP	Permeável, não adequado	
		GC, GM, SC, SM	2,5 : 1	2:1
		CL, ML	3:1	2,5:1
		CH, MH	3,5:1	2,5:1
B	SIM	GW, GP, SW, SP	Permeável, não adequado	
		GC, GM, SC, SM	3:1	2:1
		CL, ML	3,5:1	2,5:1
		CH, MH	4:1	2,5:1

Terzaghi apresentou, para efeito de anteprojeto, as inclinações aconselháveis que são mostradas no quadro a seguir:

TIPO DE MATERIAL	TALUDES	
	MONTANTE	JUSANTE
Seção Homogênea – Solo bem graduado	1 : 2,5	1 : 2
Seção Homogênea – Silte grosso	1 : 3	1 : 2,5
Seção Homogênea – Argila ou argila siltosa, altura menor que 15m	1 : 2,5	1 : 2
Seção Homogênea – Argila ou argila siltosa, altura maior que 15m	1 : 3	1 : 2,5
Areia ou Pedregulho e areia com núcleo de Argila	1 : 3	1 : 2,5
Areia ou Pedregulho com cortina de concreto armado	1 : 2,5	1 : 2

O engenheiro Paulo Teixeira da Cruz em sua obra 100 Barragens Brasileiras sugere os seguintes taludes preliminares que são mostrados na tabela abaixo:

TIPO DE MATERIAL	MONTANTE	JUSANTE
Solos Compactados	2:5(H) : 1,0(V) --	2:0(H) : 1,0(V)
Solos Compactados Argilosos	2:0(H) : 1,0(V) 3,0(H) : 1,0(V)	2:0(H) : 1,0(V) 2,5(H) : 1,0(V)
Solos Compactados Siltosos	3,5(H) : 1,0(V)	3,0(H) : 1,0(V)
Enrocamentos	1:3(H) : 1,0(V) 1,6(H) : 1,0(V)	1:3(H) : 1,0(V) 1,6(H) : 1,0(V)

Os solos das Jazidas selecionadas são do Tipo SC, portanto analisando as tabelas juntamente com os materiais que serão usados na construção, adotou-se como parâmetros primeiros para análise, os taludes, de Montante de 1:2,5 (H:V) nos primeiros 12m abaixo do coroamento e a partir desta altura até a fundação com talude 1:3,0 (V:H). No talude de jusante adotou-se 1:2,0 (V:H) até esta mesma altura e a partir desta altura a inclinação 1:2,5 (V:H). No capítulo 6 são apresentados os cálculos da estabilidade do maciço de terra para as diversas situações de carregamento.

3.2. DIMENSIONAMENTO DO RIPRAP

Adotando a fórmula recomendado pelo Tennessee Valley Authority (TVA) tem-se:

$$e = CV^2$$

Onde:

e = Espessura do riprap (m);

C = Coeficiente, função da inclinação do talude e da densidade da rocha;

V = Velocidade da onda (m/s).

Tem-se :

$$V = 3,5^2 \text{ m/s}$$

$$C = 0,030$$

$$e = 0,030 \times 4,8^2 = 0,69\text{m}$$

Será adotado **e = 0,90m**.

Justifica-se a adoção da espessura de 90cm com um coeficiente de segurança de FS=1,30m, pelo fato de que a expressão de cálculo usada vem de processos empíricos e que não convém adotar a espessura calculada. A consultora tem adotado em seus projetos esses procedimentos e com pleno sucesso. A consultora não gostaria de fazer experiência em uma obra da envergadura da Barragem Fronteira.

Os blocos empregados na construção do riprap devem ter no mínimo 50% de pedras com peso igual a:

$$P_{50\%} = 0,52 \cdot \gamma \cdot e^3$$

Onde:

$$P_{50\%} = \text{Peso do que compõem 50\% do riprap (tf);}$$

$$\gamma = \text{Peso específico da rocha} = 2,50 \text{ tf/m}^3;$$

$$e = \text{Espessura do riprap em (m).}$$

Portanto tem-se:

$$P_{50\%} = 0,52 \times 2,5 \times 0,90^3 = 0,95\text{tf}$$

Tem-se ainda:

$$P_{\text{max}} = 3 \times P_{50\%} = 2,84\text{tf}$$

$$P_{\text{min}} = 0,25 \times P_{50\%} = 0,24\text{tf}$$

$$D_{50\%} = \left[\frac{P_{50\%}}{0,75 \times \gamma} \right]^{1/3} \cong 0,79\text{m}$$

$$D_{\text{max}} = \left[\frac{P_{\text{máx}}}{0,75 \times \gamma} \right]^{1/3} \cong 1,15\text{m}$$

Adotou-se:

$$D_{\text{max}} = 0,90\text{m.}$$

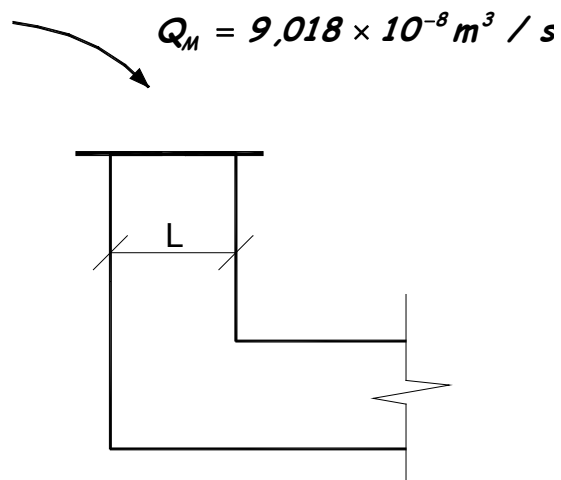
$$D_{\min} = \left[\frac{P_{\min}}{0,75 \times \gamma} \right]^{1/3} \cong 0,50\text{m}$$

O riprap será assente sobre uma camada de transição com 0,30m de espessura obtida de produto de britagem.

4. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO VERTICAL E TAPETE HORIZONTAL

4. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO VERTICAL E TAPETE HORIZONTAL

4.1. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO VERTICAL



$$Q = K \cdot i \cdot A$$

$$A = L \times 1,0$$

$$i = 1,0$$

$$K_a = 6,8 \times 10^{-5} \text{ m} / \text{s}$$

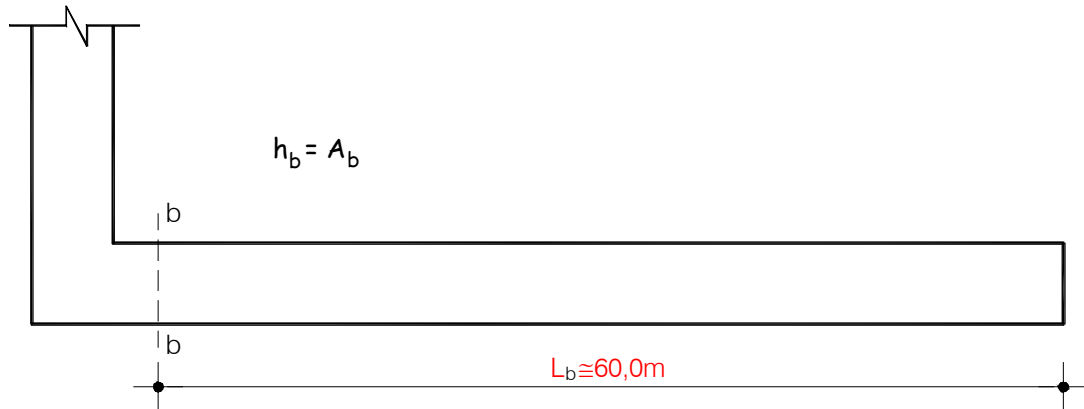
$$Q = K \cdot i \cdot L$$

$$L = \frac{Q}{K \cdot i} = \frac{9,018 \times 10^{-8}}{6,8 \times 10^{-5} \times 1,0} = 1,33 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Adotou-se $L = 1,0\text{m}$, por questões construtivas, principalmente porque indica-se a construção do filtro através da escavação de camada de solo já executada.

4.2. DIMENSIONAMENTO DO TAPETE HORIZONTAL

A vazão na seções final do tapete é de: $9,018 \times 10^{-8} m^3 / s \times m \times 60m = 5,41 \times 10^{-6} m^3 / s$.



$$K_b = \frac{Q}{i \cdot A_b}$$

$$h_b = A_b$$

$$i = \frac{h_b}{L_b}$$

$$K_b = \frac{Q_b}{\left(\frac{h_b}{L_b}\right) \cdot A_b} = \frac{Q_b \cdot L_b}{A_b^2}$$

$$A_b^2 = \frac{Q_b \cdot L_b}{K_b}$$

$$A_b = \sqrt{\frac{9,018 \times 10^{-8} \times 60}{K_b}}$$

$$A_b = \sqrt{\frac{5,41 \times 10^{-6}}{K_b}}$$

Usando apenas areia com $K_A = 6,0 \times 10^{-3} \text{ cm / s} = 6,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, tem-se :

$$A_b = \sqrt{\frac{5,41 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-5}}} = 0,30\text{m}.$$

Adotando um tapete drenante formado por uma camada de areia grossa com espessura de 1,0m, por questões construtivas.

5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO VERTEDOURO

5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO VERTEDOURO

O dimensionamento hidráulico do vertedouro foi feito com base nas recomendações do BUREAU OF RECLAMATION.

Dos Estudos Hidrológicos tirou-se a vazão milenar $Q = 4259 \text{ m}^3/\text{s}$, a altura $h_o = 4,70\text{m}$ de lâmina acima do vértice da ogiva e $L = 200,0\text{m}$ largura total, incluindo onze pilares com 1,0m de largura. Partiu-se para o dimensionamento da geometria da curva de concordância de montante e perfil polinomial de jusante, segundo o BUREAU OF RECLAMATION.

As equações utilizadas são:

$$\text{Eq. 1: } Q = C_o \cdot L \cdot H_o^{3/2}$$

$$\text{Eq. 2: } q = \frac{Q}{L} = C_o \cdot H_o^{3/2}$$

$$\text{Eq. 3: } V_a = \frac{q}{p + h_o}$$

$$\text{Eq. 4: } h_a = \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (p + h_o)^2}$$

Onde:

Q = vazão milenar (m^3/s)

C_o = coeficiente de descarga ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$)

L = largura efetiva do vertedouro

H_o = carga total (m)

q = vazão unitária ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)

V_a = velocidade de aproximação (m/s)

p = altura do pavimento de montante (m)

h_o = lâmina vertente (m)

h_a = carga de aproximação (m)

Como $\frac{p}{H_o} \gg 3$, determinou-se h_a pela iteração das equações (Eq. 2) e (eq. 4). Da Eq. 2,

tem-se:

$$q = C_o \cdot H_o^{3/2}$$

$$H_o = \left[\frac{q}{C_o} \right]^{2/3}$$

Sabendo que:

$$H_o = h_o + h_a$$

Tem-se:

$$h_o + h_a = \left[\frac{q}{C_o} \right]^{2/3}$$

$$h_a = \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (p + h_o)^2} : \text{Eq 5}$$

Na primeira aproximação adotou-se $C_o = 2,20 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$. Pela iteração, são encontrados os seguintes valores:

$$C_o = 2,1960 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

$$h_a = 0,0219 \text{ m}$$

A velocidade de aproximação é dada pela equação Eq. 3, logo:

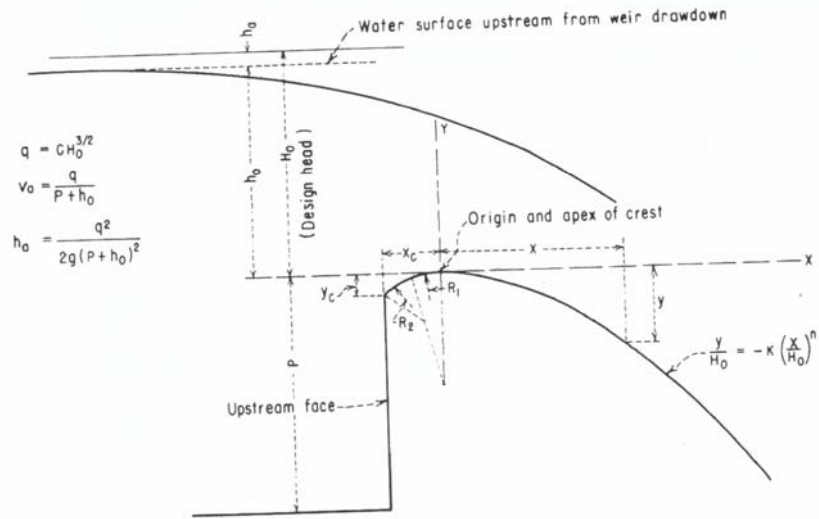
$$V_a = 0,66 \text{ m/s}$$

A equação do perfil creager no lado de jusante é uma função polinomial do tipo:

$$\text{Eq. 6 : } \frac{y}{H_0} = -K \cdot \left[\frac{x}{H_0} \right]^n$$

Onde **K** e **n** são valores que dependem da relação $\frac{h_a}{H_0}$ e da inclinação do paramento de montante (no caso vertical). As figuras mostradas a seguir, extraídas do compendio do BUREAU OF RECLAMATION, são usadas no dimensionamento do perfil creager.

DESIGN OF SMALL DAMS



(A) ELEMENTS OF NAPPE-SHAPED CREST PROFILES

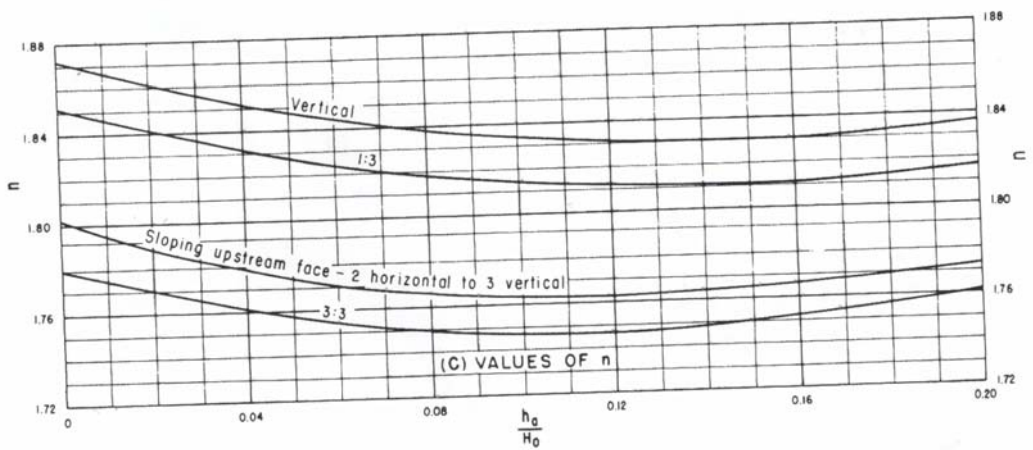
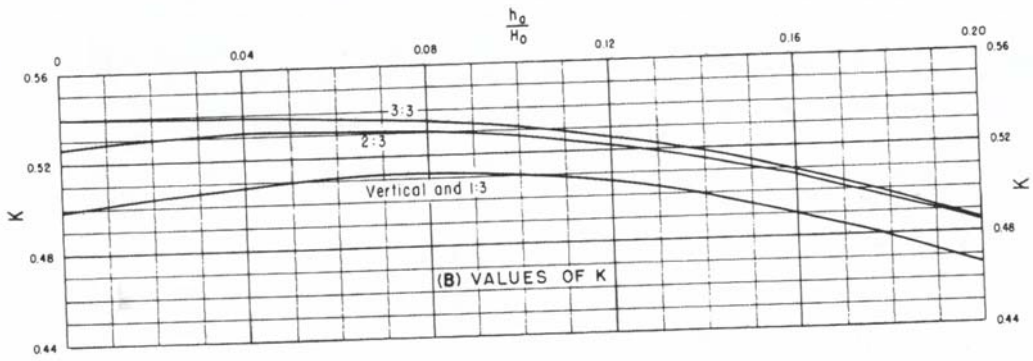


Figure 9-21.—Factors for definition of nappe-shaped crest profiles. 288-D-2406. (Sheet 1 of 2).

Como:

$$H_0 = 4,7207\text{m}$$

$$\frac{h_a}{H_0} = 0,004$$

Do ábaco tem-se: $n = 1,87$ e $K = 0,50$

Desta forma, a Eq. 6 fica:

$$\frac{y}{H_0} = -K \cdot \left[\frac{x}{H_0} \right]^n$$

$$\frac{y}{4,7207} = -0,50 \cdot \left[\frac{x}{4,7207} \right]^{1,87}$$

$$0,2118y = -0,0275 \cdot x^{1,87}$$

$$y = -0,1296 x^{1,87}$$

O perfil de jusante será a curva polinomial até o ponto de declividade igual a -1,33, que corresponde ao talude de 1:0,75 (V:H). Tomando a derivada da função $y = f(x)$, tem-se:

$$\frac{dy}{dx} = -0,2424 \cdot x^{0,87}$$

Tomando $\frac{dy}{dx} = -1,33$, tem-se:

$$-1,33 = -0,2424 \cdot x^{0,87}$$

$$x^{0,87} = 5,4868$$

$$x = 5,4868^{1/0,87}$$

$$x = 5,4868^{1,1494}$$

$$x = 7,07$$

A ordenada é dada por:

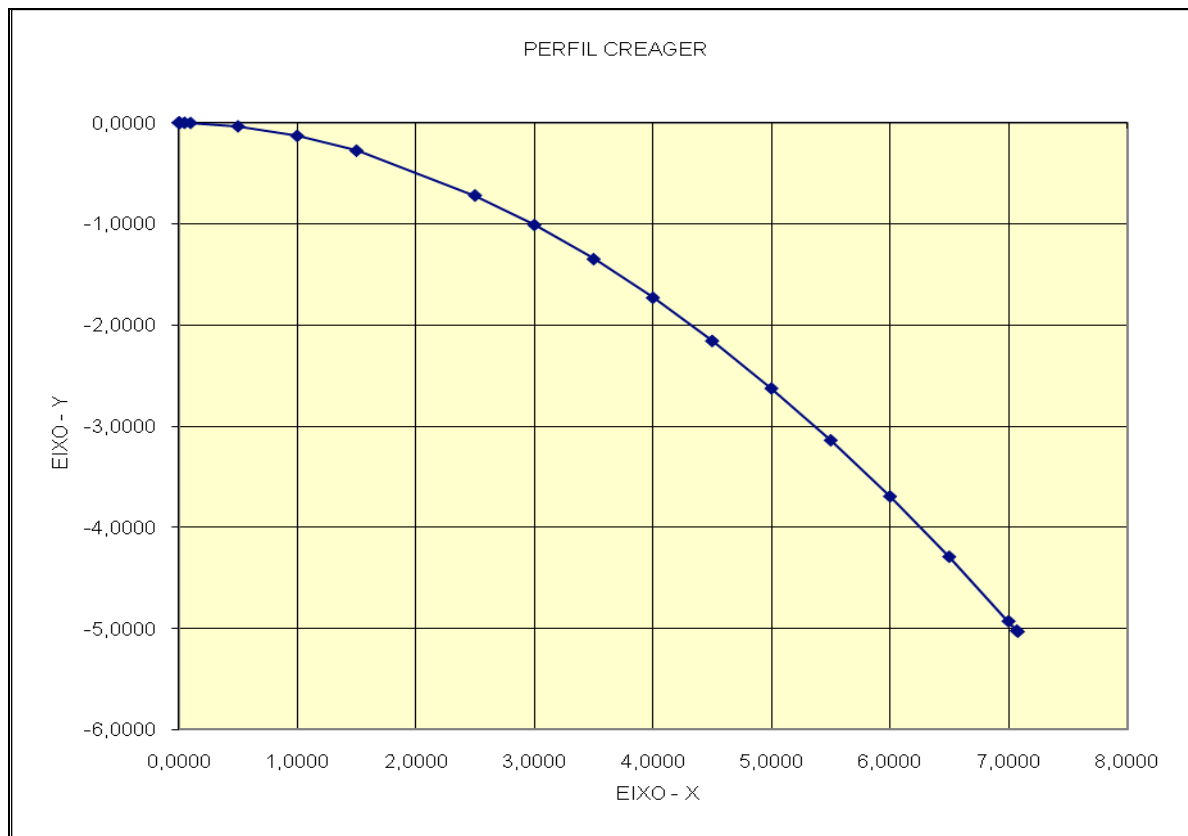
$$y = f(7,0761) = -0,1296 \cdot (7,07)^{1,87}$$

$$y = -5,02$$

Desta forma, o ponto de tangência é dado pelas coordenadas (7,0761; -5,0318).

Na tabela a seguir são dados os pontos do creager, lado de jusante, até o ponto de tangência.

PONTO	X	$y = -0,1296 \cdot X^{1,87}$
1	0,0000	0,0000
2	0,0050	0,0000
3	0,0100	0,0000
5	0,0500	-0,0005
6	0,1000	-0,0017
7	0,5000	-0,0355
8	1,0000	-0,1296
9	1,5000	-0,2766
10	2,5000	-0,7190
11	3,0000	-1,0112
12	3,5000	-1,3490
13	4,0000	-1,7316
14	4,5000	-2,1583
15	5,0000	-2,6283
16	5,5000	-3,1411
17	6,0000	-3,6961
18	6,5000	-4,2929
19	7,0000	-4,9310
20	7,0700	-5,0236
21	7,0781	-5,0344



Os parâmetros para a construção da ogiva do perfil creager, lado de montante, é dado pela figura a seguir:

Sabendo que:

$$\frac{h_a}{H_0} = 0,004, \text{ tem-se:}$$

$$\frac{R_2}{H_0} = 0,23, \text{ logo: } R_2 = 0,23 \cdot 4,7207 = 1,0858$$

$$\frac{R_1}{H_0} = 0,53, \text{ logo: } R_1 = 0,53 \cdot 4,7207 = 2,5020$$

$$\frac{Y_c}{H_0} = 0,125, \text{ logo: } Y_c = 0,125 \cdot 4,7207 = 0,5901$$

$$\frac{X_c}{H_0} = 0,281, \text{ logo: } X_c = 0,281 \cdot 4,7207 = 1,3265$$

SPILLWAYS

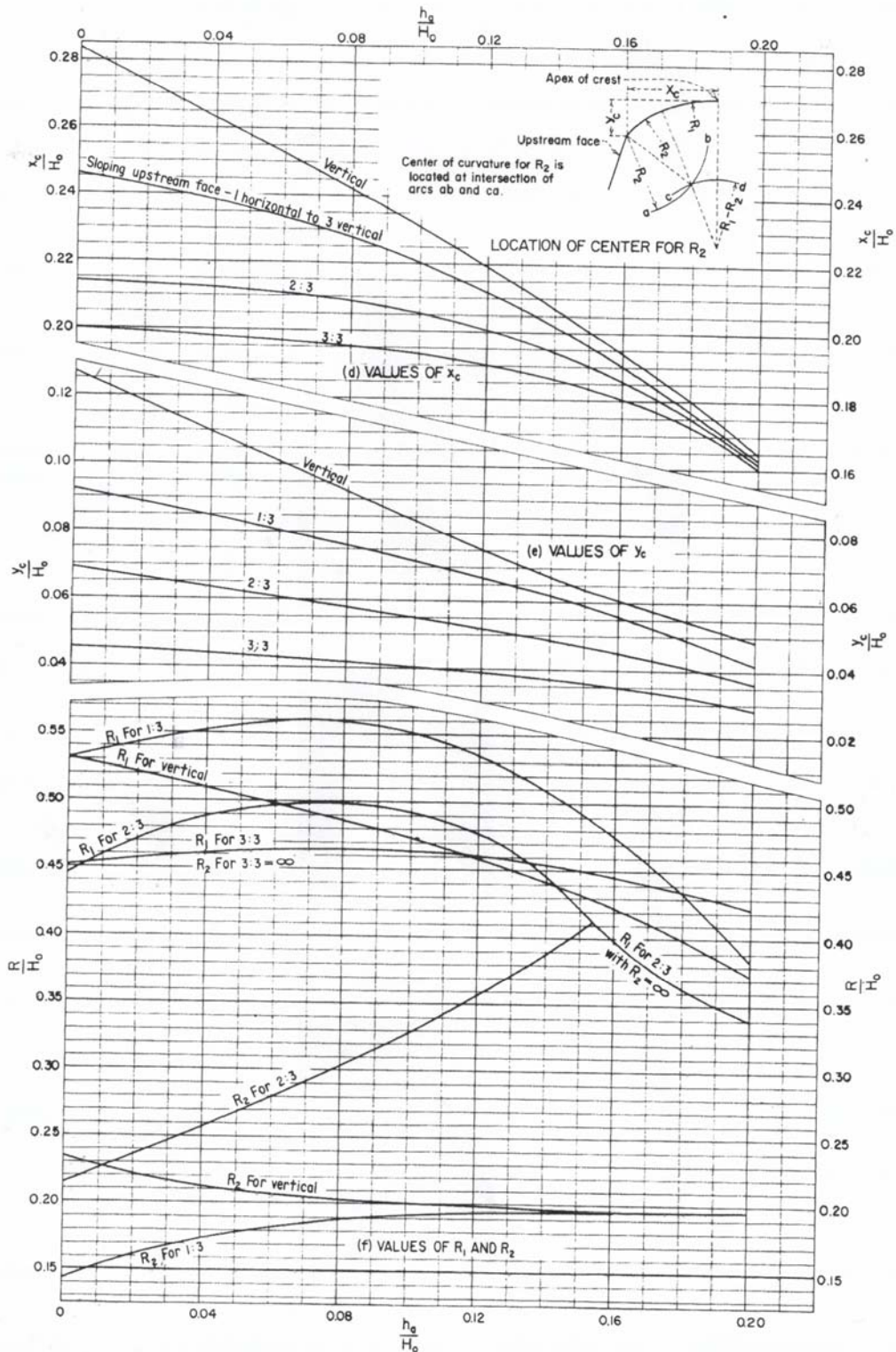


Figure 9-21.—Factors for definition of nappe-shaped crest profiles. 288-D-2407. (Sheet 2 of 2).

5.1. CARACTERÍSTICA DO PERFIL VERTENTE

Após a definição dos cálculos da geometria da ogiva do vertedouro, foi adotado um perfil de curvatura variável até o ponto em que este atinge a declividade $n = -1,33$, ou seja, 1:0,75 (V:H) na cota 257,68m. Desse ponto em diante o perfil usado foi retilíneo com essa inclinação, mas no dorso a jusante da ogiva foi adotado degraus para melhorar a dissipação da energia. Os degraus tem suas quinas externas sobre a curva e/ou a reta tangente.

Os degraus tem altura de $h = 0,60\text{m}$ e soleira $S = 0,45\text{m}$.

Adotou-se na geometria dos degraus as recomendações de VISCHER e HAGER que verificaram que o “Skimming flow” se forma quando a relação $\frac{h_c}{S} > 0,80$ onde h_c = profundidade crítica e S = altura do degrau.

$$\text{Eq. 7: } h_c = \frac{2}{3} H_0$$

Logo: $h_c = 3,14\text{m}$ (altura crítica).

Adotou-se $S = 0,60\text{m}$ e pela inclinação do pseudo fundo do vertedouro tira-se a dimensão da soleira do degrau $b = 0,45\text{m}$.

A formação do fluxo plenamente desenvolvido só ocorre em vertedouros bastantes extensos, ou com pequenas lâminas, no caso operado por comportas.

O processo de aeração do fluxo se dá apenas quando a camada limite turbulenta explode na superfície do fluxo, gerando um fluxo gradualmente variado e depois um fluxo uniforme. Nessa ocasião a água torna-se branca.

Para localizar o ponto de interceptação da camada limite vários pesquisadores, usando modelos reduzidos propuseram suas expressões que são mostradas abaixo:

Chanson (1994-a)

$$\frac{L_i}{K} = 9,719 \times (\text{sen } \alpha)^{0,769} \times F_h^{0,713} \rightarrow \text{Eq. 8}$$

$$Y_i = \frac{0,4034}{(\text{sen } \alpha)^{0,04}} \times F_h^{0,592} \rightarrow \text{Eq. 9}$$

Onde:

$$k = h \cos \alpha \rightarrow \text{Eq. 10 e,}$$

$$F_h = q_w / \sqrt{(g \text{ sen } \alpha) \times (h \cos \alpha)^3} \rightarrow \text{Eq. 11}$$

Chamani 2000

$$\frac{L_i}{k} = 8,29 F_i^{0,85} \rightarrow \text{Eq. 12}$$

$$F_i = q_w / \sqrt{g \times (h/L) \cdot k} \rightarrow \text{Eq. 13}$$

$$\frac{L_i}{k} = 8,29 F_i^{0,85}$$

$$\frac{Y_i}{k} = \frac{0,4034}{(\text{sen } \alpha)^{0,04}} \times F_h^{0,59}$$

Matos (2000)

$$\frac{L_i}{k} = 6,289 F_s^{0,734} \rightarrow \text{Eq. 14}$$

$$\frac{Y_i}{k_s} = 0,361 \times F_s^{0,606} \rightarrow \text{Eq. 15}$$

Onde:

$$F_s = q_w / \sqrt{g \times h^3} \rightarrow \text{Eq. 16}$$

Boes and Hinor (2000)

$$\frac{L_i}{k} = 9,72 F_h^{0,86}$$

Boes and Hinor (2002)

Em 2002 propuseram a formulação final.

$$L_i = \frac{5,90 \times \gamma_c^{1,2}}{(\text{sen}(\theta))^{1,4} \times h^{0,2}} \rightarrow \text{Eq. 17}$$

$$\gamma_i = \frac{0,40 \times \gamma_c^{0,9} \times h^{0,1}}{\text{sen} \theta^{0,3}} \rightarrow \text{Eq. 18}$$

$\alpha \equiv \theta$ = declividade do vertedouro.

L_i = distância ao longo do eixo curvo linear, partindo da ogiva e seguindo ao longo do pseudo fundo.

γ_i = ordenada no ponto de interceptação normal ao pseudo fundo.

A camada limite inicia no ponto (x_c, γ_c) da ogiva, em forma laminar, em seguida ela torna-se turbulenta.

A extensão curvo linear medida do ponto $P = (x_c, \gamma_c)$ em montante da ogiva até a entrada da bacia (hipótese de adoção de uma bacia de dissipação na cota 242,80) é de **$L = 29,54\text{m}$** .

Considerando que o vertedouro tem altura suficiente para que haja o ponto de interceptação da camada limite, mostra-se a seguir os diversos pares (L_i, γ_i) .

Chanson (1994-a)

$$L_i = 38,60\text{m}$$

$$\gamma_i = 3,46\text{m}$$

Cota = 235,55m (abaixo da possível bacia de dissipação, a qual a cota do topo da laje é 242,80m).

Chamani (2000)

$$L_i = 22,02\text{m}$$

$$y_i = 1,63\text{m}$$

Cota = 248,98m (acima da bacia de dissipação).

Matos (2000)

$$L_i = 16,91\text{m}$$

$$y_i = 0,68\text{m}$$

Cota = 252,90m (acima da bacia de dissipação).

Boes and Minor (2002)

$$L_i = 43,30\text{m}$$

$$y_i = 1,33\text{m}$$

Cota = 231,79m (abaixo da bacia de dissipação).

5.1.1. VELOCIDADE NO INÍCIO DA BACIA DE DISSIPÇÃO

Aplicando o princípio da conservação de energia de Bernoulli em duas seções no sangradouro, sendo a primeira seção na ogiva e a segunda na entrada da bacia de dissipação, tem-se:

$$E_1 = E_2 = \text{constante}$$

$$h = d \cos \theta + \frac{V^2}{2g} \rightarrow \text{Eq. 19}$$

Onde:

h = energia potencial

d = altura normal ao pseudo fundo do dorso do creager.

V = velocidade

g = gravidade

θ = declividade do vertedouro

Pela equação Eq. 2, tem-se:

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{V \cdot d \cdot C}{L} \therefore q = V \cdot d \therefore V = \frac{q}{d} \text{ (Eq. 20)}$$

Substituindo a equação Eq. 20 na equação Eq. 19, tem-se:

$$h = d \cdot \cos \theta + \frac{V^2}{2g} \therefore h = d \cdot \cos \theta + \frac{(q/d)^2}{2g}$$

$$h = d \cdot \cos \theta + \frac{q^2}{2g \cdot d^2} \rightarrow \text{Eq. 21}$$

Substituindo os valores e resolvendo a equação por tentativa, tem-se:

$$d = 1,0384\text{m}, \text{ adotado } d = 1,04\text{m}$$

$$V = 21,6656 \text{ m/s}, \text{ adotado } V = 21,66 \text{ m/s}$$

5.1.2. COMENTÁRIOS

Tentou-se determinar o ponto de interceptação da camada limite por vários pesquisadores. Embora tratando-se de pesquisas recentes, há divergência nesses cálculos. Os valores calculados entre si, como mostrado no item 5.1.

Desta maneira, a perda de energia foi determinada pela proposição de VISCHER/HAGER.

5.2. PERFIL VERTENTE

Segundo VISCHER/HAGER, a perda de carga por degrau em vertedouros com taludes compreendidos entre 1,0:0,6 (V:H) a 1,0:0,8 (V:H) é dado pela expressão:

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \left[\frac{0,84}{\theta^{0,25}} \right] \cdot F^{-1/3} \rightarrow \text{Eq. 23}$$

Onde:

ΔH = perda de energia por degrau (m)

H_0 = altura do degrau (m)

θ = inclinação do vertedouro (em graus)

F = número de Froude

O número de Froude é dado por:

$$F = \frac{q}{(g \cdot H_0^3)^{1/2}} \rightarrow \text{Eq. 24}$$

Assim sendo, a perda de carga total é de 1,87m.

5.2.1. CÁLCULO DA ALTURA D'ÁGUA NA BACIA DE DISSIPACÃO

Aplicando o princípio da conservação de energia de Bernoulli em duas seções no sangradouro, sendo a primeira seção na ogiva e a segunda na entrada da possível bacia de dissipação, tem-se:

$$E_1 = E_2 = \text{constante}$$

$$h = d \cdot \cos \theta + \frac{V^2}{2g} + \Delta H \rightarrow \text{Eq. 25}$$

Onde:

h = energia potencial

d = altura normal ao pseudo fundo do dorso do creager.

V = velocidade

g = gravidade

θ = declividade do vertedouro

ΔH = perda de carga total

Substituindo a equação Eq. 20 na equação Eq. 25, tem-se:

$$h = d \cdot \cos \theta + \frac{V^2}{2g} + \Delta H \therefore h = d \cdot \cos \theta + \frac{(q/d)^2}{2g} + \Delta H$$

$$h - \Delta H = d \cdot \cos \theta + \frac{q^2}{2g \cdot d^2} \rightarrow \text{Eq. 26}$$

Substituindo os valores e resolvendo a equação Eq. 26 por tentativa, tem-se:

$$d = 1,0821\text{m}, \text{ adotado } d = 1,08\text{m}$$

$$V = 20,8632 \text{ m/s}, \text{ adotado } V = 20,86 \text{ m/s}$$

A componente normal do fundo da bacia de dissipação é dado por:

$$y_1 = d \cdot \cos \theta \rightarrow \text{Eq. 27}$$

$$y_1 = 1,08 \cdot \cos 53,13^\circ$$

$$y_1 = 0,65\text{m}$$

O número de Froude na entrada da bacia de dissipação será:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y_1}} \rightarrow \text{Eq. 28}$$

$$F = \frac{20,86}{\sqrt{9,81 \cdot 0,65}} \therefore F = 8,27$$

A altura conjugada é dado por:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \cdot \left[\sqrt{1 + 8 \cdot F^2} - 1 \right] \rightarrow \text{Eq. 29}$$

Logo: $y_2 = 7,26\text{m}$

O comprimento de uma bacia de dissipação é dado pelo Bureau of Reclamation pela expressão:

$$L = 6 \cdot (y_2 \cdot y_1) \rightarrow \text{Eq. 30}$$

Logo:

$$L = 39,70\text{m}, \text{ adotado para uma possível bacia o comprimento de } 40,0\text{m}.$$

A altura do muro lateral será dado pela altura conjugada mais uma folga de 1,00m. Assim sendo:

$$H_m = y_2 + 1,00$$

$$H_m = 7,26 + 1,00 \therefore H_m = 8,26\text{m}$$

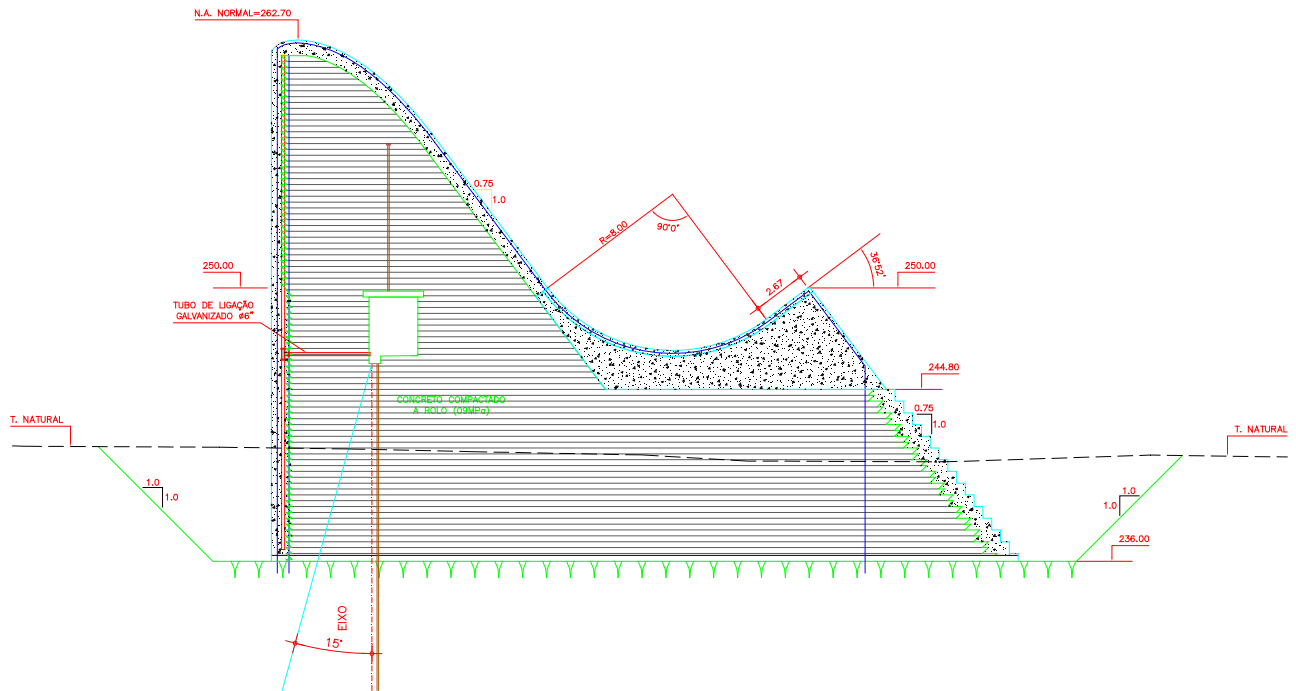
A cota do topo da laje da bacia de dissipação é igual a 242,80m. Logo, a cota da crista do muro lateral será 251,06m.

5.3. CONCLUSÕES

Visto os resultados do dimensionamento hidráulico mostrado na seção acima, verifica-se que a hipótese de adoção de uma bacia de dissipação envolveria um dispositivo com comprimento muito grande. Pois bem, uma bacia com 40,0m de extensão por 200,00m de largura e muros laterais de 8,26m de altura fica fora das expectativas econômica. Portanto, descartou-se esta alternativa (bacia de dissipação) e desenvolveu-se uma solução em salto de esqui.

Observando-se a curva chave do rio, apresentada no item 10 deste volume, conclui-se que, para a vazão efluente milenar de 4.259 m³/s, o rio a jusante da barragem alcança cota 248,3 m. Propôs-se, então, o posicionamento da concha de lançamento do salto esqui na cota 250,00m, cerca de 1,70m acima da cota da cheia milenar.

- Determinação da Lâmina e Velocidade na Entrada da Concha



Admitindo a premissa de CHOW que afirma que nos vertedouro do dorso liso de fluxo fortemente variado a dissipação de energia pela camada limite é desprezível, isso ocorre para inclinações entre 1:0,6 a 1:0,80, os cálculos abaixo são desenvolvidos sob essa hipótese.

A carga é $H_o = 4,7m$ no lago, e a lâmina crítica sobre a ogiva será

$$y_c = \frac{2}{3} \times 4,72 = 3,14m$$

A velocidade crítica será:

$$q_w = V_c \times y_c = \frac{q_w}{y_c} = \frac{22,80}{3,14} = 7,26 \text{ m/s}$$

A carga cinética é:

$$\frac{V_c^2}{2g} = \frac{7,26^2}{2 \times 9,81} = 2,68m$$

A cota do plano de energia será:

$$E = 262,70 + 3,14 + 2,68 = 268,52\text{m}$$

- Cálculo da Lâmina e Velocidade na Entrada da Concha (cota 250,00m)

$$268,52 - 250,00 = y_1 \cdot \cos \theta + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\cos \theta = 0,627$$

$$V_1 = \frac{q_w}{y_1}$$

$$18,52 = y_1 \times 0,627 + \frac{22,80^2}{2 \times g \times y_1^2}$$

$$18,52 = y_1 \times 0,627 + \frac{26,49}{y_1^2}$$

$$y_1 = 1,21\text{m}$$

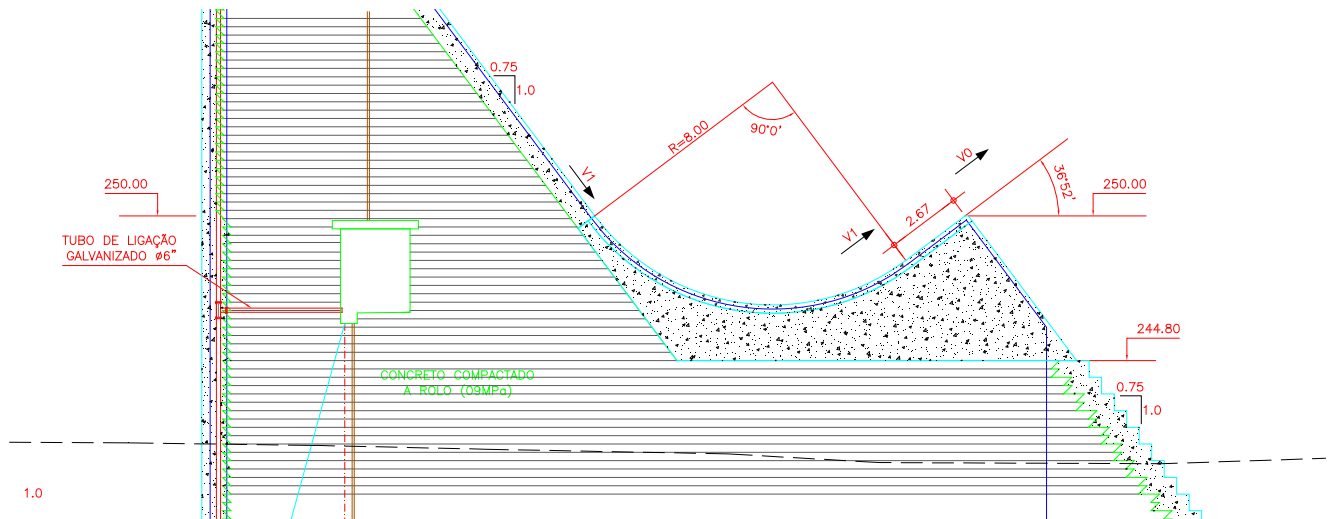
$$V_1 = \frac{q_w}{y_1} = \frac{22,80}{1,20} = 18,84 \text{ m/s}$$

Experiências tem mostrado que o raio da concha varia entre 3 a $7 y_1$.

$$3 \times y_1 = 3,6 \text{ e } 7 \times y_1 = 8,40\text{m}$$

Adotando $R = 8,0\text{m}$ e o ângulo de lançamento $\alpha = 37^\circ$.

- Determinação da Velocidade de Saída da Concha



$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_0^2}{2g} + 1,60$$

$$\frac{18,77^2}{2g} = \frac{V_0^2}{2g} + 1,60$$

$$17,95 = \frac{V_0^2}{2g} + 1,60$$

$$V_0 = \sqrt{2 \times g \cdot (17,95 - 1,60)}$$

$$V_0 = 17,91 \text{ m/s}$$

- Cálculo do Alcance

Baseado na teoria do lançamento de projétil e seguindo a expressão do WES-HDC 112-8, tem-se:

$$\frac{X}{H_v} = \text{sen} \cdot 2\alpha + 2 \cdot \text{cos} \alpha \times (\text{sen}^2 \cdot \alpha + y/H_v)^{0,5}$$

X = distância do alcance em m

Y = desnível da soleira da concha e a cota de cheia milenar

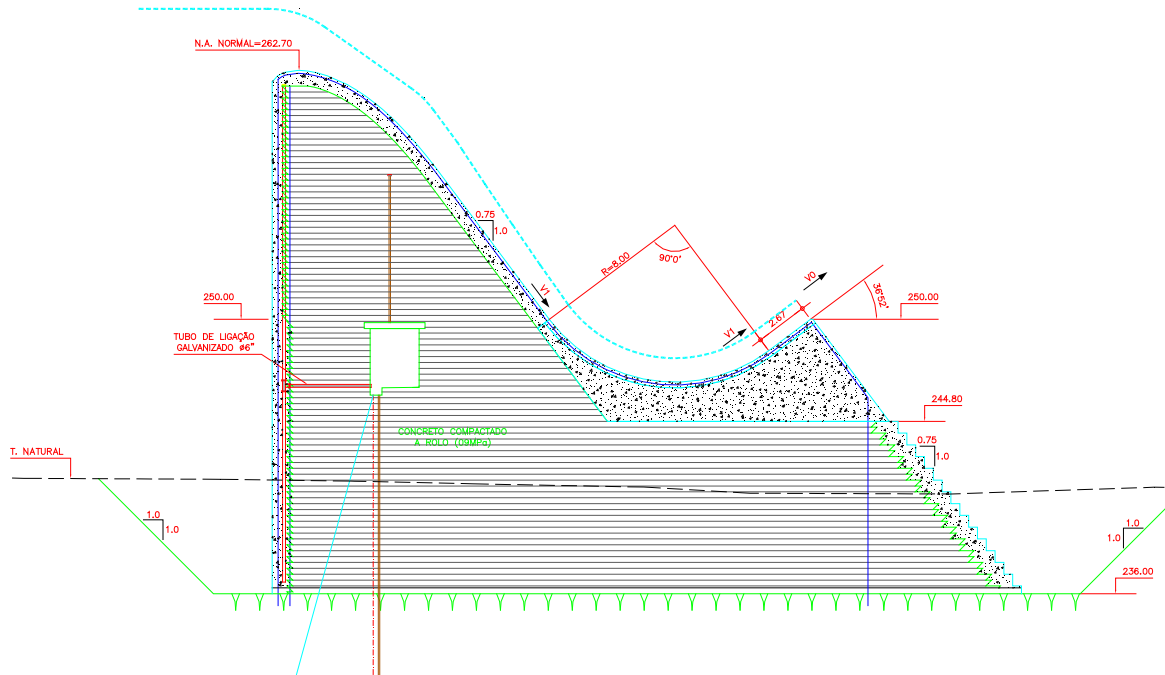
H_v = carga de velocidade do jato na saída da concha

α = ângulo de saída da concha

$$\frac{X}{16,34} = 0,96 + 1,11$$

$$X = 33,82\text{m}$$

- Determinação das Lâminas Sobre o Perfil do Vertedouro



Pt	Cotas	θ	d
1	262,70	0°	3,14
2	260,00	-44,71°	1,92
3	258,00	-52,17°	1,68
4	257,68	-53,13°	1,64
5	256,00	-53,13°	1,51
6	254,00	-53,13	1,39
7	252,00	-53,13	1,30
8	250,00	-53,13	1,21

6. ANÁLISE DA ESTABILIDADE

6. ANÁLISE DA ESTABILIDADE

Em atendimento à solicitação da análise técnica do DNOCS sobre o projeto da Barragem Fronteiras no Rio Poty na extrema do Ceará com o estado do Piauí, a Engesoft – Engenharia e Consultoria S/S elaborou todas as verificações nas hipóteses solicitada na análise. Todos os coeficientes de segurança atenderam aos limites indicados pelo do DNOCS.

Para realização das análises que são apresentadas a seguir foram adotados os seguintes parâmetros:

Peso específico do CCR (γ_{CCR}) = $2,35 \text{ tf/m}^3$

Adesão na base x rocha (A) = $5,0 \text{ tf/m}^2$

Resistência ao cisalhamento (τ) = 90 tf/m^2 que corresponde a $0,1t_c$ como recomenda Andriolo.

Análise Sísmica – as forças desfavoráveis ao equilíbrio receberam um acréscimo de 10% da força no sentido desfavorável segundo recomenda também, assim tem-se referente ao maciço da barragem foi acrescentada uma força horizontal no sentido do tombamento dada por $E_H = 0,10w$ w = peso do maciço.

Da mostra de água foi adicionada ao empuxo uma força na mesma direção dada por $E_H = 0,10t$.

Na subpressão idem $E_v = 0,10E_v$.

A barragem de terra foi também analisada pelo soft slope/w versão 2007.13 produzido pelo geostudo do Canadá.

Os parâmetros adotados na análise de estabilidade do maciço em sua seção máxima são mostrados abaixo:

MATERIAL	γ (kN/m³)	C (kPu)	ϕ (GRAUS)
RIP-RAP	21.5	0.0	48°
PROTEÇÃO JUSANTE	21.5	0.0	45°
MAÇICO/CUT-OFF	20.0	10.0	28°
FICTICO/TAPETE	19.5	0.0	35°
ROCK-FILL	21.5	0.0	48°
ALUVIÃO	19.5	5.0	30°

A análise de estabilidade do maciço em CCR foi realizado levando-se em consideração as situações de riscos elencadas a seguir:

- Hipótese 1: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 2: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Operante

- Hipótese 3: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 4: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Operante

- Hipótese 5: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 6: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Operante

- Hipótese 7: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 8: Maciço Submersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Operante

- Hipótese 9: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 10: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Operante

- Hipótese 11: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 12: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Estática)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Operante

- Hipótese 13: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 14: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Soleira (el. = 262,70m)

Sistema de Drenagem Operante

- Hipótese 15: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Inoperante

- Hipótese 16: Maciço Insubmersível (Análise de Estabilidade Sísmica)

Nível do Reservatório na Cheia Milenar (el. = 265,67m)

Sistema de Drenagem Operante

Os resultados da análise de estabilidade do maciço em CCR são mostradas na tabela N°01. As planilhas de cálculos são mostradas a seguir.

A análise da estabilidade do maciço em terra foi verificada para as situações Estática e Sísmica. Utilizou-se o programa GEO SLOPE que usa o método de Bishop Modificado.

As hipóteses de riscos são enumeradas a seguir:

- Hipótese 1: Regime Permanente – Talude de Jusante – Análise Estática
- Hipótese 2: Regime Permanente – Talude de Jusante – Análise Sísmica
- Hipótese 3: Final de Construção – Talude de Montante – Análise Estática
- Hipótese 4: Final de Construção – Talude de Montante – Análise Sísmica

- Hipótese 5: Final de Construção – Talude de Jusante – Análise Estática
- Hipótese 6: Final de Construção – Talude de Jusante – Análise Sísmica
- Hipótese 7: Esvaziamento Rápido – Talude de Montante – Análise Estática
- Hipótese 8: Esvaziamento Rápido – Talude de Montante – Análise Sísmica

Os resultados da análise de estabilidade do maciço em terra são mostradas na tabela N°02. As peças gráficas são mostradas a seguir.

TABELA 01: RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO MACIÇO EM CCR

HIPÓTESE	TOMBAMENTO		ESCORREGAMENTO		CISALHAMENTO		TENSÃO		FLUTUAÇÃO	
	CÁLCULADO	MÍNIMO	CÁLCULADO	MÍNIMO	CÁLCULADO	MÍNIMO	MÍNIMA	MÁXIMA	CÁLCULADO	MÍNIMO
1	2,48	(>1,1)	2,90	(>1,1)	9,72	(>2,0)	15,93	28,66	3,37	(>1,1)
2	2,26	(>1,5)	2,78	(>1,3)	9,72	(>2,5)	16,06	26,23	3,00	(>1,3)
3	2,02	(>1,1)	2,23	(>1,1)	7,03	(>2,0)	19,36	21,30	2,79	(>1,1)
4	2,00	(>1,5)	2,20	(>1,3)	7,03	(>2,5)	18,50	21,46	2,71	(>1,3)
5	2,12	(>1,0)	2,06	(>1,0)	7,69	(>1,5)	21,14	22,51	3,21	(>1,0)
6	2,02	(>1,2)	2,01	(>1,1)	7,69	(>2,0)	19,66	22,62	3,00	(>1,1)
7	1,78	(>1,0)	1,64	(>1,0)	5,91	(>1,5)	14,18	25,35	2,66	(>1,0)
8	1,79	(>1,2)	1,65	(>1,1)	5,91	(>2,0)	14,17	25,79	2,71	(>1,1)
9	1,84	(>1,1)	2,12	(>1,1)	7,70	(>2,0)	25,16	33,04	2,81	(>1,1)
10	2,27	(>1,5)	2,43	(>1,3)	7,70	(>2,5)	33,73	34,24	4,04	(>1,3)
11	1,32	(>1,1)	1,35	(>1,1)	5,64	(>2,0)	-3,89	51,59	2,12	(>1,1)
12	1,74	(>1,5)	1,76	(>1,3)	5,64	(>2,5)	12,60	52,31	3,55	(>1,3)
13	1,53	(>1,0)	1,56	(>1,0)	5,92	(>1,5)	7,04	49,56	2,68	(>1,0)
14	1,88	(>1,2)	1,82	(>1,1)	6,32	(>2,0)	17,68	50,30	4,04	(>1,1)
15	1,18	(>1,0)	1,03	(>1,0)	4,94	(>1,5)	-18,30	63,87	2,02	(>1,0)
16	1,88	(>1,2)	1,82	(>1,1)	4,94	(>2,0)	17,68	50,30	4,04	(>1,1)

TABELA 02: RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO MACIÇO EM SOLO

HIPÓTESE	MÍNIMO	CALCULADO
1	1,884	(>1,4)
2	1,473	(>1,0)
3	2,355	(>1,2)
4	1,805	(>1,0)
5	2,02	(>1,2)
6	1,729	(>1,0)
7	1,105	(>1,1)
8	1,064	(>1,0)

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
 BARRAGEM FRONTEIRAS
 ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
 HIPÓTESE - 9: MACIÇO INSUBMERSÍVEL
 --> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)
 --> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
 Y= 258,94
 ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
 Y= 259,58
 ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
 Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
 DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
 ALTURA D'ÁGUA= 29,39 m

PESO DO MACIÇO=	1.214,74 tf/m	BRAÇO-X=	18,14 m
EMPUXO D'ÁGUA=	431,89 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
DRENO INOPERANTE=	431,89 tf/m	BRAÇO-X=	17,94 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.030,58 tf/m . m
 MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.228,16 tf/m . m
 MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 7.748,04 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,84 > 1,1

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
 ϕ = 35 ° tg(ϕ)= 0,700
 A(seção)= 26,90 m²

FS(escorregamento)= 2,12 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ = 0,45
 A(seção)= 24,65 m²
 C(concreto)= 90,00 tf/m²
 A(concreto)= 447,12 - 7,76 = 439,36 m²
 ALTURA D'ÁGUA= 26,40 m
 FORÇA NORMAL= 1.032,50 tf/m
 FORÇA CISALHANTE= 348,40 tf/m

FS(cisalhamento)= 7,70 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 10.054,38 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 782,86 tf/m

U= 12,84 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 0,61 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 29,10 CTE-2= 0,14

TENSÃO MÍNIMA= 25,16 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 33,04 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 2,81 >1,1

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

1) - HIPÓTESE - 10: MACIÇO INSUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)

--> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
Y= 258,94
ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
Y= 259,58
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 29,39 m

PESO DO MACIÇO=	1.214,74 tf/m	BRAÇO-X=	18,13 m
EMPUXO D'ÁGUA=	431,89 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
DRENO OPERANTE=	300,49 tf/m	BRAÇO-X=	18,20 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.023,29 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.228,16 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 5.468,03 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 2,27 > 1,5

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 26,90 m²

FS(escorregamento)= 2,43 > 1,3

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	24,65 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	447,12	-	7,76 = 439,36 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	26,40 m		
FORÇA NORMAL=	1.032,50 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	348,48 tf/m		

FS(cisalhamento)= 7,70 > 2,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 12.327,10 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 914,25 tf/m

U= 13,48 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 0,03 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 33,99 CTE-2= 0,01

TENSÃO MÍNIMA= 33,73 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 34,24 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 4,04 >1,3

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

1) - HIPÓTESE - 11: MACIÇO INSUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
Y= 258,94
ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
Y= 259,58
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 33,86 m

PESO DO MACIÇO=	1.214,74 tf/m	BRAÇO-X=	18,14 m
EMPUXO D'ÁGUA=	573,15 tf/m	BRAÇO-Y=	11,29 m
DRENO INOPERANTE=	573,15 tf/m	BRAÇO-X=	17,93 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.030,58 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 6.468,55 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 10.278,27 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,32 > 1,1

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 26,9 m²

FS(escorregamento)= 1,35 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	24,65 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	447,12	-	7,76 = 439,36 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	30,86 m		
FORÇA NORMAL=	1.032,50 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	476,08 tf/m		

FS(cisalhamento)= 5,64 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 5.283,76 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 641,59 tf/m

U= 8,24 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 5,21 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 23,85 CTE-2= 1,16

TENSÃO MÍNIMA= -3,89 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 51,59 tf/m²

EXCLUINDO TRAÇÃO: TENSÃO MÁXIMA= 51,94 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 2,12 >1,1

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

1) - HIPÓTESE - 12: MACIÇO INSUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
Y= 258,94
ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
Y= 259,58
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³

DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³

ALTURA D'ÁGUA= 33,86 m

PESO DO MACIÇO= 1.214,74 tf/m BRAÇO-X= 18,14 m

EMPUXO D'ÁGUA= 573,25 tf/m BRAÇO-Y= 11,29 m

DRENO OPERANTE= 341,73 tf/m BRAÇO-X= 18,18 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.030,58 tf/m . m

MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 6.469,70 tf/m . m

MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 6.213,62 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,74 > 1,5

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²

ϕ = 35 ° tg(ϕ)= 0,700

A(seção)= 26,90 m²

FS(escorregamento)= 1,76 > 1,3

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ = 0,45

A(seção)= 24,65 m²

C(concreto)= 90,00 tf/m²

A(concreto)= 447,12 - 7,76 = 439,36 m²

ALTURA D'ÁGUA= 30,86 m

FORÇA NORMAL= 1.032,50 tf/m

FORÇA CISALHANTE= 476,08 tf/m

FS(cisalhamento)= 5,64 > 2,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 9.347,26 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 873,02 tf/m

U= 10,71 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 2,74 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 32,45 CTE-2= 0,61

TENSÃO MÍNIMA= 12,60 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 52,31 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 3,55 >1,3

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 13: MACIÇO INSUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)

--> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
Y= 258,94
ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
Y= 259,58
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 29,39 m

PESO DO MACIÇO=	1.214,74 tf/m	BRAÇO-X=	18,14 m
EMPUXO D'ÁGUA=	453,48 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	121,47 tf/m	BRAÇO-Y=	14,70 m
DRENO INOPERANTE=	453,48 tf/m	BRAÇO-X=	17,94 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.035,44 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.439,57 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 1.785,07 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 8.135,44 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,53 > 1,0

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 26,90 m²

FS(escorregamento)= 1,56 > 1,0

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	24,65 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	447,12	-	7,76 = 439,36 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	26,40 m		
FORÇA NORMAL=	1.084,13 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	456,89 tf/m		

FS(cisalhamento)= 5,92 > 1,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 7.675,37 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 761,26 tf/m

U= 10,08 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 3,37 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 28,30 CTE-2= 0,75

TENSÃO MÍNIMA= 7,04 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 49,56 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 2,68 >1,0

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 14: MACIÇO INSUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)

--> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
Y= 258,94
ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
Y= 259,58
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 29,39 m

PESO DO MACIÇO=	1.214,74 tf/m	BRAÇO-X=	18,13 m
EMPUXO D'ÁGUA=	453,48 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	121,47 tf/m	BRAÇO-Y=	14,70 m
DRENO OPERANTE=	300,49 tf/m	BRAÇO-X=	18,20 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.023,29 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.439,57 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 1.785,07 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 5.468,92 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,88 > 1,2

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 26,90 m²

FS(escorregamento)= 1,82 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ= 0,45
A(seção)= 26,65 m²
C(concreto)= 90,00 tf/m²
A(concreto)= 447,12 - 7,76 = 439,36 m²
ALTURA D'ÁGUA= 26,40 m
FORÇA NORMAL= 1.084,13 tf/m
FORÇA CISALHANTE= 456,89 tf/m

FS(cisalhamento)= 6,32 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 10.329,74 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 914,25 tf/m

U= 11,30 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 2,15 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 33,99 CTE-2= 0,48

TENSÃO MÍNIMA= 17,68 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 50,30 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 4,04 >1,1

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 15: MACIÇO INSUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
Y= 258,94
ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
Y= 259,58
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 33,86 m

PESO DO MACIÇO=	1.214,74 tf/m	BRAÇO-X=	18,14 m
EMPUXO D'ÁGUA=	601,91 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	121,47 tf/m	BRAÇO-Y=	16,93 m
DRENO INOPERANTE=	601,91 tf/m	BRAÇO-X=	17,94 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.035,44 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 5.892,72 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 2.056,56 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 10.798,31 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,18 > 1,0

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 26,90 m²

FS(escorregamento)= 1,03 > 1,0

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	26,65 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	447,12	-	7,76 = 439,36 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	30,86 m		
FORÇA NORMAL=	1.084,13 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	584,49 tf/m		

FS(cisalhamento)= 4,94 > 1,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 3.287,85 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 612,83 tf/m

U= 5,37 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 8,08 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 22,78 CTE-2= 1,80

TENSÃO MÍNIMA= -18,30 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 63,87 tf/m²

EXCLUINDO TRAÇÃO: TENSÃO MÁXIMA= 76,15 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 2,02 >1,0

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 16: MACIÇO INSUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.369,91
Y= 258,94
ÁREA= 524,67 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.367,40
Y= 259,58
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.369,947
Yg= 258,931

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 29,39 m

PESO DO MACIÇO=	1.214,74 tf/m	BRAÇO-X=	18,13 m
EMPUXO D'ÁGUA=	453,48 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	121,47 tf/m	BRAÇO-Y=	14,70 m
DRENO OPERANTE=	300,49 tf/m	BRAÇO-X=	18,20 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 22.023,29 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.439,57 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 1.785,07 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 5.468,92 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,88 > 1,2

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 26,9 m²

FS(escorregamento)= 1,82 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	26,65 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	447,12	-	7,76 = 439,36 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	30,86 m		
FORÇA NORMAL=	1.084,13 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	584,49 tf/m		

FS(cisalhamento)= 4,94 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 10.329,74 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 914,25 tf/m

U= 11,30 m
BASE= 26,90 m
BASE/2= 13,45 m
E= 2,15 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 33,99 CTE-2= 0,48

TENSÃO MÍNIMA= 17,68 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 50,30 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS(flutuação)= 4,04 >1,1

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

1) - HIPÓTESE - 1: MACIÇO SUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)

--> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79

Y= 355,47

ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32

Y= 361,55

ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917

Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³

DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³

ALTURA D'ÁGUA= 29,87 m

PESO DO MACIÇO= 1.504,15 tf/m BRAÇO-X= 30,64 m

EMPUXO D'ÁGUA= 446,11 tf/m BRAÇO-Y= 9,79 m

DRENO INOPERANTE= 446,11 tf/m BRAÇO-X= 31,88 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m

MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.367,40 tf/m . m

MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 14.221,94 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 2,48 > 1,1

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²

φ= 35 ° tg(φ)= 0,700

A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 2,90 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ= 0,45

A(seção)= 18,26 m²

C(concreto)= 90,00 tf/m²

A(concreto)= 218,87 - 7,76 = 211,11 m²

ALTURA D'ÁGUA= 19,60 m

FORÇA NORMAL= 496,12 tf/m

FORÇA CISALHANTE= 192,02 tf/m

FS(cisalhamento)= 9,72 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 27.497,69 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 1.058,04 tf/m

U= 25,99 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 2,26 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 22,29 CTE-2= 0,29

TENSÃO MÍNIMA= 15,93 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 28,66 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 3,37 >1,1

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
 BARRAGEM FRONTEIRAS
 ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
 1) - HIPÓTESE - 2: MACIÇO SUBMERSÍVEL
 --> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)
 --> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79
 Y= 355,47
 ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32
 Y= 361,55
 ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917
 Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
 DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
 ALTURA D'ÁGUA= 29,87 m

PESO DO MACIÇO=	1.504,15 tf/m	BRAÇO-X=	30,64 m
EMPUXO D'ÁGUA=	446,11 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
DRENO OPERANTE=	500,65 tf/m	BRAÇO-X=	31,95 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m
 MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.367,40 tf/m . m
 MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 15.997,87 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 2,26 > 1,5

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
 ϕ = 35 ° tg(ϕ)= 0,700
 A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 2,78 > 1,3

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ =	0,45		
A(seção)=	18,26 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	218,87	-	7,76 = 211,11 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	19,60 m		
FORÇA NORMAL=	496,12 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	192,02 tf/m		

FS(cisalhamento)= 9,72 > 2,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 25.721,76 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 1.003,49 tf/m

U= 25,63 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 1,90 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 21,14 CTE-2= 0,24

TENSÃO MÍNIMA= 16,06 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 26,23 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 3,00 >1,3

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

1) - HIPÓTESE - 3: MACIÇO SUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79
Y= 355,47
ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32
Y= 361,55
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917
Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 32,84 m

PESO DO MACIÇO=	1.504,15 tf/m	BRAÇO-X=	30,64 m
EMPUXO D'ÁGUA=	539,13 tf/m	BRAÇO-Y=	10,70 m
DRENO INOPERANTE=	539,13 tf/m	BRAÇO-X=	31,64 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 5.766,58 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 17.056,59 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 2,02 > 1,1

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 2,23 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	18,26 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	218,87	-	7,76 = 211,11 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	23,04 m		
FORÇA NORMAL=	496,12 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	265,35 tf/m		

FS(cisalhamento)= 7,03 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 23.263,85 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 965,01 tf/m

U= 24,11 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 0,38 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 20,33 CTE-2= 0,05

TENSÃO MÍNIMA= 19,36 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 21,30 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 2,79 >1,1

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

1) - HIPÓTESE - 4: MACIÇO SUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79
Y= 355,47
ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32
Y= 361,55
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917
Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 32,84 m

PESO DO MACIÇO=	1.504,15 tf/m	BRAÇO-X=	30,64 m
EMPUXO D'ÁGUA=	539,23 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
DRENO OPERANTE=	555,90 tf/m	BRAÇO-X=	31,93 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 5.279,09 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 17.752,21 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 2,00 > 1,5

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 2,20 > 1,3

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	18,26 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	218,87	-	7,76 = 211,11 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	23,04 m		
FORÇA NORMAL=	496,12 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	265,35 tf/m		

FS(cisalhamento)= 7,03 > 2,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 23.055,73 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 948,24 tf/m

U= 24,31 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 0,58 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 19,98 CTE-2= 0,07

TENSÃO MÍNIMA= 18,50 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 21,46 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 2,71 >1,3

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 5: MACIÇO SUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)

--> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79
Y= 355,47
ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32
Y= 361,55
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917
Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 29,87 m

PESO DO MACIÇO=	1.504,15 tf/m	BRAÇO-X=	30,64 m
EMPUXO D'ÁGUA=	468,41 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	150,41 tf/m	BRAÇO-Y=	14,94 m
DRENO INOPERANTE=	468,41 tf/m	BRAÇO-X=	31,88 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.585,77 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 2.246,44 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 14.933,03 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 2,12 > 1,0

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 2,06 > 1,0

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	18,26 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	218,87	-	7,76 = 211,11 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	19,60 m		
FORÇA NORMAL=	520,92 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	244,11 tf/m		

FS(cisalhamento)= 7,69 > 1,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 24.321,78 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 1.035,73 tf/m

U= 23,48 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 0,25 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 21,82 CTE-2= 0,03

TENSÃO MÍNIMA= 21,14 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 22,51 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 3,21 >1,0

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 6: MACIÇO SUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA SOLEIRA (el.=262,70)

--> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79
Y= 355,47
ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32
Y= 361,55
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917
Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 29,87 m

PESO DO MACIÇO=	1.504,15 tf/m	BRAÇO-X=	30,64 m
EMPUXO D'ÁGUA=	468,41 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	150,41 tf/m	BRAÇO-Y=	14,94 m
DRENO OPERANTE=	500,65 tf/m	BRAÇO-X=	31,95 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 4.585,77 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 2.246,44 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 15.997,87 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 2,02 > 1,2

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 2,01 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	18,26 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	218,87	-	7,76 = 211,11 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	19,60 m		
FORÇA NORMAL=	520,92 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	244,11 tf/m		

FS(cisalhamento)= 7,69 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 23.256,94 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 1.003,49 tf/m

U= 23,18 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 0,55 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 21,14 CTE-2= 0,07

TENSÃO MÍNIMA= 19,66 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 22,62 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 3,00 >1,1

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 7: MACIÇO SUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM INOPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79
Y= 355,47
ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32
Y= 361,55
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917
Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 32,84 m

PESO DO MACIÇO=	1.504,15 tf/m	BRAÇO-X=	30,64 m
EMPUXO D'ÁGUA=	566,19 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	150,41 tf/m	BRAÇO-Y=	16,42 m
DRENO INOPERANTE=	566,19 tf/m	BRAÇO-X=	31,64 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 5.543,04 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 2.469,81 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 17.912,69 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,78 > 1,0

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 1,64 > 1,0

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ= 0,45
A(seção)= 18,26 m²
C(concreto)= 90,00 tf/m²
A(concreto)= 218,87 - 7,76 = 211,11 m²
ALTURA D'ÁGUA= 23,04 m
FORÇA NORMAL= 520,92 tf/m
FORÇA CISALHANTE= 317,44 tf/m

FS(cisalhamento)= 5,91 > 1,5

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 20.161,48 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 937,95 tf/m

U= 21,50 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 2,23 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 19,76 CTE-2= 0,28

TENSÃO MÍNIMA= 14,18 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 25,35 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 2,66 >1,0

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ABALO SÍSMICO

1) - HIPÓTESE - 8: MACIÇO SUBMERSÍVEL

--> NÍVEL DO RESERVATÓRIO NA CHEIA MILENAR (el.=265,67)

--> SISTEMA DE DRENAGEM OPERANTE

2) - CENTRO DE CARGA

CENTRO DE CARGA DO MACIÇO

X= 1.361,79
Y= 355,47
ÁREA= 647,82 m²

CENTRO DE CARGA DA GALERIA

X= 1.351,32
Y= 361,55
ÁREA= 7,76 m²

CENTRO DE CARGA DO CONJUNTO

Xg= 1.361,917
Yg= 355,394

3) - FORÇAS ATUANTES

DENSIDADE CONCRETO= 2,350 tf/m³
DENSIDADE DA ÁGUA= 1,000 tf/m³
ALTURA D'ÁGUA= 32,84 m

PESO DO MACIÇO=	1.504,15 tf/m	BRAÇO-X=	30,64 m
EMPUXO D'ÁGUA=	566,19 tf/m	BRAÇO-Y=	9,79 m
ONDA SÍSMICA=	150,41 tf/m	BRAÇO-Y=	16,42 m
DRENO OPERANTE=	555,90 tf/m	BRAÇO-X=	31,93 m

4) - MOMENTOS ATUANTES (EM RELAÇÃO AO PONTO - B)

MOMENTO ESTABILIZADOR= 46.087,02 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-1= 5.543,04 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-2= 2.469,81 tf/m . m
MOMENTO DESESTABILIZADOR-3= 17.752,21 tf/m . m

5) - FATOR DE SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

FS(tombamento)= 1,79 > 1,2

6) - FATOR DE SEGURANÇA AO ESCORREGAMENTO (DESLIZAMENTO)

C= 5,0 tf/m²
φ= 35 ° tg(φ)= 0,700
A(seção)= 47,46 m²

FS(escorregamento)= 1,65 > 1,1

7) - FATOR DE SEGURANÇA AO CISALHAMENTO

μ=	0,45		
A(seção)=	18,26 m ²		
C(concreto)=	90,00 tf/m ²		
A(concreto)=	218,87	-	7,76 = 211,11 m ²
ALTURA D'ÁGUA=	23,04 m		
FORÇA NORMAL=	520,92 tf/m		
FORÇA CISALHANTE=	317,44 tf/m		

FS(cisalhamento)= 5,91 > 2,0

8) - POSIÇÃO DO CENTRO DE PRESSÃO (EM RELAÇÃO AO PONTO A)

MOMENTO TOTAL= 20.321,97 tf/m . m
FORÇA NORMAL= 948,24 tf/m

U= 21,43 m
BASE= 47,46 m
BASE/2= 23,73 m
E= 2,30 m

9) - TENSÃO NA FUNDAÇÃO

CTE-1= 19,98 CTE-2= 0,29

TENSÃO MÍNIMA= 14,17 tf/m²
TENSÃO MÁXIMA= 25,79 tf/m²

10) - FLUTUAÇÃO

FS (flutuação)= 2,71 >1,1

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
 DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
 BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE
 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

Name: RIP-RAP
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21.5 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 48 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: Yes

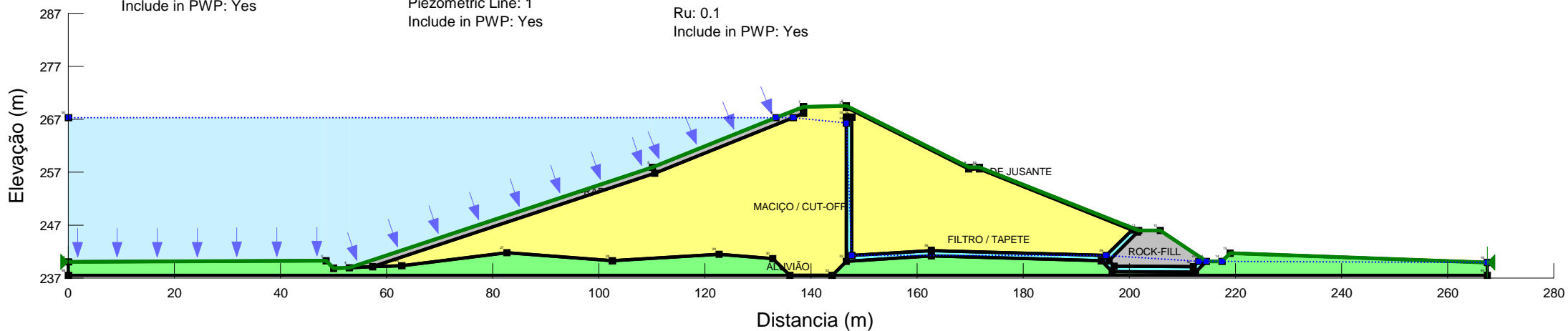
Name: PROTEÇÃO DE JUSANTE
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21.5 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 45 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: Yes

Name: MACIÇO / CUT-OFF
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa
 Phi: 38 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1
 Ru: 0.1
 Include in PWP: Yes

Name: FILTRO / TAPETE
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: Yes

Name: ROCK-FILL
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21.5 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 48 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: Yes

Name: ALUVIÃO
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Phi: 30 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1
 Ru: 0.1
 Include in PWP: Yes



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

Name: RIP-RAP
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

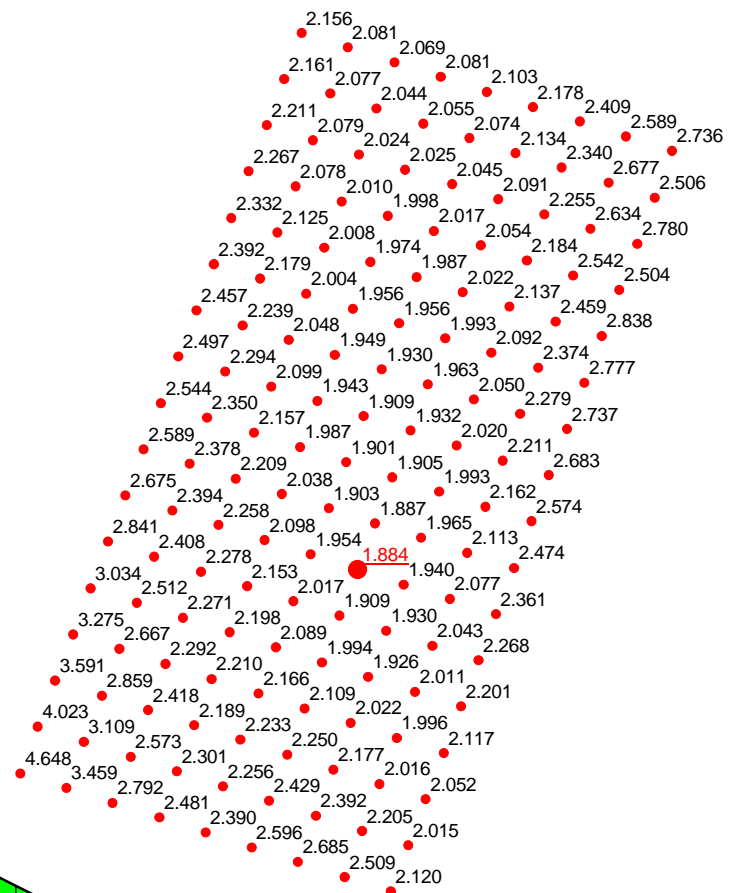
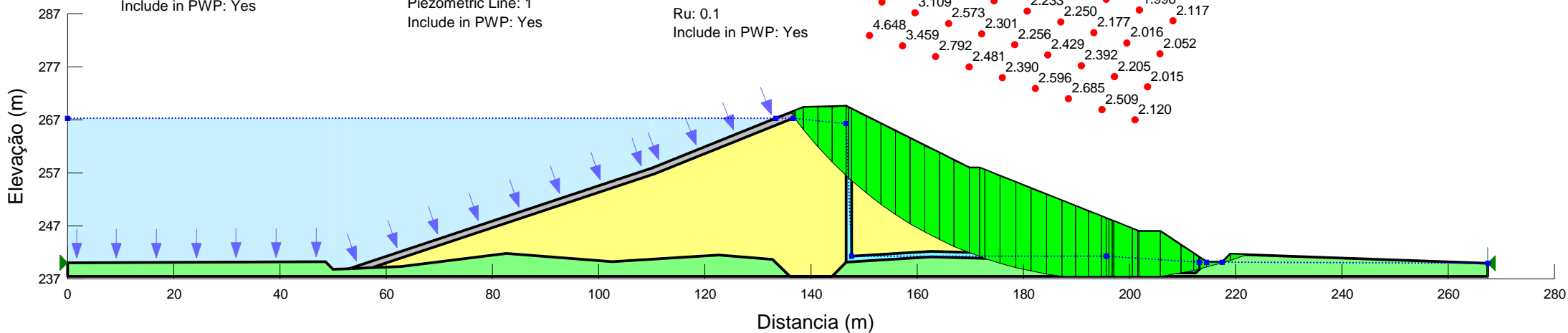
Name: PROTEÇÃO DE JUSANTE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 45 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: MACIÇO / CUT-OFF
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Ru: 0.1
Include in PWP: Yes

Name: FILTRO / TAPETE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: ROCK-FILL
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: ALUVIÃO
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Ru: 0.1
Include in PWP: Yes



HIPÓTESE - 1: REGIME PERMANENTE - TALUDE DE JUSANTE

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA

Name: RIP-RAP
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

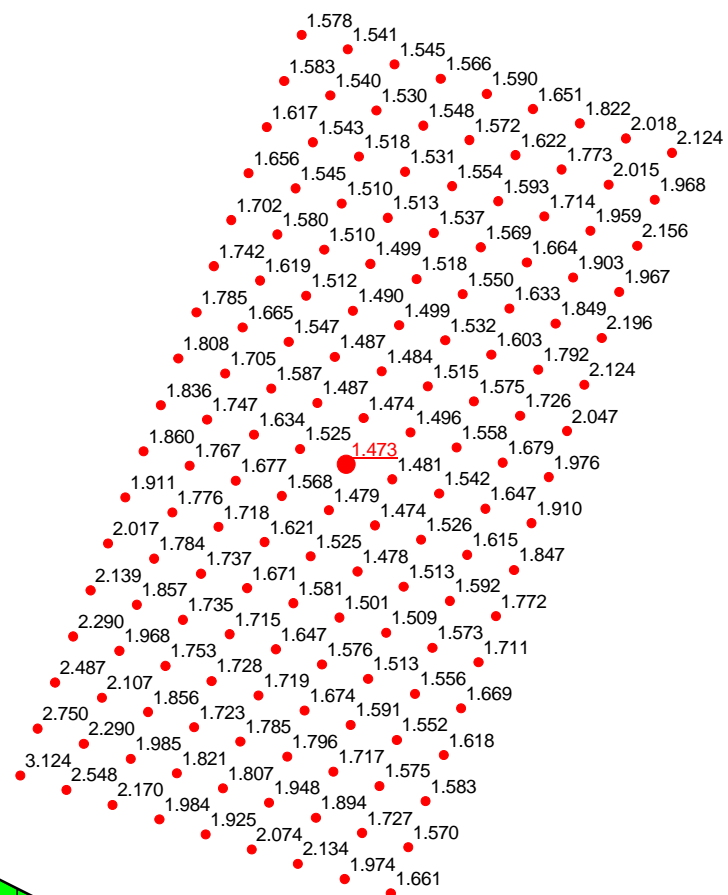
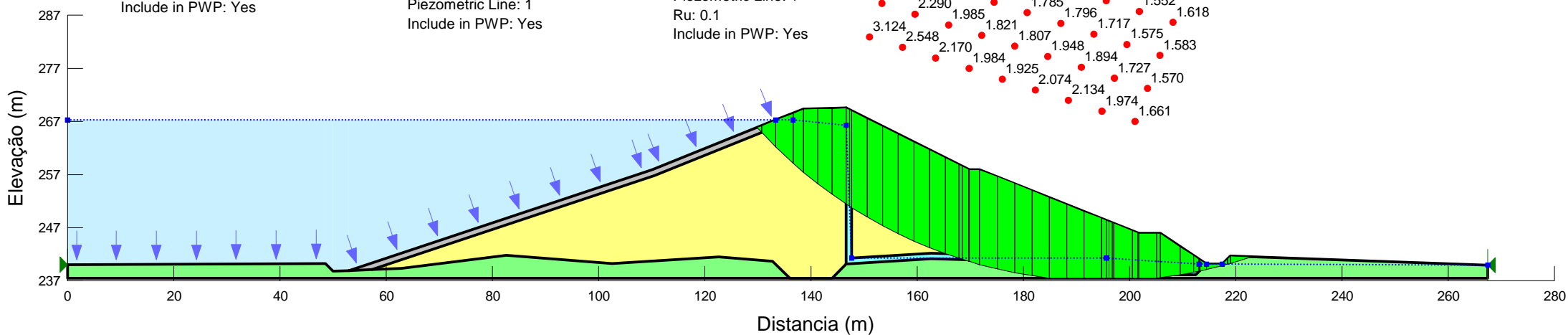
Name: PROTEÇÃO DE JUSANTE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 45 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: MACIÇO / CUT-OFF
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Ru: 0.1
Include in PWP: Yes

Name: FILTRO / TAPETE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: ROCK-FILL
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

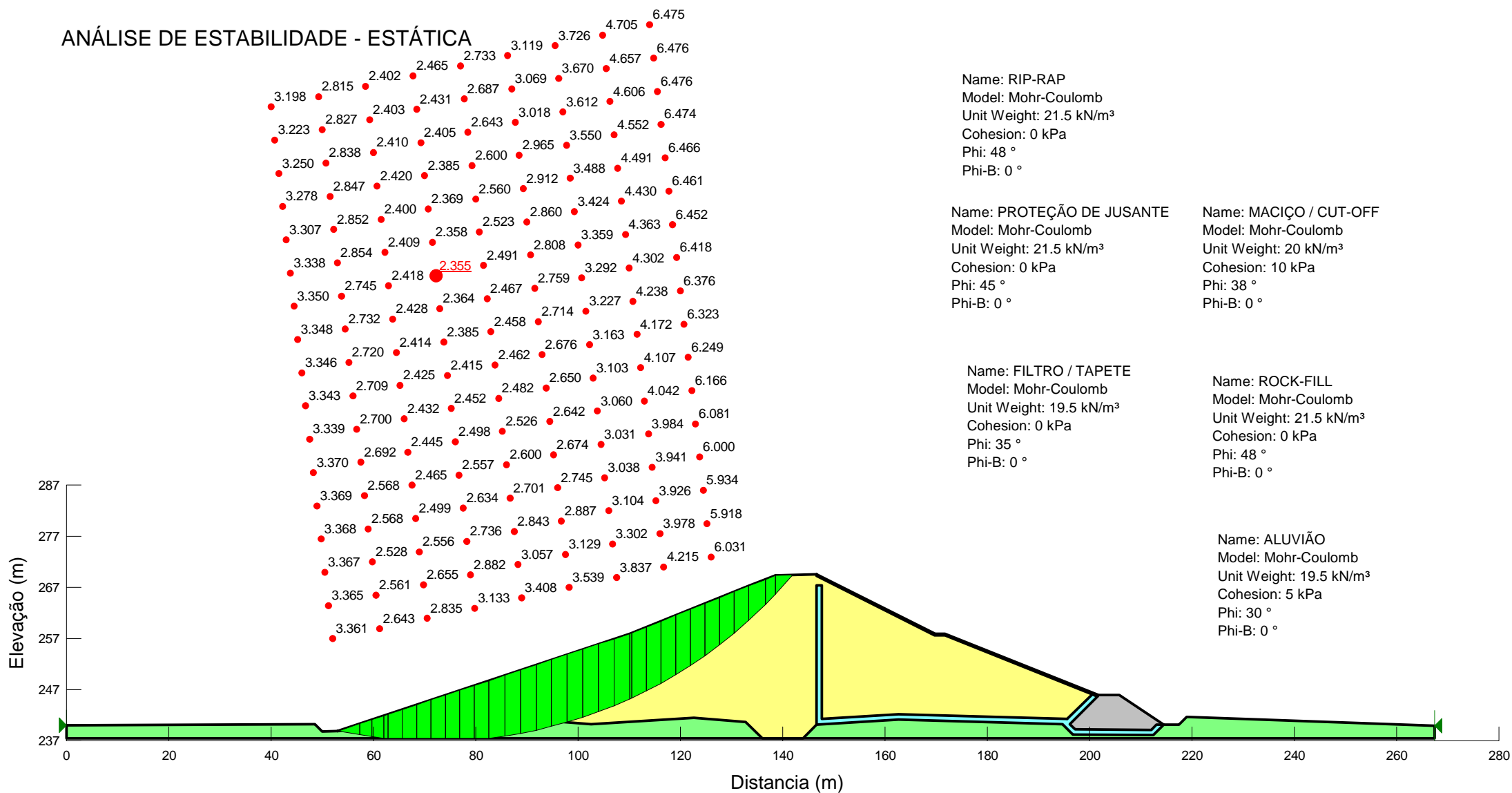
Name: ALUVIÃO
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Ru: 0.1
Include in PWP: Yes



HIPÓTESE - 2: REGIME PERMANENTE - TALUDE DE JUSANTE

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

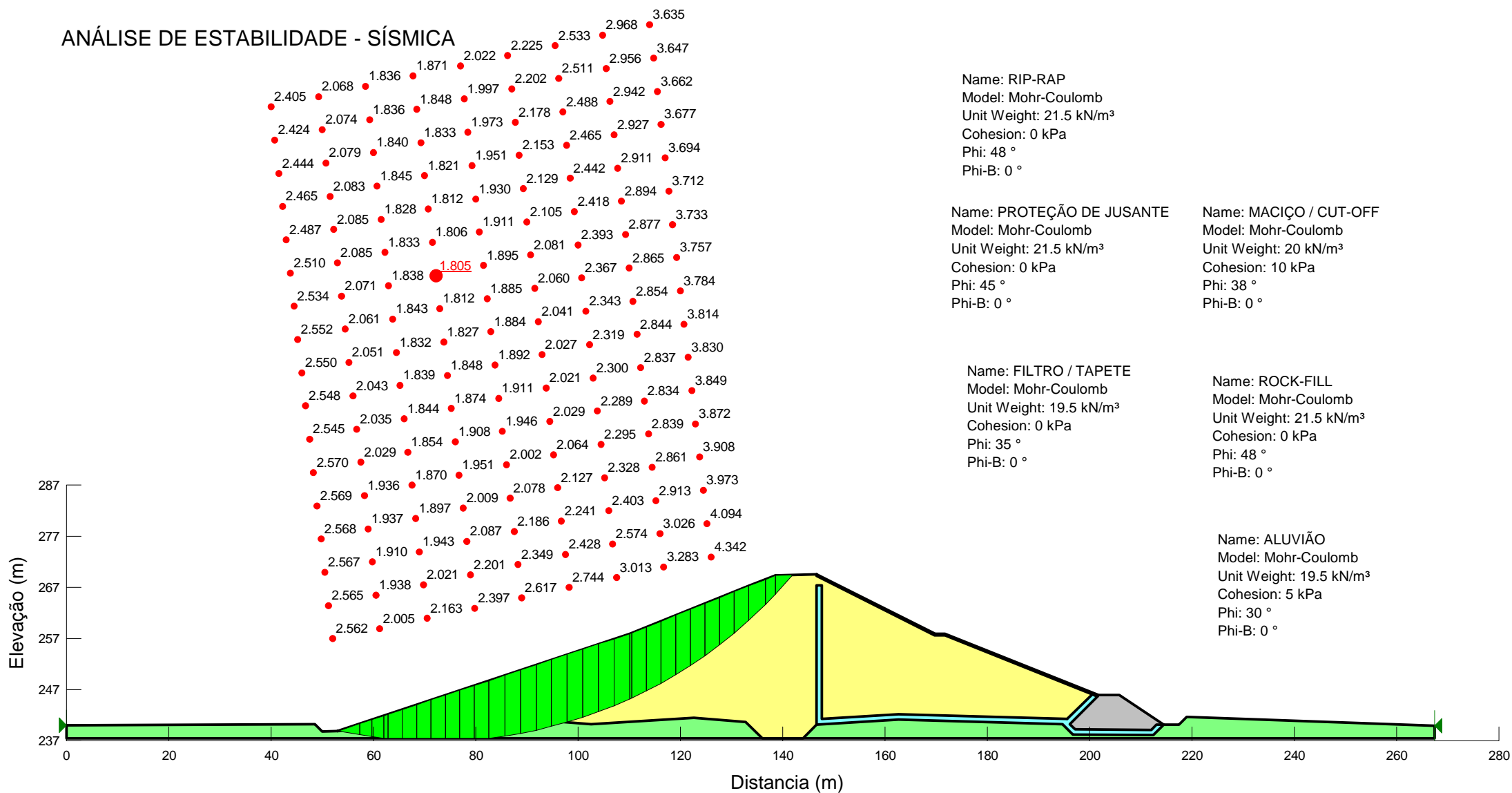
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA



HIPÓTESE - 3: FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA



HIPÓTESE - 4: FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA

Name: RIP-RAP
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °

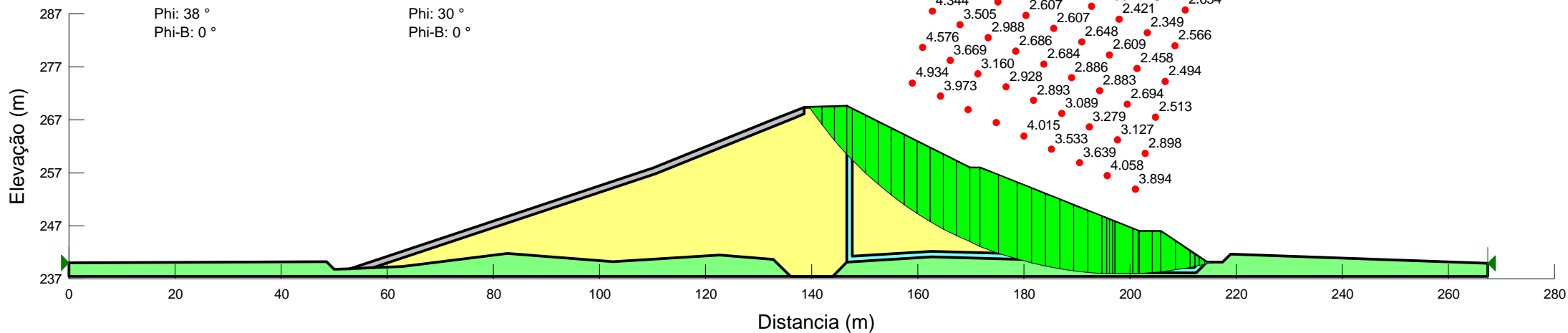
Name: FILTRO / TAPETE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: PROTEÇÃO DE JUSANTE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 45 °
Phi-B: 0 °

Name: ROCK-FILL
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °

Name: MACIÇO / CUT-OFF
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °

Name: ALUVIÃO
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °



HIPÓTESE - 5: FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE JUSANTE

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA

Name: RIP-RAP
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °

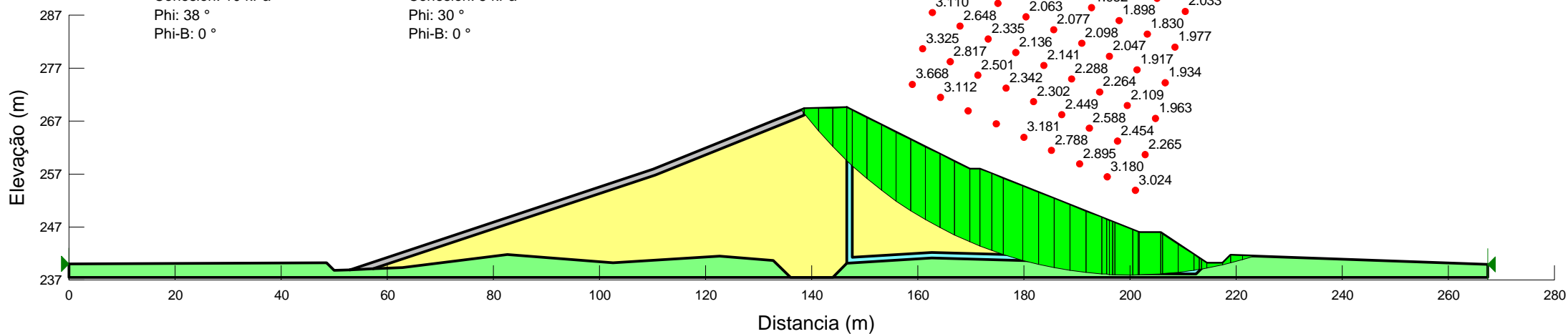
Name: FILTRO / TAPETE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: PROTEÇÃO DE JUSANTE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 45 °
Phi-B: 0 °

Name: ROCK-FILL
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °

Name: MACIÇO / CUT-OFF
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °

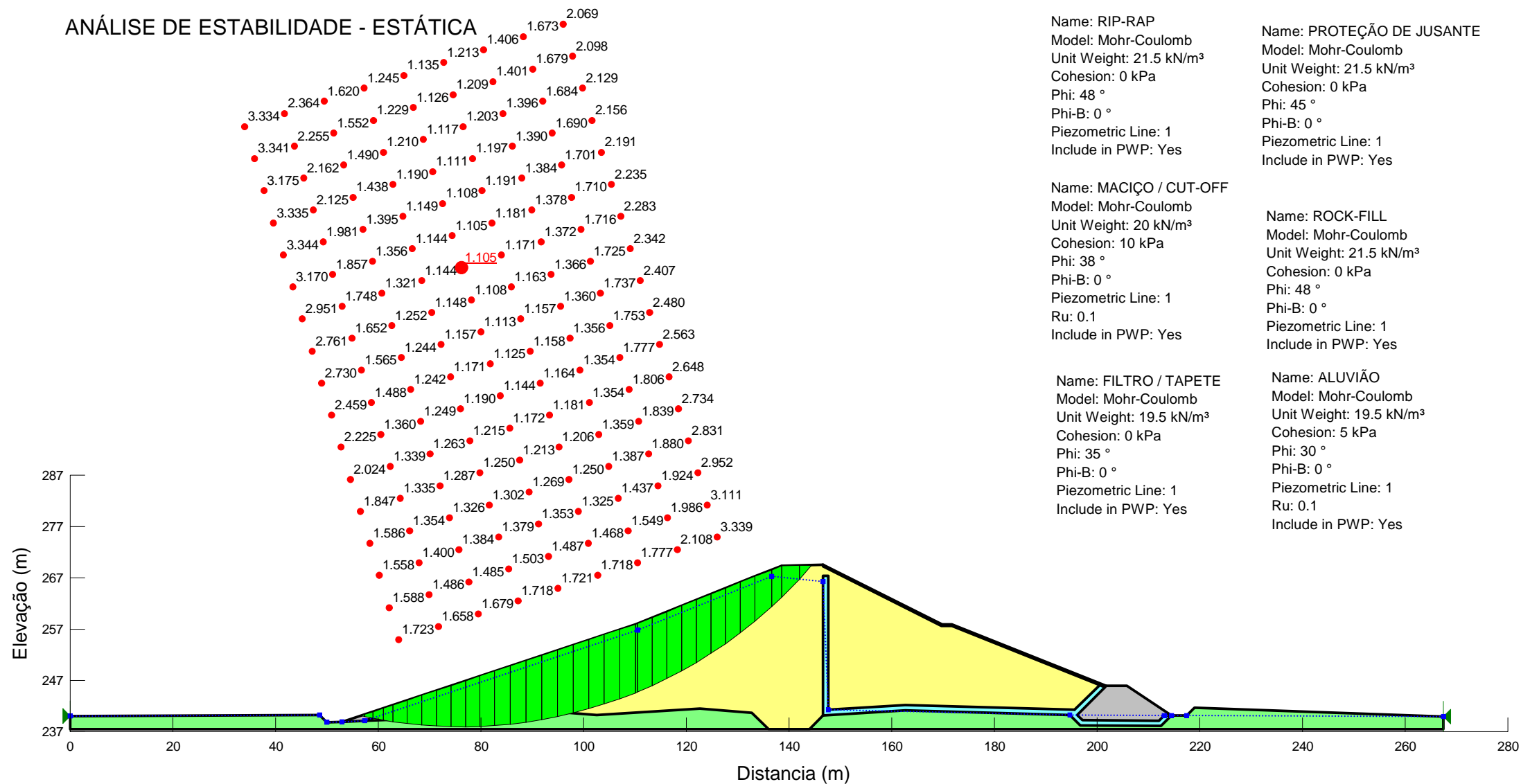
Name: ALUVIÃO
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °



HIPÓTESE - 6: FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE JUSANTE

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

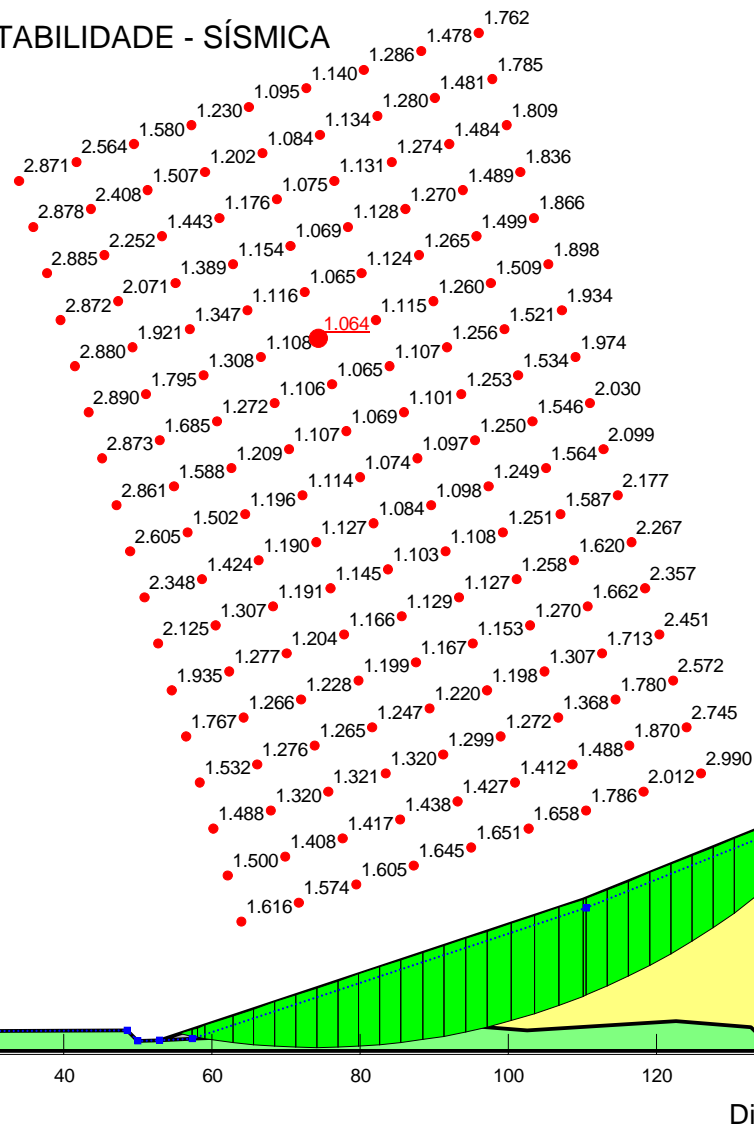
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA



HIPÓTESE - 7: ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
BARRAGEM FRONTEIRAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA



Name: RIP-RAP
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: PROTEÇÃO DE JUSANTE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 45 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: MACIÇO / CUT-OFF
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Ru: 0.1
Include in PWP: Yes

Name: ROCK-FILL
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 48 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: FILTRO / TAPETE
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Include in PWP: Yes

Name: ALUVIÃO
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1
Ru: 0.1
Include in PWP: Yes

HIPÓTESE - 8: ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE

7. PROJETO DA TOMADA D'ÁGUA

7. DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA

Vazão $Q_{90} = 5,60 \text{ m}^3/\text{s}$

- Determinação do Diâmetro do Tubo

Em primeira aproximação será considerada uma velocidade de operação $V = 2,5 \text{ m/s}$.

Tem-se:

$$Q = V \times S$$

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{5,60}{2,50} = 2,24 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 2,24}{\pi}} = 1,68 \text{ m}$$

Será adotado um diâmetro $D = 1,80 \text{ m}$.

- Determinação das Cotas de Operação

O sistema será formado por uma caixa de entrada com uma grade, uma entrada na tubulação, com transição elíptica, conforme as recomendações do “Bureau of Reclamation” uma tubulação de $\phi=1800\text{mm}$ duas curvas de $\phi=1800\text{mm}$ dois difusor concêntrico de 1800mm para 1000mm , quatro toco flange x flange duas juntas de desmontagem duas curvas de $21,50^\circ$ e duas válvula dispersora de $\phi=1000\text{mm}$.

Considerando o percurso desde a entrada até o início das curvas horizontais de $\phi=1800\text{m}$, a carga disponível nesse ponto deve ser tal que permita aduzir em cada conduto uma vazão de $2,80\text{m}^3/\text{s}$. A carga nesse ponto, chamado de bifurcação, será h_b .

A carga mínima no ponto de bifurcação h_b será:

$$h_b = \sum h_{pi}$$

Onde:

$\sum h_{pi}$ = soma das perdas de carga.

Nesse trecho, tem-se:

h_{pch} = perda em curva horizontal de $\phi=90^\circ$

h_{pred} = perda de redução gradual

h_{pjd} = perda na junta de desmontagem

h_{pvb} = perda na válvula borboleta totalmente aberta

h_{pvd} = perda na válvula dispersora totalmente aberta

h_{pcv} = perda de carga em curva vertical de $\phi=21,5^\circ$

h_{pt} = perda em tubo de $\phi=1000\text{mm}$ considerando $L = 10,00\text{m}$ e $f = 0,013$

h_{ps} = perda na saída

Δ = desnível em metro entre o ponto de saída e o eixo da galeria

$$h_{pi} = K \times \frac{V^2}{2g}$$

A vazão bifurcada será de $2,80\text{m}^3/\text{s}$.

$$K_{p_{ch}} = 0,40$$

$$K_{p_{red}} = 0,30$$

$$K_{p_{jd}} = 0,30$$

$$K_{p_{vb}} = 0,30$$

$$K_{p_{cv}} = 0,10$$

$$K_{p_{vd}} = 0,44$$

$$K_{p_T} = 0,22$$

$$K_{ps} = 1,0$$

- Determinação das Velocidades

- Diâmetro de $\phi=1000\text{mm}$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \times D} = \frac{4 \times 2,80}{\pi \times 1,0} = 3,56 \text{ m/s}$$

- Diâmetro de $\phi=1800\text{mm}$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \times D} = \frac{4 \times 2,80}{\pi \times 1,80} = 1,98 \text{ m/s}$$

- Determinação de h_B

$$h_B = 2 \times \left[\begin{array}{l} 0,40 \times \frac{1,98^2}{2 \times g} + 0,30 \times \frac{3,56^2}{2g} + 0,30 \times \frac{3,56^2}{2 \times g} + 0,30 \times \frac{3,56^2}{2 \times g} + \\ 0,10 \times \frac{3,56^2}{2 \times g} + 0,22 \times \frac{3,56^2}{2 \times g} + 1,0 \times \frac{1,78^2}{2g} + 1,0 \end{array} \right]$$

$$h_B = 3,08\text{m}$$

Adicionando 20% como segurança, tem-se:

$$h_B = 1,20 \times 3,08 \cong 3,70\text{m}$$

- Determinação da cota mínima no lago para atender à condição de h_B .

A carga acima de h_B , será:

$$H = \sum h_{p_i}$$

h_{pg} = perda de carga na grade

h_{pE} = perda de carga na entrada

h_{pT} = perda de carga na tubulação por fricção

$$K_{og} = 0,45$$

$$K_{pE} = 0,10$$

$$K_{pT} = 0,22$$

$$H = 0,45 \times \frac{V_g^2}{2g} + 0,10 \times \frac{V_E^2}{2g} + 0,22 \frac{V_T^2}{2g}$$

V_g = velocidade na grade tomada igual ao valor dentro do tubo

V_E = velocidade na entrada tomada igual ao valor dentro do tubo

$$V_g = V_E = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times 5,6}{\pi \times 1,8^2} = 2,20$$

$$H = 0,45 \times \frac{2,20^2}{2 \times g} + 0,10 \times \frac{2,20^2}{2 \times g} + 0,22 \times \frac{2,20^2}{2 \times g}$$

$$H = 0,77 \times 0,25 = 0,19$$

- A carga mínima dentro do lago será:

$$C_{Lago} = C_{eixo} + h_B + H$$

$$C_{Lago} = 245,00 + 3,70 + 0,19$$

$$C_{Lago} = 248,89m$$

A cota mínima teórica de operação da barragem é igual a 248,89m.

- Cota mínima de operação a ser adotada

Tendo em vista a preservação das espécies vivas e mesmo do consumo humano e animal que povoam a região circunvizinha ao lago. A operação, ou seja, a abertura da galeria deverá parar quando o reservatório atingir a cota 250,00m. O volume disponível nessa situação é de 26,32hm³.

8. DIMENSIONAMENTO DO TUBO DE AERAÇÃO

8. DIMENSIONAMENTO DO TUBO DE AERAÇÃO

O dimensionamento do tubo de aeração é feito em função do coeficiente aeração dado por:

$$\beta = \frac{Q_a}{Q_w}$$

Onde:

Q_a = vazão de ar no tubo

Q_w = vazão de água descarregada pela comporta

$$\beta = K(F_c - 1)^n$$

Onde:

F_c = número de Froude na veia contraída

k e n = coeficientes empíricos

O número de Froude é definido por:

$$F_c = \sqrt{\frac{2 \times H}{h_c}}$$

Onde:

h_c = altura da lâmina contraída

H = altura da coluna d'água referente ao topo de veia contraída

A vazão máxima ocorre para uma abertura de 80%.

Aplicando essa condição e os parâmetros k e n determinados por Campbell e Guyton (1953), tem-se:

$$H = 17,16\text{m}$$

$$h_c = 1,54$$

$$k = 0,04$$

$$n = 0,85$$

$$F_c = \sqrt{\frac{2 \times 17,16}{1,54}} = 4,72$$

$$\beta = 0,04 \times (4,72 - 1)^{0,85}$$

$$\beta = 0,122$$

$$\beta = \frac{Q_{ar}}{Q_w}$$

$$Q_{ar} = 0,122 \times 5,60$$

$$Q_{ar} = 0,683 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotando uma velocidade no tubo de aeração de 30m/s.

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{0,683}{30} = 0,022\text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,022}{\pi}} = 0,167\text{m}$$

Adotar $\phi=200\text{mm}$.

Tubo de aço ASTM A-36 flangeado.

9. PROJETO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO DA GALERIA DE DRENAGEM DA BARRAGEM

9. PROJETO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO DA GALERIA DE DRENAGEM DA BARRAGEM

9.1. OBJETIVO

O objetivo deste projeto, é suprir de energia elétrica, a iluminação da galeria de drenagem da barragem fronteiras.

9.2. SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A iluminação da galeria de drenagem, era como fonte de suprimento, um quadro de distribuição elétrica de força e luz para 16 circuitos, instalado na casa de comando das comportas.

9.3. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

Todos os condutores serão de cobre, têmpera mole, encordoamento classe 2, flexível, isolamento em composto termofixo de Polietileno Reticulado (XLPE), para temperatura de operação de 90°C conforme NBR 7287, isolamento 0,6/1 KV, tipo FOREX da PHELPS DODGE ou similar.

Para efeito de dimensionamento elétrico, a galeria de drenagem foi dividida em 04 trechos, sendo:

- 10 trecho, compreendido entre as estacas 610 e 740, composto por 22 luminárias incandescentes de 100W;
- 20 trecho, compreendido entre as estacas 740 e 920, composto por 31 luminárias incandescentes de 100W;
- 30 trecho, compreendido entre as estacas 360 e 610, composto por 40 luminárias incandescentes de 100W;
- 40 trecho, compreendido entre as estacas 185 e 360, composto por 29 luminárias incandescentes de 100W.

9.3.1. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 01

A distância entre o quadro de distribuição, localizado na casa de comando das comportas, e a última luminária do trecho 01 é de aproximadamente 130m. Esta interligação será feita com 2 (dois) cabos de cobre, sendo 1 (um) para fase e 1 (um) para o neutro. A maneira de instalar será a 'C' da tabela da NORMA IEC-364-5-523 eletroduto fixado direto à parede ou teto.

- Corrente a ser considerada: 22 luminárias de 100W, totalizando 2.200W

$$S = 2.200W$$

$$I = \frac{2200}{220} = 10[A]$$

Para a corrente acima referida, o cabo deverá ser de 2,5 mm², com capacidade de corrente de 27[A].

Sob o ponto de vista dos critérios de queda de tensão, onde a mesma não deve ser superior a 4%, temos:

$$\Delta V = \frac{Fc (I \times d \times 100)}{Vn}$$

Onde:

ΔV = Queda de tensão em porcentagem

FC = Fator de queda de tensão do cabo adotado em $V/A * km$

I = Corrente máxima passante pelo cabo em A

d = Comprimento do condutor em km

V = Tensão entre fases em V

$$\Delta V = \frac{0,317(10 \times 0,13 \times 100)}{220} = 0,18\%$$

Logo o dimensionamento do cabo está adequado.

OBS: O CIRCUITO CORRESPONDENTE AO TRECHO 01 É O CIRCUITO DE Nº 01.

9.3.2. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 02

A distância entre o quadro de distribuição, localizado na casa de comando das comportas, e a última luminária do trecho 02 é de aproximadamente 310m. Esta interligação será feita com 2 (dois) cabos de cobre, sendo 1 (um) para fase e 1 (um) para o neutro. A maneira de instalar será a 'C' da tabela da NORMA IEC-364-5-523 eletroduto fixado direto à parede ou teto.

- Corrente a ser considerada: 31 luminárias de 100W, totalizando 3.100W

$$S = 3.100W$$

$$I = \frac{3100}{220} = 14,1[A]$$

Para a corrente acima referida, o cabo deverá ser de 2,5 mm², com capacidade de corrente de 27[A].

Sob o ponto de vista dos critérios de queda de tensão, onde a mesma não deve ser superior a 4%, temos:

$$\Delta V = \frac{Fc (I \times d \times 100)}{Vn}$$

Onde:

ΔV = Queda de tensão em porcentagem

FC = Fator de queda de tensão do cabo adotado em $V/A * km$

I = Corrente máxima passante pelo cabo em A

d = Comprimento do condutor em km

V = Tensão entre fases em V

$$\Delta V = \frac{0,317(14,1 \times 0,31 \times 100)}{220} = 0,63\%$$

Logo o dimensionamento do cabo está adequado.

OBS: O CIRCUITO CORRESPONDENTE AO TRECHO 02 É O CIRCUITO DE Nº 02.

9.3.3. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 03

A distância entre o quadro de distribuição, localizado na casa de comando das comportas, e a última luminária do trecho 03 é de aproximadamente 250m. Esta interligação será feita com 2 (dois) cabos de cobre, sendo 1 (um) para fase e 1 (um) para o neutro. A maneira de instalar será a 'C' da tabela da NORMA IEC-364-5-523 eletroduto fixado direto à parede ou teto.

- Corrente a ser considerada: 40 luminárias de 100W, totalizando 4.000W

$$S = 4.000W$$

$$I = \frac{2200}{220} = 18,18 [A]$$

Para a corrente acima referida, o cabo deverá ser de 2,5 mm², com capacidade de corrente de 27[A].

Sob o ponto de vista dos critérios de queda de tensão, onde a mesma não deve ser superior a 4%, temos:

$$\Delta V = \frac{F_c (I \times d \times 100)}{V_n}$$

Onde:

ΔV = Queda de tensão em porcentagem

FC = Fator de queda de tensão do cabo adotado em $V/A * km$

I = Corrente máxima passante pelo cabo em A

d = Comprimento do condutor em km

V = Tensão entre fases em V

$$\Delta V = \frac{0,317(18,18 \times 0,25 \times 100)}{220} = 0,65\%$$

Logo o dimensionamento do cabo está adequado.

OBS: O CIRCUITO CORRESPONDENTE AO TRECHO 03 É O CIRCUITO DE Nº 03.

9.3.4. INTERLIGAÇÃO ENTRE O QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO E A ÚLTIMA LUMINÁRIA DO TRECHO 04

A distância entre o quadro de distribuição, localizado na casa de comando das comportas, e a última luminária do trecho 04 é de aproximadamente 425m. Esta interligação será feita com 2 (dois) cabos de cobre, sendo 1 (um) para fase e 1 (um) para o neutro. A maneira de instalar será a 'C' da tabela da NORMA IEC-364-5-523 eletroduto fixado direto à parede ou teto.

- Corrente a ser considerada: 29 luminárias de 100W, totalizando 2.900W

$$S = 2.900W$$

$$I = \frac{2900}{220} = 13,18 [A]$$

Para a corrente acima referida, o cabo deverá ser de 2,5 mm², com capacidade de corrente de 27[A].

Sob o ponto de vista dos critérios de queda de tensão, onde a mesma não deve ser superior a 4%, temos:

$$\Delta V = \frac{F_c (I \times d \times 100)}{V_n}$$

Onde:

ΔV = Queda de tensão em porcentagem

F_c = Fator de queda de tensão do cabo adotado em $V/A * km$

I = Corrente máxima passante pelo cabo em A

d = Comprimento do condutor em km

V = Tensão entre fases em V

$$\Delta V = \frac{0,317(13,18 \times 0,425 \times 100)}{220} = 0,80\%$$

Logo o dimensionamento do cabo está adequado.

OBS: O CIRCUITO CORRESPONDENTE AO TRECHO 04 É O CIRCUITO DE Nº 04.

9.4. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

Todos os eletrodutos serão de aço galvanizado pesado, com luva na extremidade, rosca BSP, fornecido em varas de 3m, fabricação CARBINOX, APOLO OU NUTSTEEL, com bitola de 1/2.

9.4.1. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS DO TRECHO 01

A distância do trecho 01 é de aproximadamente 130m.

Os eletrodutos do trecho 01, que é o pior caso, deverão comportar os condutores referentes aos trechos 01 e 02, sendo os circuitos 01 e 02 respectivamente. Neste trecho teremos 4 condutores de bitola 2,5 mm², correspondendo a uma área total de 10 mm².

Para dimensionarmos os eletrodutos, começaremos a análise pelos eletrodutos de menor bitola, ou seja, de ½”.

O diâmetro nominal interno do eletroduto de ½” é de 12,70mm, correspondendo a um raio de 6,35mm.

Então, a área interna do eletroduto, será:

$$A = \pi \times R^2$$

$$A = 3,14 \times 6,35^2$$

$$A = 126,6\text{mm}^2$$

A área interna do eletroduto é maior que a área total dos cabos, portanto, os eletrodutos de ½”, atendem à necessidade.

9.4.2. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS DOS TRECHOS 02, 03 E 04

Os eletrodutos dos trechos 02, 03 e 04 também serão de ½”.

9.5. DIMENSIONAMENTO DOS DISJUNTORES

Os disjuntores deverão ser monofásicos, termomagnéticos, com capacidade de interrupção de 5kPa.

Para o dimensionamento dos disjuntores, adotaremos o seguinte critério:

$I_n < I_d < I_z$, onde:

I_n = Corrente nominal do circuito

I_d = Corrente do disjuntor

I_z = Capacidade de corrente do cabo

9.5.1. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 01 (CIRCUITO 01)

$$I_n = 10A$$

$$I_d = 15A$$

$$I_z = 27A$$

Então teremos:

$$I_n < I_d < I_z$$

$$I_n = 10A < I_d = 15A < I_z = 27A$$

Condição satisfeita, então o disjuntos do circuito 01 será de 15A.

9.5.2. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 02 (CIRCUITO 02)

$$I_n = 14,1A$$

$$I_d = 20A$$

$$I_z = 27A$$

Então teremos:

$$I_n < I_d < I_z$$

$$I_n = 14,1A < I_d = 20A < I_z = 27A$$

Condição satisfeita, então o disjuntos do circuito 02 será de 20A.

9.5.3. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 03 (CIRCUITO 03)

$$I_n = 18,18A$$

$$I_d = 20A$$

$$I_z = 27A$$

Então teremos:

$$I_n < I_d < I_z$$

$$I_n = 18,18A < I_d = 20A < I_z = 27A$$

Condição satisfeita, então o disjuntos do circuito 03 será de 20A.

9.5.4. DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR DO TRECHO 04 (CIRCUITO 04)

$$I_n = 13,18A$$

$$I_d = 15A$$

$$I_z = 27A$$

Então teremos:

$$I_n < I_d < I_z$$

$$I_n = 13,18A < I_d = 15A < I_z = 27A$$

Condição satisfeita, então o disjuntos do circuito 04 será de 15A.

9.6. RELAÇÃO DOS MATERIAIS ELÉTRICOS APLICADOS

ITEM	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	UNID.	QUANT.
01	Quadro elétrico de força e luz para 08 circuitos, com tampa e sobre-tampa, fabricado em aço no 16 e acabamento em pintura epox em pó a base de epóxi/poliéster, na cor cinza 6,5 ref. CDG-12, FAB. INELSA ou similar	Ud.	01
02	Cabo de cobre unipolar, têmpera mole, encordoamento classe 2, isolação em composto termofixo para temperatura de operação de 90°C(XLPE), isolamento 0,6/1kV, 2,5mm ² , tipo FOREX da PHELPS DODGE (Cor preta)	m	1230
03	Cabo de cobre unipolar, têmpera mole, encordoamento classe 2, isolação em composto termofixo para temperatura de operação de 90°C(XLPE), isolamento 0,6/1kV, 2,5mm ² , tipo FOREX da PHELPS DODGE (Cor vermelha)	m	1230
04	Disjuntor termomagnético monopolar 15A	Ud.	2
05	Disjuntor termomagnético monopolar 20A	Ud.	2
06	Eletrodutos de aço galvanizado pesado, com luva na extremidade, rosca BSP, fornecido em varas de 3m, fabricação CARBINOX, APOLO OU NUTSTEEL, com bitola de 1/2.	Ud.	260
07	Luminária à prova de explosão em alumínio fundido, tipo arandela de 45°, rosca BSP de ½”, com globo em vidro temperado, soquete E-27, com lâmpada incandescente de 100W-220V	Ud.	122
08	Abraçadeira de Aço zincado tipo D para eletroduto de ½”	Ud.	520

ITEM	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	UNID.	QUANT.
09	Condulete de alumínio fundido tipo T de ½”, com rosca BSP, à prova de tempo IP-54, com tampa, FAB. TRAMONTINA, ou WETZEL	ud.	122
10	Condulete de alumínio fundido tipo C de ½”, com rosca BSP, à prova de tempo IP-54, com tampa, FAB. TRAMONTINA, ou WETZEL	Ud.	138
11	Parafuso auto-atarrachante, cabeça cilíndrica 4,8x50mm	Ud.	1100
12	Bucha nylon S-8	Ud.	1100
13	Arruela Lisa para parafuso, diâmetro 1/4”	Ud.	1100

10. CURVA CHAVE DO RIO POTY

10. CURVA CHAVE DO RIO POTY

BARRAGEM FRONTEIRAS				
CURVA CHAVE DO RIO POTY				
Declividade do Rio:		0,0001 m/m		
Número de Manning:		0,030		
COTA (m)	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO MOLHADO (m)	RAIO HIDRÁULICO (m)	VAZÃO (m ³ /s)
237,0	0,00	0,00	0,00	0,00
238,0	0,36	3,59	0,10	0,03
239,0	34,98	57,78	0,61	8,35
240,0	107,51	88,11	1,22	40,92
241,0	243,69	167,46	1,46	104,31
242,0	488,43	337,87	1,45	208,15
243,0	928,23	471,12	1,97	486,28
244,0	1.410,21	498,53	2,83	940,21
245,0	1.925,68	536,39	3,59	1.504,99
246,0	2.480,49	582,39	4,26	2.172,53
246,7	2.893,48	604,04	4,79	2.740,74
247,0	3.074,99	613,08	5,02	3.003,35
248,0	3.700,91	644,69	5,74	3.955,11
249,0	4.357,06	674,38	6,46	5.038,07
250,0	5.041,51	699,08	7,21	6.272,81
251,0	5.745,40	716,47	8,02	7.672,64
252,0	6.468,93	743,38	8,70	9.122,78

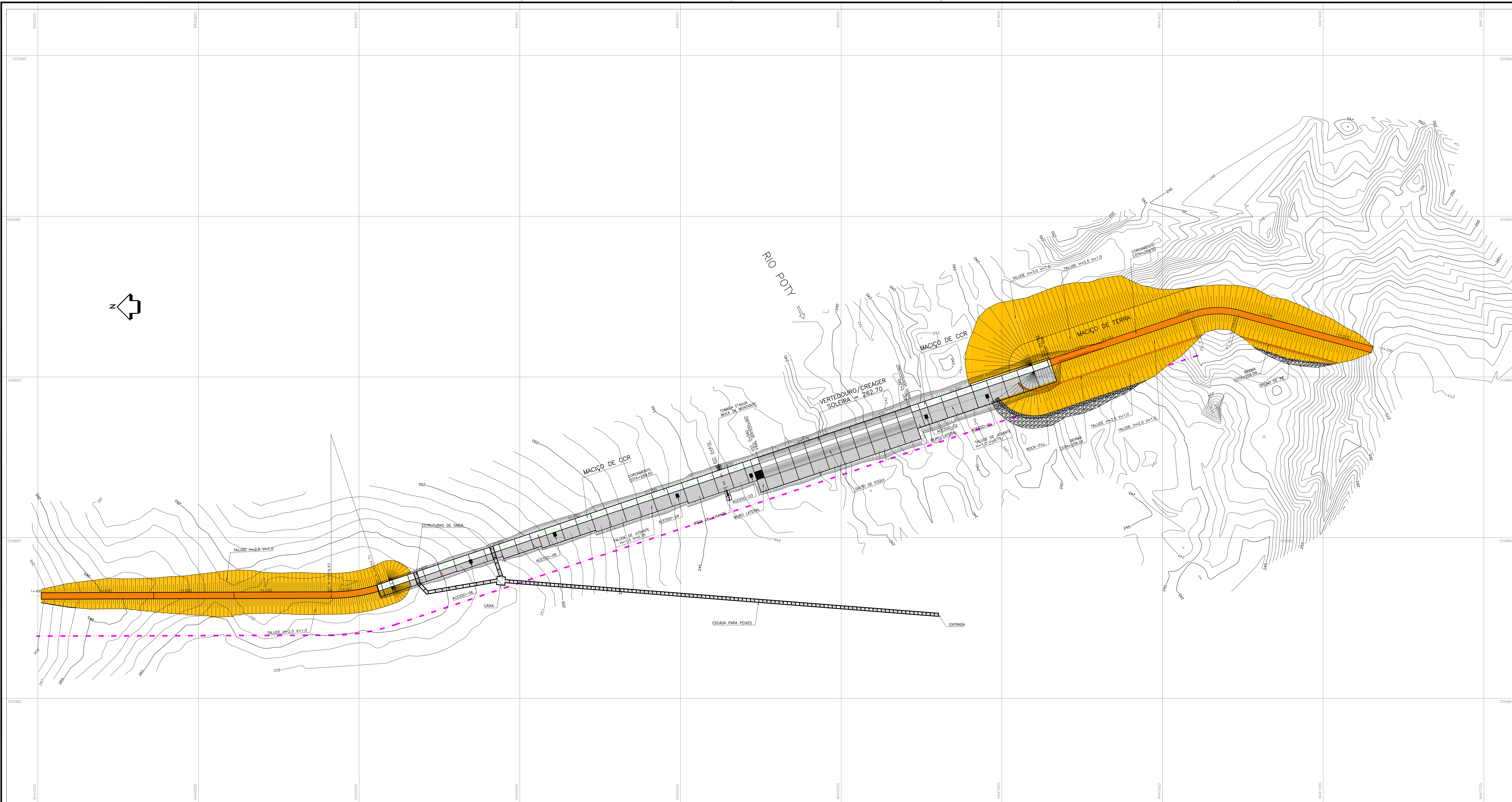
CURVA CHAVE DO RIO POTY

A curva chave do Rio Poty, mostra que para a vazão milenar de 4.259 m³/s o nível do rio imediatamente a jusante da barragem alcança a elevação 248,30 m.

O posicionamento do piso da galeria de drenagem levou em consideração o risco de inundação dessa área da barragem, com conseqüentes inconvenientes de: a) danos aos instrumentos de controle; b) impossibilidade de medir as vazões dos drenos de fundação e entre juntas; c) possibilidade de danos a rede de iluminação interna e d) dificuldade de acesso para vistoria. Por outro lado levou-se em conta a possibilidade de ganho de segurança, com a redução das sub-pressões na fundação, pelo posicionamento das saídas dos drenos em cotas mais baixas.

Buscando-se o equilíbrio entre estes dois condicionantes antagônicos, estabeleceu-se a cota de fundo da galeria de drenagem mais baixa e acessos no nível 246,70m.

Este nível de galeria é inundável para a cheia milenar (vazão de 4.259 m³/s), porém suporta uma vazão de até 2.740 m³/s, a qual corresponde a uma lamina vertente de 3,52 m.



LEGENDA

CURVAS DE NÍVEL
 EIXO DA BARRAGEM
 EIXO DA CURVA CHAVE DO RIO

NOTAS :

- 1)- MEDIDAS E ELEVAÇÕES EM METRO.
- 2)- AS ESTACAS ESTÃO NOMEADAS EM KILOMETROS
- 3)- REFERÊNCIA ALTIMÉTRICA REFERENTE IBGE (DATUM VERTICAL: IMBITUBA-SO)
- 4)- REFERÊNCIA PLANIMÉTRICA REFERENTE IBGE (DATUM HORIZONTAL: SAD-69)

DESENHOS DE REFERÊNCIA :

REVISÕES

Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO
00	EMISSION INICIAL	NOV/08	
01	REVISÃO CONFORME SOLICITAÇÃO NA ANÁLISE	JUN/08	
02	REVISÃO CONFORME SOLICITAÇÃO NA ANÁLISE	DEZ/11	

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS
INSTITUTO DE ESTUDOS, PESQUISAS E PROJETOS DA UECE - IEPRO

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO E ADEQUAÇÃO DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL E DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DA BARRAGEM FRONTEIRAS NO MUNICÍPIO DE CRATEUS, NO ESTADO DO CEARÁ

PROJETO EXECUTIVO LOCALIZAÇÃO DO EIXO DA CURVA CHAVE DO RIO POTY

Responsável Técnico: -	Desenho Nº: 01/01	Estudos e Projeto:
Engenheiro: -	Escala: 1:2000	
Arquivo: LOCAL_SECAO_DA_CURVA.DWG	Data: MAR./2012	



ENGESOFT – Engenharia e Consultoria
Av. Pe. Antônio Tomás, 2420 – 10º Andar – Aldeota – CEP 60140-160
PABX (85) 3133-4900 – Fax: (85) 3268-1972
Fortaleza – Ceará – Brasil