

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

**ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS BÁSICO
DA BARRAGEM CHORÓ EM BEBERIBE**

VOLUME III - RELATÓRIO GERAL

TOMO II - Memorial de Cálculo

TSA
PROJETO DE ENGENHARIA LTDA

FORTALEZA- CE
Março de 1999

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM CHORÓ, EM BEBERIBE-CE

VOLUME III - RELATÓRIO GERAL TOMO II - MEMORIAL DE CÁLCULO

Lote 00710 - Prep () Scan () Index ()
Projeto Nº 0075103/021B
Volume 1
Qtd A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd A2 _____ Qtd A1 _____
Qtd A0 _____ Outros _____

GOVERNO DO ESTADO

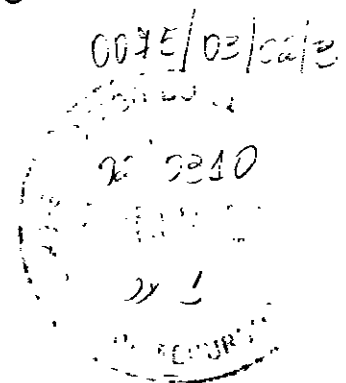


GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM CHORÓ, EM BEBERIBE-CE

VOLUME III - RELATÓRIO GERAL
TOMO II - MEMORIAL DE CÁLCULO



APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A **TSA** - Projetos de Engenharia Ltda, em cumprimento ao Contrato nº 01/99 firmado entre a referida empresa e a SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos, apresenta o relatório dos Estudos Geológicos e Geotécnicos do Projeto Básico da Barragem Choro

O projeto básico é composto pelos seguintes documentos:

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 - Especificações Técnicas e Orçamento

TOMO IV - Desenhos

TOMO V - Relatório Síntese

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

SUMÁRIO

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	2
1 – GEOMETRIA DO MACIÇO	6
1.1 - COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO (CS)	7
1.2 - CALCULO DA LÂMINA DE SANGRIA (HS)	7
1.3 - CALCULO DA FOLGA (F)	7
1.4 - COTA DO COROAMENTO (CC)	8
1.5 - LARGURA DO COROAMENTO (B)	8
2 – RIP-RAP	9
3 – SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA	12
4 – VERIFICAÇÃO DOS RECALQUES POR ADENSAMENTO	15
5 - CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO TAPETE IMPERMEÁVEL DE MONTANTE.	19
6 – CÁLCULO DOS FILTROS E TRANSIÇÕES	21
7 – CÁLCULO DA ESTABILIDADE DO PERFIL VERTEDOURO	24
8 – DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA	26
9 – ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM	28
9.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	29
9.2 - CONDIÇÕES DE SOLICITAÇÃO	29
9.3 - METODOLOGIA E CRITERIOS DE ANALISE	30
9.4 – ESCOLHA DA SEÇÃO DA BARRAGEM PARA ANALISE DE ESTABILIDADE	31
9.4.1 - Parâmetros Geotécnicos de Análise	31
9.4.2 - Resultados	35
10 – VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NAS TÁBUAS	62

1 – GEOMETRIA DO MACIÇO

1 - GEOMETRIA DO MACIÇO

1.1 - COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO (CS)

A partir da curva cota - volume encontra-se para volume = capacidade do reservatório 3 421 129,21 m³, a cota 8,00

$$CS = 8,00$$

1.2 - CÁLCULO DA LÂMINA DE SANGRIA (HS)

A cheia máxima foi calculada no Relatório dos Estudos Hidrológicos

Os resultados obtidos foram

$$\begin{aligned} TR = 1000 & \quad Q_{1000} = 3\,154.6 \text{ m}^3/\text{s} \\ TR = 10000 & \quad Q_{10000} = 4\,282.6 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$H_s = \left(\frac{QS}{L \cdot C_d} \right)^{2,3}$$

$$C_d = 2,00 \text{ (Canal natural escavado)}$$

$$L = \text{largura do sangradouro} = 500 \text{ m (440m + 260m)}$$

TR	QS (m ³ /s)	L (m)	CD	HS (m)	Cota da lâmina da Sangria
1000	3 154.60	500,00	2.00	2,30	10,30
10000	4 282.60	500,00	2.00	2,63	10,63

1.3 - CÁLCULO DA FOLGA (F)

$$f = 1.02 + 0.0232 F - 0.0825 F^{3/4} + 0.8348 F^{1/2} - 0.4659 F^{1/4}$$

onde F é o fetch da barragem

para $F = 3,0$ km

$f = 1,37$ m

1.4 - COTA DO COROAMENTO (CC)

A cota do coroamento foi obtida considerando-se o efeito do provável adensamento do solo de fundação no trecho central da barragem (est. 35A a 71), calculado em $0,16$ m (ΔH)

Assim, a cota do coroamento será

$$C_c = C_s + f + H_s + \Delta H$$

logo

$$C_c = 8,00 + 1,37 + 2,30 + 0,16 = 11,53$$

Adotou-se $C_c = 11,50$

- Verificação para cheia decamilenar (com folga nula)

$$N_a(\text{TR}=10\,000) = C_s + H_s$$

$$N_a(\text{TR}=10\,000) = 8,00 + 2,63 = 10,63$$

$$\text{Folga} = C_c - N_a(\text{TR}=10\,000) = 11,50 - 10,63 = 0,87 \text{ m}$$

1.5 - LARGURA DO COROAMENTO (B)

pela fórmula de Preece

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

onde H_b = altura máxima da barragem (m) = $11,50 - 4,00 = 7,50$ m

$$b = 3,91 \text{ m}$$

Adotou-se $b = 4,00$ m

2 – RIP-RAP

000011

2 - RIP-RAP

- Cálculo da altura da onda (h)

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

onde $F = 3,0 \text{ Km}$

$$h = 0,75 + 0,34 \sqrt{3,0} - 0,26 \sqrt[3]{3,0} = 1,00\text{m}$$

- Cálculo da velocidade da onda (V_0)

$$V_0 = 1,5 + 2h$$

$$V_0 = 1,5 + 2 \times 1,00 = 3,50\text{m/s}$$

Considerando a fórmula

$$e = CV_0^2 \quad (1)$$

onde

e = espessura do rip-rap (m)

C = coeficiente, função da inclinação do talude e do peso específico da rocha = 0,031

V_0 = velocidade das ondas (m/s) = 3,50 m/s

De (1), resulta $e = 0,40$.

Adotaremos, com base na Bibliografia (Ver P T Cruz, 100 Barragens Brasileiras, pág 539) para $h = 1,00\text{m}$

resulta,

$D_{\text{máx}} = 50 \text{ a } 60\text{cm}$,

Adotaremos $D_{\text{máx}} = 60\text{cm}$,

A espessura e mínima do rip-rap (medida na perpendicular ao Talude) deve ser igual ao $D_{m\acute{a}x}$ para permitir a acomodação dos blocos de maior diâmetro. adotaremos

$$e = 0,60 \text{ m}$$

A espessura da transição (e_t), será de

$$e_t = \frac{e}{2} = 0,30 \text{ m}$$

3 – SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

3 - SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

3.1 - LINHA FREÁTICA

- Rede de fluxo - Cálculo da Descarga

- Anisotropia

$K_v = 8,3 \times 10^{-7}$ cm/s (JT 1) – Volume 2 – Tomo IIB

$K_h = 9K_v = 7,5 \times 10^{-6}$ cm/s

$$X_t = x \sqrt{\frac{K_v}{K_h}} = \frac{x}{3}$$

$H = 5,44$ m

$b' = 7,4$ m

$L = 13,50$ m

$B' = b' + 0,3L = 7,4 + 0,3 \times 13,50 = 11,45$

$$Y_0 = \sqrt{\left(\frac{B}{3}\right)^2 + H^2} - \frac{B}{3}$$

$$Y_0 = \sqrt{\left(\frac{11,45}{3}\right)^2 + (5,44)^2} - \frac{11,45}{3} = 2,83m$$

mas, $Y = \sqrt{Y_0^2 + 2 Y_0 X_t}$. logo

$$Y = \sqrt{8 + 5,66 X_t}$$

- Coordenadas da linha freática (Parábola de Kozeny)

X_t	y	$X = 3 X_t$
0	2,83	0
1	3,70	3
2	4,40	6
3	4,99	9
3,817	5,40	11,45

4 – VERIFICAÇÃO DOS RECALQUES POR ADENSAMENTO

4 - VERIFICAÇÃO DOS RECALQUES POR ADENSAMENTO

A) Cálculo do Recalque total por adensamento (ΔH)

a 1) Tensão de pré-adensamento (σ'_{vm})

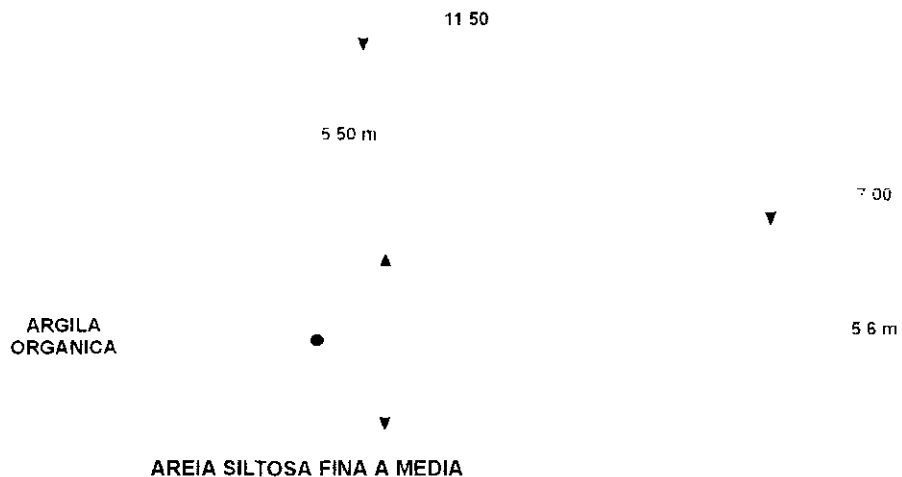
Com base nos três ensaios de adensamento realizados nas amostras indeformadas das estacas 33, 39 e 45 (Volume II – Tomo IIB), obtiveram-se as tensões de pré-adensamento pelo Metodo Pacheco Silva na faixa de $1,2 \text{ Kg/cm}^2 = 12 \text{ t/m}^2$

a 2) Cálculo da sobrecarga do aterro

No trecho da argila siltosa com matéria orgânica (trecho entre as estacas 34A e 13A) a espessura máxima da camada é de 5,6m e a altura do aterro (estaca 24A) será de 5m

Cálculo da sobrecarga do aterro ($\Delta\sigma$)

$$\Delta\sigma = 2,11 \text{ t/m}^3 \times 4,50\text{m} = 9.50 \text{ t/m}^2$$



a 3) Cálculo da tensão vertical efetiva inicial (σ'_{vo})

$$\sigma'_{vo} = \gamma_{sat} \frac{h}{2} = 1.0 \text{ t/m}^3 \times \frac{5.6}{2} \text{ m} = 3.8 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{sat} = 2.0 \text{ t/m}^3 \Rightarrow \gamma_{sub} = 1.0 \text{ t/m}^3$$

a 4) Cálculo da tensão efetiva final (σ'_{vf})

$$\sigma'_{vf} = \sigma'_{vm} + \Delta\sigma = 3,8t/m^2 + 9,50t/m^2 = 13,30t/m^2$$

a 5) Cálculo do recalque total por adensamento (ΔH)

Como $\sigma'_{vo} < \sigma'_{vm}$, ou seja $3,8t/m^2 < 12 t/m^2$ a argila é pré-adensada, logo

$$\Delta H = \frac{H}{1+e_0} \left(C_s \log \frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_{vo}} + C_c \log \frac{\sigma'_{vf}}{\sigma'_{vm}} \right)$$

Determinação do C_c , C_s e e_0

Amostra	C_c	C_s	e_0
45	$0,57-0,39 = 0,18$	$0,45-0,41 = 0,040$	0,506
39	$0,48-0,38 = 0,10$	$0,415-0,390 = 0,025$	0,493
33	$0,47-0,325 = 0,145$	$0,372-0,335 = 0,037$	0,473
Adotado	0,18	0,040	0,473

logo

$$\Delta H = \frac{5,6}{1+0,473} \left(0,040 \log \frac{12,0}{3,80} + 0,18 \log \frac{13,30}{12,0} \right)$$

$$\Delta H = \frac{5,6}{1,473} \times 0,028 = 0,107m$$

B) Variação dos recalques com o tempo

Determinação do c_v para a pressão vertical final $13,30 t/m^2 = 1,33 kg/cm^2$

Amostra	c_v (t=50) (m ² /ano)
45	16,71
39	15,45
33	15,46
Adotado	15,87

Adensamento da Camada (%)	Tempo (mês)	Tempo (mês)	Recalque (m)
	Dupla Drenagem	Drenagem Simples (inferior)	
10	0,05	0,20	0,011
20	0,19	0,76	0,022
30	0,42	1,68	0,033
40	0,75	3,00	0,044
50	1,16	4,64	0,055
60	1,70	6,80	0,066
70	2,40	9,60	0,077
80	3,37	13,48	0,088
90	5,04	20,16	0,099
99,99%	-	-	0,110

Onde

$$t = \frac{T_v H d^2}{c_v}$$

$$Hd = \frac{H}{2} = \frac{5,6}{2} = 2,8m$$

5 - CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO TAPETE IMPERMEÁVEL DE MONTANTE

000021

5 - CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO TAPETE IMPERMEÁVEL DE MONTANTE

- Vazão pela Fundação

Para solução em tapetes de montante $L = 20$ m, temos

$$q_i = K_s \frac{HW_{m\acute{a}x}}{L + L_s} x h_s$$

$$q_i = 10^{-4} m^3/s x \frac{(10,63 - 6,32)}{20 + 12,36} x 8,0m = 1 x 10^{-2} m^3/s m$$

$$H = 11,50 - 6,32 = 5,18$$

$$i = \frac{HW_{m\acute{a}x}}{2H - 4,0} = \frac{10,63 - 6,32}{2 x 5,18 + 3,0} = \frac{4,31}{13,36} \text{ tem-se.}$$

$$i = 0,32$$

No caso de fundação em areia é recomendável que o gradiente médio (i) fique entre 0,10 e 0,15 (P T da Cruz no Relatório da 5ª Reunião do PISB, pág 21). para tanto, será necessário colocar um tapete à montante com comprimento L_T , para $i = 0,125$

$$0,125 = \frac{4,31}{2 x 5,18 + 3,0 + L_s} = \frac{4,31}{13,36 + L_s}$$

$$L_s = \frac{4,31}{0,125} - 13,36 = 21,12m$$

Adotaremos $L_T = 20m$

6 – CÁLCULO DOS FILTROS E TRANSIÇÕES

6 – CÁLCULO DOS FILTROS E TRANSIÇÕES

Analisou-se o material para os filtros e transições através dos critérios adotados pelo *U S Bureau of Reclamation* (critérios de Terzaghi)

Os materiais de construção apresentam as seguintes características

		D 10(mm)	D 15(mm)	D 60(mm)	D 85(mm)	%PASS 200
SOLO	JT 01		< 0,08	0,18	0,75	45
	JT 02		< 0,08	0,203	0,85	32
AREIA		0,20	0,22	0,90	1,7	
TRANSIÇÃO GROSSA (BRITA)		4,0	5,0	50	150	

Segundo os critérios de Terzaghi

$$a) \frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{15}(\text{base})} = 5 a 40$$

$$b) \frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{85}(\text{base})} \leq 5$$

c) A curva granulométrica do filtro deve ser aproximadamente paralela a do material de base

$$d) \text{Coeficiente de uniformidade } \frac{D_{60}(\text{filtro})}{D_{10}(\text{base})} \leq 20$$

Areia-Solo (JT 01)

$$a) \frac{D_{15}(\text{areia})}{D_{15}(\text{solo})} = \frac{0,22}{< 0,08} = (> 2,75)$$

$$b) \frac{D_{15}(\text{areia})}{D_{85}(\text{solo})} = \frac{0,22}{0,75} = 0,30$$

Areia-Solo (JT 02)

$$\text{a) } \frac{D_{15}(\text{areia})}{D_{15}(\text{solo})} = \frac{0.22}{< 0.001} = (> 220)$$

$$\text{b) } \frac{D_{15}(\text{areia})}{D_{85}(\text{solo})} = \frac{0.22}{0.85} = 0.26$$

Brita Areia

$$\text{a) } \frac{D_{15}(\text{brita})}{D_{15}(\text{areia})} = \frac{5.0}{0.22} = 22.7$$

$$\text{b) } \frac{D_{15}(\text{brita})}{D_{85}(\text{areia})} = \frac{5.0}{1.7} = 2.94$$

Brita

$$\frac{D_{60}(\text{brita})}{D_{10}(\text{brita})} = \frac{5.0}{4.0} = 12.5$$

Areia

$$\frac{D_{60}(\text{brita})}{D_{10}(\text{brita})} = \frac{1.24}{0.32} = 3.88$$

Como se pode observar o critério (a) não foi satisfeito para o contato maciço – filtro (areia) da JT 02, mas foram atendidos para a transição areia-brita. O critério de uniformidade (d) foi satisfeito para a areia e brita

7 – CÁLCULO DA ESTABILIDADE DO PERFIL VERTEDOURO

AZEDE CHORÓ

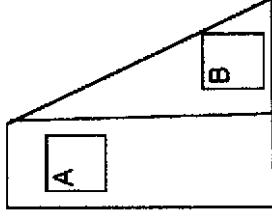
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DO MURO VERTEDEIRO

Carga: MaxMax

DADOS:

LARGURA DO VERTEDEIRO=		500 m
Hsangria	2,4 m	Cota NA max= 8,40
Cota da Soleira=	6,00	Cc= 11,50
CTN=	2,95	
CTR=	2,95	
Cbase Muro=	0,95	
H muro	5,05 m	
H terreno	0,00 m	
Hw	7,45 m	
c=	0	
gamma sat	18 kN/m ³	
gamma muro	22 kN/m ³	
φ	30	ka= 0,333
Ew=	277,51 kN/m	
Ea=	0,00 kN/m	

Momento de Tombarmento= 689,16 kNm/m



Momento resistente:

Setor	Topo	Base	altura	Area (m ²)	Gama	Peso (kN/Braço)	Momento
A	1,50	1,50	5,05	7,58	22	167	3,75
B	0	3	5,05	7,58	22	167	2
Peso da água	1,5		1,20	1,80	10	18	0,75
						351	Mr=
							958 kN.m/m

Coefficiente de Segurança ao Tombarmento=

Mr/Mt= 1,39 = 1,5 Ok!

8 – DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA

8 – DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela fórmula

$$D = \sqrt[3]{\frac{4Q}{\pi}}$$

Onde

Q = descarga regularizada = 0,110 m³/s

Logo

D = 0,375 m

Diâmetro adotado 400 mm

Velocidade do escoamento

V = Q/a = 1,54 m/s

O número de Reynolds vem a ser

Re = (v*D)/ ν = 7,72E+05

pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor f = 0,0136

a perda por atrito é calculada pela expressão

hf = f(l*V²)/(2g*D) = 0.07 m

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

Ke = 5.50 entrada normal de tubulação

Kr = 2 x 0.25 registro (2 válvulas abertas)

Ks = 1 saída da tubulação

Perda acidental total sera

ha = (Ke+2Kr+Ks) (V²/2g) = 0.242 m

e a perda total será 0.304 m

Cota da soleira da caixa de montante = 5

O nível mínimo operacional será 5.304

9 – ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM

9 - ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM

9.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta análise foi elaborada a partir de parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) obtidos com base em dois Ensaios Triaxiais CU_{sat} executados em amostras compactadas das Jazidas JT 1 e JT 2. Os parâmetros de resistência do solo de fundação foram obtidos a partir de ensaio triaxial CU_{sat} e Cisalhamento Direto em amostras indeformadas coletados no furo da sondagem SPP-2 Estaca-45, tais resultados estão apresentados no VOLUME II - TOMO IIB

9.2 - CONDIÇÕES DE SOLICITAÇÃO

As condições de solicitação analisadas foram as seguintes

- 1 Final de Construção,
- 2 Reservatório Cheio (cota 10.30) TR = 1 000 anos,
- 3 Rebaixamento Rápido até a cota 5,40
- 4 Ocorrência de Abalo Sísmico com o reservatório cheio

Obs Para garantir a operacionalidade do programa XSTABL, as cotas foram acrescentadas em 100m, ou seja, a cota 105,40 equivale no campo a 5,40m

A condição de Final de Construção representa a situação em que o aterro compactado apresenta níveis finais de terraplenagem, com pressões neutras geradas durante a construção ainda não dissipadas, sendo estimadas nas análises por parâmetros de pressão neutra r_u . Nas análises realizadas foi adotado um valor de r_u constante é igual a 0,30. Foi suposto também nesta condição de solicitação que o nível d'água estivesse coincidente com a superfície do terreno (cota 6.40). Foram analisadas nesta condição os taludes de montante e de jusante.

A condição de Reservatório Cheio considera que as pressões neutras atuantes no aterro compactado são provenientes do estabelecimento do fluxo em

regime permanente pela seção. Para esta condição somente foi analisada o talude de jusante, devido a ação estabilizante da pressão externa exercida pela água no talude de montante.

A condição de Rebaixamento Rápido pretende retratar a situação em que o nível d'água do reservatório depleciona enquanto que o nível piezométrico no interior da seção não rebaixa com igual velocidade, sendo admitida para esta situação o mesmo regime de fluxo da condição de regime de operação. Nesta condição, a retirada da pressão externa exercida pela água no talude e a manutenção de níveis piezométricos parcialmente drenados no maciço levam a uma redução do Fator de Segurança (F S). Foi suposto nas análises que o rebaixamento realizava-se instantaneamente, considerando-se que a superfície freática se mantinha na pressão imediatamente anterior ao rebaixamento se processar.

9.3 - METODOLOGIA E CRITÉRIOS DE ANÁLISE

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

As superfícies potenciais de ruptura correlacionadas às superfícies que apresentaram o menor F S foram determinadas a partir da pesquisa automática processada por computador pelo programa XSTABL (*University of British Columbia, Canadá*).

As pressões neutras consideradas nas análises de estabilidade de Rebaixamento Rápido e Regime de Operação foram obtidas a partir de redes de fluxo previamente desenhadas.

Foram considerados como fatores de segurança admissíveis os a seguir descritos.

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	F.S. ADMISSÍVEL
Final de construção	1,30
Reservatório Cheio	1,50
Reservatório Cheio com Abalo Sísmico	1,10
Rebaixamento rápido	1,10

9.4 – ESCOLHA DA SEÇÃO DA BARRAGEM PARA ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Foi escolhida para os estudos de estabilidade a seção da Estaca 24A, que apresenta na fundação uma camada de argila siltosa com matéria orgânica, cinza escura, com espessura máxima de 5,5m e SPT médio = 6, subjacente a esta existe uma camada de areia siltosa fina a média e grossa a grandes profundidades, também SPT médio =6

A altura máxima da seção admitida nas análises foi de 7,40m possuindo a crista 4,0 m de largura e posicionada na cota 11.50m no trecho central (entre os sangradouros). Os taludes de montante e jusante apresentam inclinação 1V 2.0H e presença de "trincheira drenante" de brita no pé do talude de jusante

9.4.1 - Parâmetros Geotécnicos de Análise

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises, estão apresentados no quadro 1

QUADRO 1
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL	c' kPa	ϕ'	γ_{nat} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	r_u
Aterro compactado	14	31°	19	20	0.20
Filtro de Areia	0	30°	17	20	-
Trincheira de Brita	0	33	20	20	
Argila siltosa	17	22	16	19	
Areia siltosa fina a média	0	28	16	19	

a) Aterro Compactado

Os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito efetivos) foram obtidos com base em dois Ensaio Triaxiais CU_{SAT} executados pela Universidade Federal do Ceará (UFC) em amostras compactadas das Jazidas JT 1 (Furo 9) e JT 2 (Furo 5), cujos resultados estão resumidos abaixo

QUADRO 2
ENSAIOS TRIAXIAIS CU_{SAT}

AMOSTRA	c' (kPa)	ϕ'
JT 1 (Furo 9)	16	31.9°
JT 2 (Furo 5)	14	31°

Como deverão ser utilizados os materiais das duas jazidas (que apresentaram solos com características muito próximas) utilizou-se nas análises os parâmetros da amostra da JT 02, mais conservativos

No VOLUME II - TOMO IIB - Estudos Básicos Geológicos-Geotécnicos Complementares - estão apresentados os resultados completos destes dois ensaios e os resultados de caracterização das Jazidas

b) Solos de Fundação (Aluvião)

Os parâmetros de coesão e ângulo de atrito dos solos de fundação aluvionar foram obtidos com base na avaliação dos ensaios Especiais do tipo Triaxial e Cisalhamento Direto realizados em amostras indeformadas, nos resultados do SPT e consulta bibliográfica adequada

b 1) Argila siltosa

Os parâmetros de coesão e ângulo de atrito dos solos de fundação aluvionar foram obtidos com base na avaliação dos ensaios Triaxial e Cisalhamento

Direto realizados na amostra da sondagem SSP-2 (Estaca 45), dos resultados do SPT e consulta bibliográfica adequada

O quadro 3 abaixo apresenta os resultados dos ensaios realizados em amostras do tipo indeformada na sondagem SSP-2 na Estaca 45

QUADRO 3
ENSAIOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO - Furo SSP-2 (Estaca 45)

ENSAIO	c' (kPa)	ϕ'
TRIAXIAIS CU_{SAT}	58	21°
CISALHAMENTO DIRETO	17	$22,6^\circ$

Adotou-se nas análises $c'=17$ kPa e $\phi'=22^\circ$

b 2) Areia Fina a Média

Dados

SPT médio = 7,

Altura de aterro = 5 m,

Profundidade do nível água = 2,0 metros

i) Cálculo da pressão vertical efetiva (p_v')

$$p_v' = 5.0 \times 19 \text{ kN/m}^3 + 2.0\text{m} \times 19\text{kN/m}^3 + 2.0 \times 9 \text{ kN/m}^2 = 151 \text{ kPa}$$

ii) Cálculo da Densidade Relativa da areia (Dr)

Com base na figura 1 proposta por Gibbs e Holtz (1967)¹¹, *apud* Velloso e Lopes (1996)^{2/} entrando-se com

$$p_v' = 151 \text{ kPa} \text{ e SPT} = 7. \text{ obtém-se } Dr = 45\% \text{ (areia fina)}$$

iii) Cálculo do ângulo de atrito da Areia (ϕ')

III 1) MEYERHOF ^{3/}(1956) sugeriu para areias com mais de 5% de finos
 $\phi = 25^\circ + 15 D_r = 25^\circ + 15 \times 0,45 = 31,8^\circ$

III 2) VICTOR DE MELLO ^{4/} (1971) indica

$$t_g \phi = \frac{0,712}{1,49 - D_r} = \frac{0,712}{1,49 - 0,45} = 0,685 \quad \Leftrightarrow \phi = 34,4^\circ$$

Com base nos resultados acima, e considerando-se que se trata de uma areia com finos adotou-se nas análises de estabilidade um ângulo de atrito para o aluvião de 28° ($\phi' = 28^\circ$)

c) Drenos de Areia e Trincheira de Brita

Os parâmetros de resistência do dreno de areia e "Rock-fill" foram estimados com base na experiência do projetista

- Determinação do Coeficiente de Sismicidade

Tendo em vista a não disponibilidade de dados experimentais relativos à região onde será construída a Barragem Choró, recorreu-se aos registros históricos de abalos sísmicos publicados pelo DNOCS em 1990. De acordo com estes registros, o máximo tremor de terra já registrado no Nordeste brasileiro ocorreu em Pacajús-Ce, em 1980, quando foi observado nessa cidade um abalo sísmico de intensidade 7 (Mercalli) e magnitude 5,2 (Richter)

1/ GIBBS e HOLTZ (1957) "Research on determining the density of Sands by the spoon penetration test" Proceedings 4th ICSMFE, London vol 1 pp 35-39

2/ VELLOSO E LOPES F R (1996) "Fundações - Critérios de Projeto. Investigação do Subsolo. Fundações Superficiais" COPPE-UFRJ

3/ MEYERHOF, G G (1956) - "Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils" - Journal ASCE - SMI

4/ MELLO, V F B (1971) - "The Standard Penetration Test" - Procc 4th Pana Conf on Soil Mec and Found Eng

Na tabela elaborada por Sherard *et al* (1963, *apud* Singh e Varshney, 1995) pode ser observado que um tremor de terra de intensidade 7 (Mercalli) pode dar origem a uma aceleração de campo de até 0,1g, aproximadamente. Vale ressaltar que Seed *et al* (1978 *apud* Singh e Varshney, 1995) firmam que, em geral, barragens “bem construídas” não sofrem quaisquer danos mais significativos ao serem submetidas a acelerações de pico de até 0,2g

De acordo com o *U S Army of Engineers (Misc Paper GL-94-13, apud XSTABL User's Manual)* o coeficiente de sismicidade a ser utilizado nos cálculos de estabilidade com abordagem pseudo-dinâmica pode ser estimado como sendo igual a aproximadamente 50% da aceleração de campo induzida por terremoto. Dessa forma, poderia ser adotado, para a Barragem Faé $\alpha=0.05$

Por outro lado, Singh e Varshney (1995) destacam que, em alguns países (e.g., EUA), são frequentemente utilizados, em projetos de barragens, coeficientes de sismicidade empíricos variando entre 0,05 e 0,15

Foi adotado, neste trabalho, $\alpha=0,10$

9.4.2 - Resultados

O quadro 4 apresenta os resultados das análises de estabilidade, para as condições de solicitações consideradas. Os valores de F S apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir de pesquisa de superfícies potenciais de rupturas circulares

QUADRO 4**F.S.'s CRÍTICOS OBTIDOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE**

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	ARQUIVO	FATOR DE SEGURANÇA
Final de Construção	Montante	CHOFCM6	2.239
	Jusante	CHOFCJ3	1.535
Reservatório Cheio	Jusante	CHORCJ5	1,980
Reservatório Cheio com abalo sísmico (*)	Jusante	CHORCJ6	1,509
Rebaixamento Rápido	Montante	CHORR3	1,872

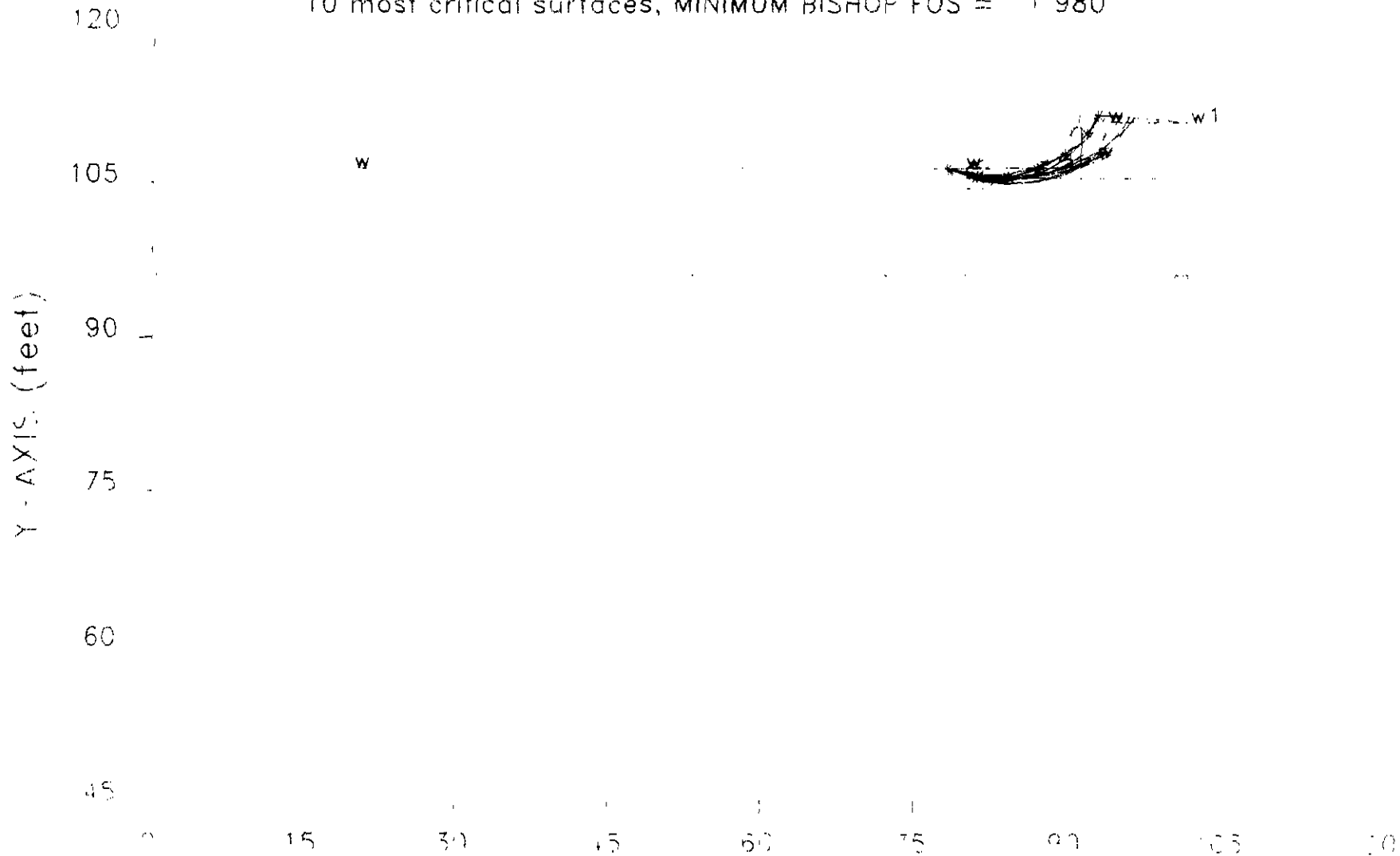
(*) Ver obs sobre o coeficiente de sismicidade

É apresentada, em seguida, a listagem computacional dos resultados obtidos

CHORCJ5 5-06-80 8 09

CHORO - Res Cheic Sem Sismo 1:2

10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.980



000039

No	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below Segment
1	80 00	106 40	90 20	106 40	2
2	90 20	106 40	90 20	110 30	2
3	90 20	110 30	91 20	110 30	2
4	91 20	110 30	91 20	105 40	2
5	91 20	105 40	101 80	105 40	4
6	80 00	106 40	80 10	105 40	3
7	80 10	105 40	83 00	105 40	3
8	83 00	105 40	97 00	105 40	4
9	78 00	106 40	80 00	104 40	4
10	80 00	104 40	82 00	104 40	4
11	82 00	104 40	83 00	105 40	4
12	20 00	96 00	101 80	96 00	3

ISOTROPIC Soil Parameters

5 type(s) of soil

Soil Unit No	Unit Weight		Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure		Water Surface No
	Moist (pcf)	Sat (pcf)			Parameter Ru	Constant (psf)	
1	16 0	19 0	14 0	31 0	000	0	1
2	16 0	19 0	0	30 0	000	0	1
3	22 0	22 0	0	33 0	000	0	1
4	16.0	19 0	17 0	22 0	000	0	1
5	16 0	19 0	0	28 0	000	0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10 00 pcf

Water Surface No 1 specified by 5 coordinate points

000041

 PHREATIC SURFACE,

Point No	x-water (ft)	y-water (ft)
1	20.00	106.40
2	80.00	106.40
3	92.80	107.40
4	93.80	110.84
5	101.80	110.80

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments

Segment No.	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	00	96.00	101.00	96.00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified

400 trial surfaces have been generated

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced along the ground surface between x = 20.00 ft
 and x = 85.00 ft

Each surface terminates between x = 91.00 ft
 and x = 101.80 ft

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is $y = 96.00$ ft

3.00 ft line segments define each trial failure surface

ANGULAR RESTRICTIONS :

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by

Lower angular limit = -45.0 degrees

Upper angular limit = (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface is specified by 7 coordinate points

Point No.	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	78.16	106.40
2	81.04	105.56
3	84.04	105.49
4	86.95	106.21
5	89.57	107.67
6	91.72	109.76
7	92.76	111.50

000043

**** Modified BISHOP FOS = 1 980 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description CHORO ~ Res Cheic Ser Sismo 1 2

	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord	y-coord	Radius	Initial x-coord	Terminal x-coord	Driving Moment
1.	1 980	82 78	116 82	11.40	78 16	92 76	1 805E+02
2.	2 067	82 54	114 32	9 06	78 16	91 04	1 549E+02
3.	2 129	83 27	115 56	10 49	78 16	92 88	1 976E+02
4.	2 132	82 50	119 40	13 71	78 16	93 64	1 778E+02
5.	2 239	83 73	118 64	13.45	78 16	94 99	2 236E+02
6.	2 268	83 95	121 38	16 06	78 16	96 38	2 332E+02
7.	2 318	84 41	118 33	13 47	78 16	95 86	2 505E+02
8.	2 352	84 62	118 61	13 61	78 16	96 30	2 588E+02
9.	2 434	84 12	127 81	22 22	78 16	98 69	2 380E+02
10.	2 457	84 58	127 53	22 08	78 16	99 19	2 467E+02

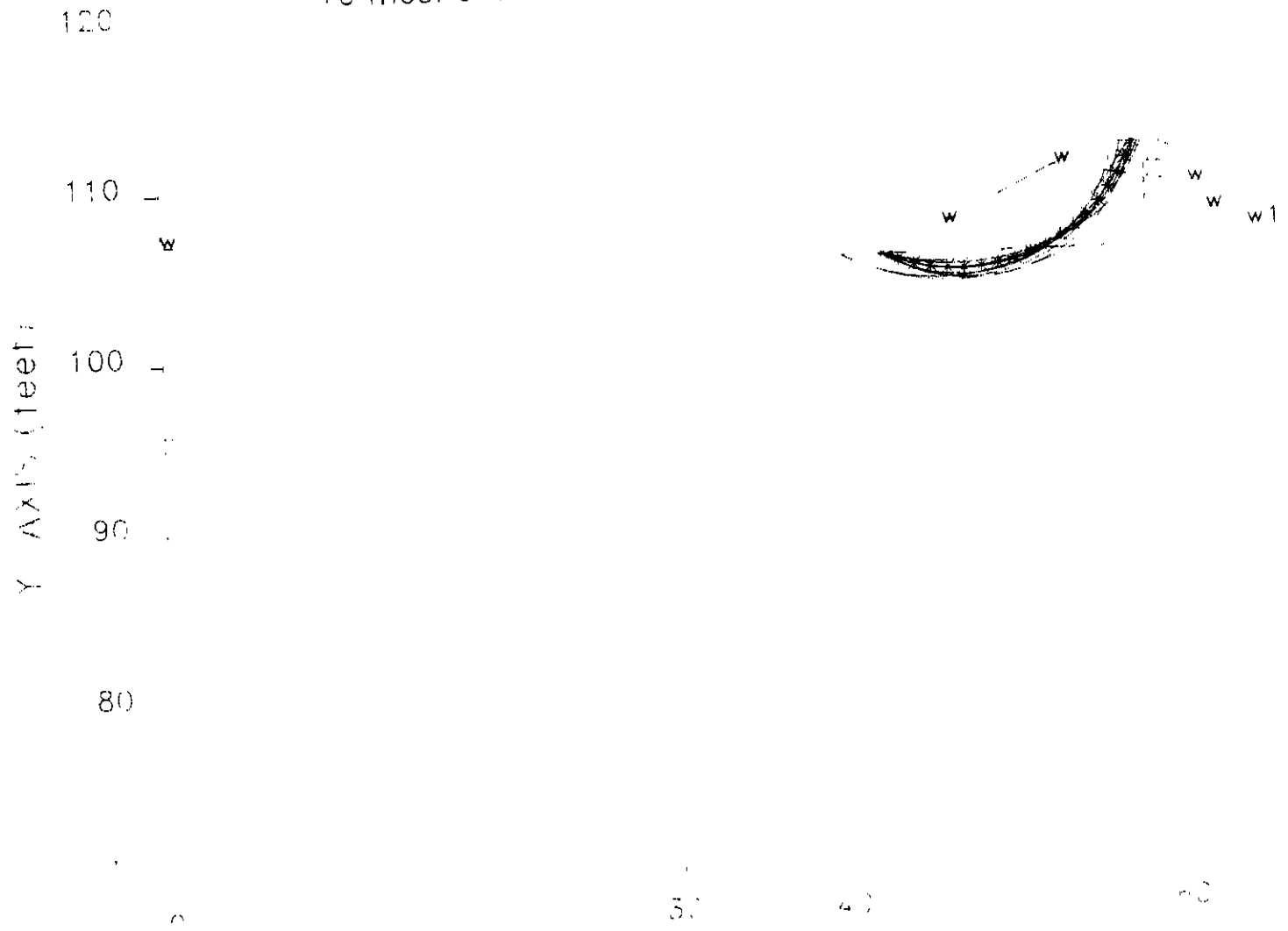
* * * END OF FILE * * *

000044

CHORR3 5-06- 8 50

CHORR3 - Rebr'x. Rapido 1:2

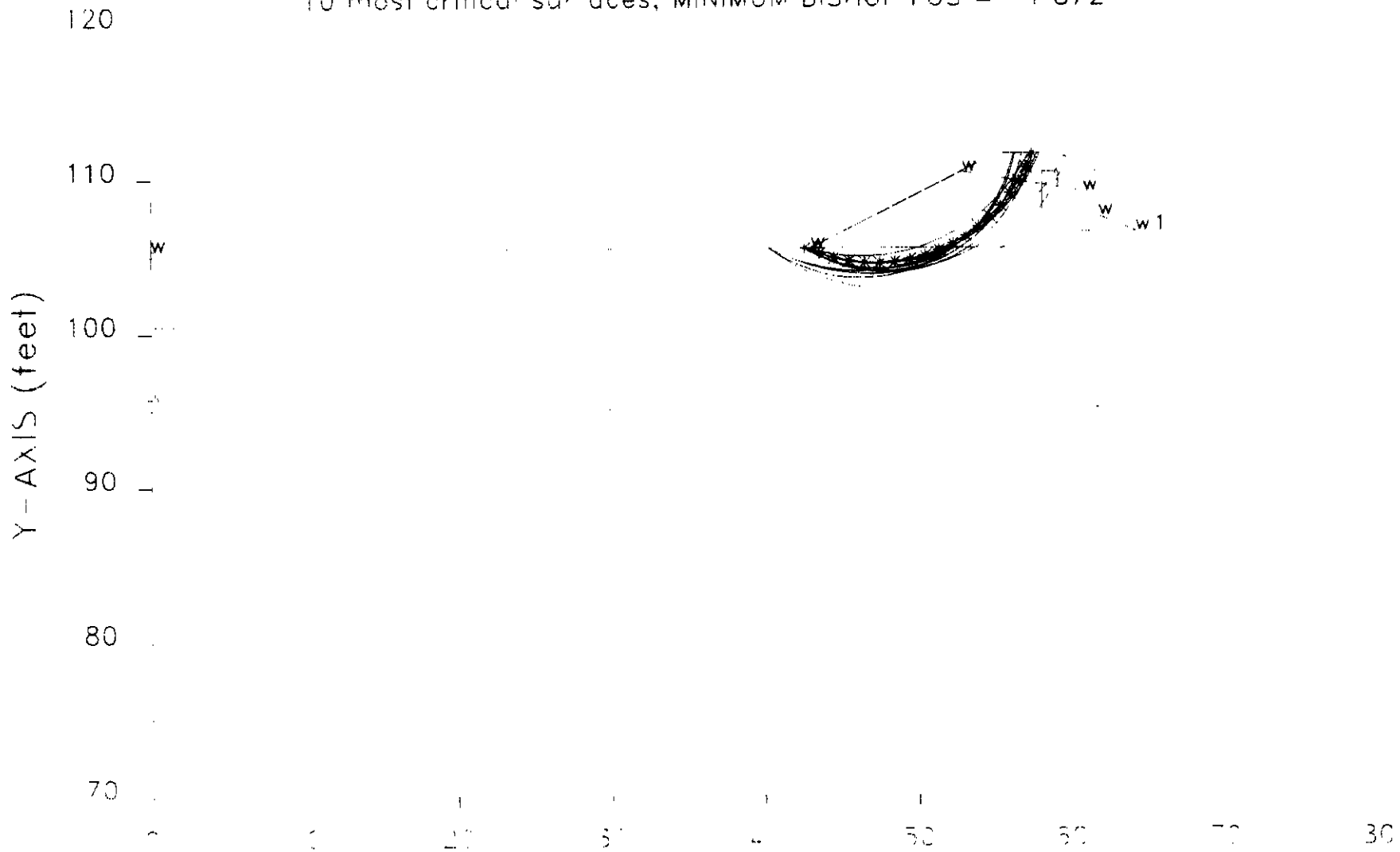
10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 2.026



000045

CHCRO - Rebaix. Rapido 1:2

10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.872



1	00	105 40	58 20	105 40	3
2	58 20	105 40	58 20	110 30	2
3	58 20	110 30	59 20	110 30	2
4	59 20	110 30	59 20	106 40	2
5	59 20	106 40	64 20	106 40	2
6	58 20	105 40	64 20	105 40	3
7	00	100 50	64 20	100 50	4
8	00	95 00	64 20	95 00	5

ISOTROPIC Soil Parameters

5 type(s) of soil

Soil Unit No	Unit Weight		Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure		Water Surface No
	Moist (pcf)	Sat (pcf)			Parameter Ru	Constant (psf)	
1	16 0	19 0	14 0	31 0	000	0	1
2	16 0	19 0	0	30 0	000	0	1
3	20 0	20 0	17 0	22 0	000	0	1
4	16 0	19 0	0	28 0	000	0	1
5	16.0	19 0	0	28 0	000	0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10 00 pcf

Water Surface No 1 specified by 6 coordinate points

PHREATIC SURFACE,

Point x-water y-water

No.	(ft)	(ft)
1	00	105 40
2	43.00	105.40
3	52 90	110 30
4	60 80	109.00
5	61 80	107 40
6	64.20	106 40

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	00	96 00	64 20	96 00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified

400 trial surfaces have been generated.

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced along the ground surface between x = 00 ft
and x = 45 00 ft

Each surface terminates between x = 54 00 ft
and x = 64 20 ft

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is y = 95 00 ft

* * * * * DEFAULT SEGMENT LENGTH SELECTED BY XSTABL * * * * *

1.00 ft line segments define each trial failure surface

ANGULAR RESTRICTIONS .

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by .

Lower angular limit := -45.0 degrees

Upper angular limit = (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the .

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface is specified by 19 coordinate points

Point No	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	42.63	105.40
2	43.56	105.03
3	44.52	104.74
4	45.50	104.54
5	46.49	104.43
6	47.49	104.41
7	48.49	104.48
8	49.47	104.64
9	50.44	104.89
10	51.38	105.23

000050

11	52 29	105 65
12	53 16	106 15
13	53 97	106.73
14	54.73	107.38
15	55 43	108 10
16	56 06	108 87
17	56 61	109 71
18	57 09	110 58
19	57 49	111 50

**** Modified BISHOP FOS = 1 872 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description CHORC - Rebaix Rapide 1 2

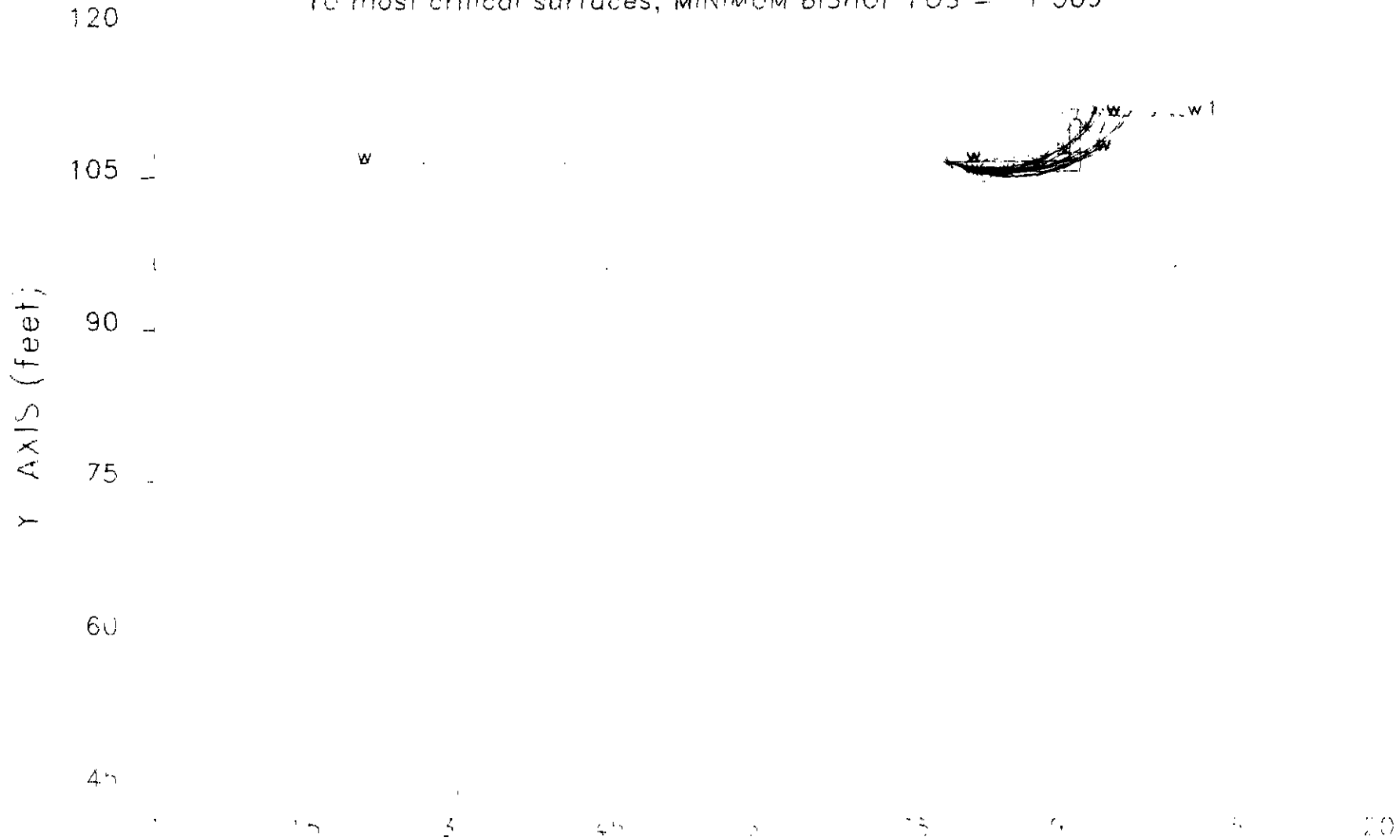
	FOS	Circle Center	Radius	Initial	Terminal	Driving	
	(BISHOP)	x-coord	y-coord	x-coord	x-coord	Moment	
1	1 872	47.21	115 40	10 99	42 63	57 49	2 694E-02
2.	1 880	47 39	115 81	11 44	42 63	57 98	2 814E+02
3	1 887	47 46	113 07	9 07	42 63	56 38	2 625E+02
4	1 891	47 73	113 14	9 27	42 63	56 84	2 790E-02
5	1 894	47 02	117 98	14 27	40 26	59 62	3 577E+02
6.	1 900	48 00	113 56	9 77	42 63	57 55	2 978E+02
7	1 906	46 24	116 56	12 66	40 26	57.84	3 103E+02
8	1 910	47 94	115 17	12 43	40 26	59 72	4 074E-02
9	1 912	46 31	117 20	12 36	42 63	57 28	2 374E+02
10.	1.921	46 30	113 68	10.24	40 26	56.30	2 974E+02

* * * END OF FILE * * *

000051

CHORC - Res Creic C/Sismo 1:2

10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.509



000052

No	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below Segment
1	80 00	106 40	90 20	106 40	2
2	90 20	106 40	90 20	110 50	2
3	90 20	110 50	91 20	110 50	2
4	91 20	110 50	91 20	105 40	2
5	91 20	105 40	101 80	105 40	4
6	80 00	106 40	80 10	105 40	3
7	80 10	105 40	83 00	105 40	3
8	83 00	105 40	97 00	105 40	4
9	78 00	106 40	80 00	104 40	4
10	80 00	104 40	82 00	104 40	4
11	82 00	104 40	83 00	105 40	4
12	20 00	96 00	101 80	96 00	5

ISOTROPIC Soil Parameters

5 type(s) of soil

Soil Unit No.	Unit Weight		Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure		Water Surface No
	Moist (pcf)	Sat (pcf)			Parameter Ru	Constant (psf)	
1	16 0	19.0	14 0	31 0	000	.0	1
2	16 0	19.0	0	30 0	000	.0	1
3	22 0	22 0	0	33 0	000	0	1
4	16 0	19 0	17 0	22 0	000	0	1
5	16 0	19 0	0	28 0	000	0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10 00 pcf

Water Surface No 1 specified by 5 coordinate points

000054

 PHREATIC SURFACE,

Point No.	x-water (ft)	y-water (ft)
1	20 00	106 40
2	80 00	106.40
3	92 80	107 40
4	93 80	110 84
5	101 80	110 80

A horizontal earthquake loading coefficient of 100 has been assigned

A vertical earthquake loading coefficient of 100 has been assigned

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	00	96 00	101 00	96 00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified

400 trial surfaces have been generated

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced
along the ground surface between $x = 20.00$ ft
and $x = 85.00$ ft

Each surface terminates between $x = 91.00$ ft
and $x = 101.80$ ft

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation
at which a surface extends is $y = 96.00$ ft

3.00 ft. line segments define each trial failure surface

ANGULAR RESTRICTIONS

The first segment of each failure surface will be inclined
within the angular range defined by

Lower angular limit = -45.0 degrees

Upper angular limit = (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the :

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface
is specified by 7 coordinate points

Point No	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	78.16	106.40

000056

2	81 04	105 56
3	84 04	105 49
4	86 95	106 21
5	89 57	107 67
6	91 72	109 76
7	92 76	111 50

**** Modified BISHOP FOS = 1 509 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description CHORO - Res Chelo C/Sismo 1 2

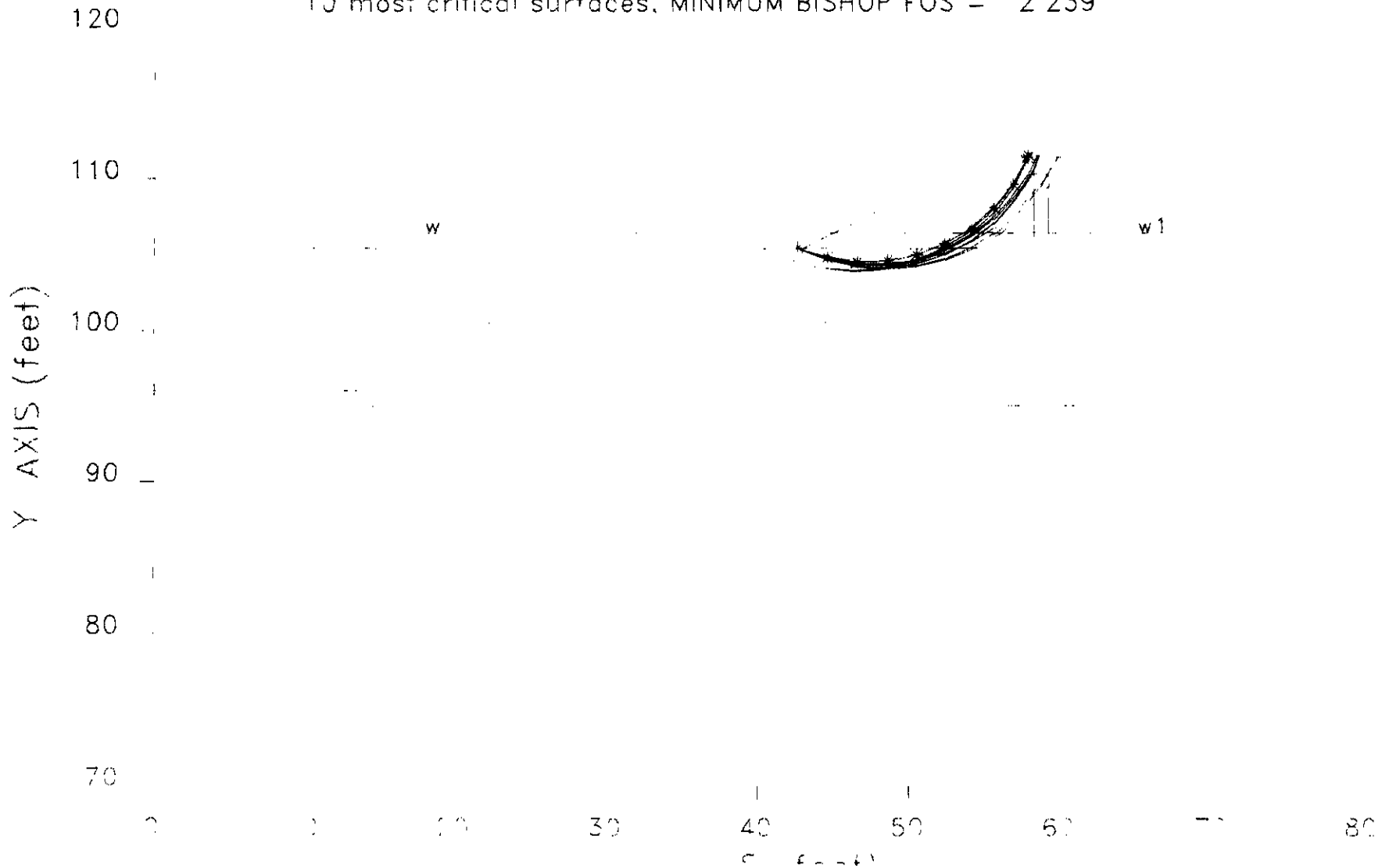
	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord y-coord	Radius	Initial Terminal x-coord x-coord	Driving Moment
1	1 509	82 78 116 82	11.40	78 16 92 76	2 060E+02
2.	1.590	82.54 114 32	9 06	78 16 91.04	1.744E+02
3	1 632	83 27 115 56	10 49	78 16 92 88	2 265E+02
4	1 632	82 50 119 40	13 71	78 16 93 64	2 048E-02
5	1 648	83 95 121 38	16 06	78 16 96 38	2 814E-02
6	1 671	84 58 127 83	22 08	78 16 99 19	3 152E-02
7	1 672	83 73 118 64	13 45	78 16 94 99	2 638E-02
8.	1 678	84 12 127 81	22 22	78.16 98 69	2 972E+02
9	1 713	84 41 118 33	13 47	78 16 95 86	2 998E+02
10	1 728	84 62 118 61	13 81	78 16 96 30	3 118E+02

* * * END OF FILE * * *

000057

CHORO -- final const montante 1:2

10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 2.239



1	00	105 40	58 20	105 40	3
2	58.20	105 40	58 20	110 30	2
3	58 20	110 30	59 20	110 30	2
4	59 20	110 30	59 20	106 40	2
5	59 20	106 40	66 80	106 40	2
6	58 20	105 40	66 80	105 40	3
7	00	100 50	66 80	100 50	4
8	.00	95 00	66 80	95.00	5

ISOTROPIC Soil Parameters

5 type(s) of soil

Soil Unit No	Unit Weight Moist (pcf)	Unit Weight Sat (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Fore Pressure Parameter Ru	Fore Pressure Constant (psf)	Water Surface No
1	16 0	19.0	14 0	31 0	300	0	1
2	16 0	19 0	0	30 0	000	0	1
3	20.0	20 0	17.0	22 0	000	0	1
4	16 0	19 0	0	28 0	000	0	1
5	16.0	19 0	0	28 0	000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10 00 pcf

Water Surface No 1 specified by 2 coordinate points

PHREATIC SURFACE,

Point x-water y-water

000060

No	(ft)	(ft)
1	18 00	106 40
2	65 00	106 40

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	00	96 00	70 00	96 00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified

400 trial surfaces have been generated

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced along the ground surface between x = 00 ft.
and x = 45 00 ft

Each surface terminates between x = 54 00 ft
and x = 66 80 ft

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is y = 95.00 ft.

* * * * * DEFAULT SEGMENT LENGTH SELECTED BY XSTABL * * * * *

000061

2 00 ft line segments define each trial failure surface

ANGULAR RESTRICTIONS

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by

Lower angular limit = -45 0 degrees

Upper angular limit = (slope angle - 5 0) degrees

Factors of safety have been calculated by the .

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface is specified by 11 coordinate points

Point No	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	42 63	105 40
2	44 53	104 78
3	46 51	104 50
4	48 51	104.56
5	50 47	104 96
6	52 33	105 69
7	54 04	106 73
8	55 55	108 05
9	56 81	109 60
10	57 78	111 35
11	57 83	111 50

**** Modified BISHOP FOS = 2 239 ****

000062

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description CHORO - final const montante 1 2

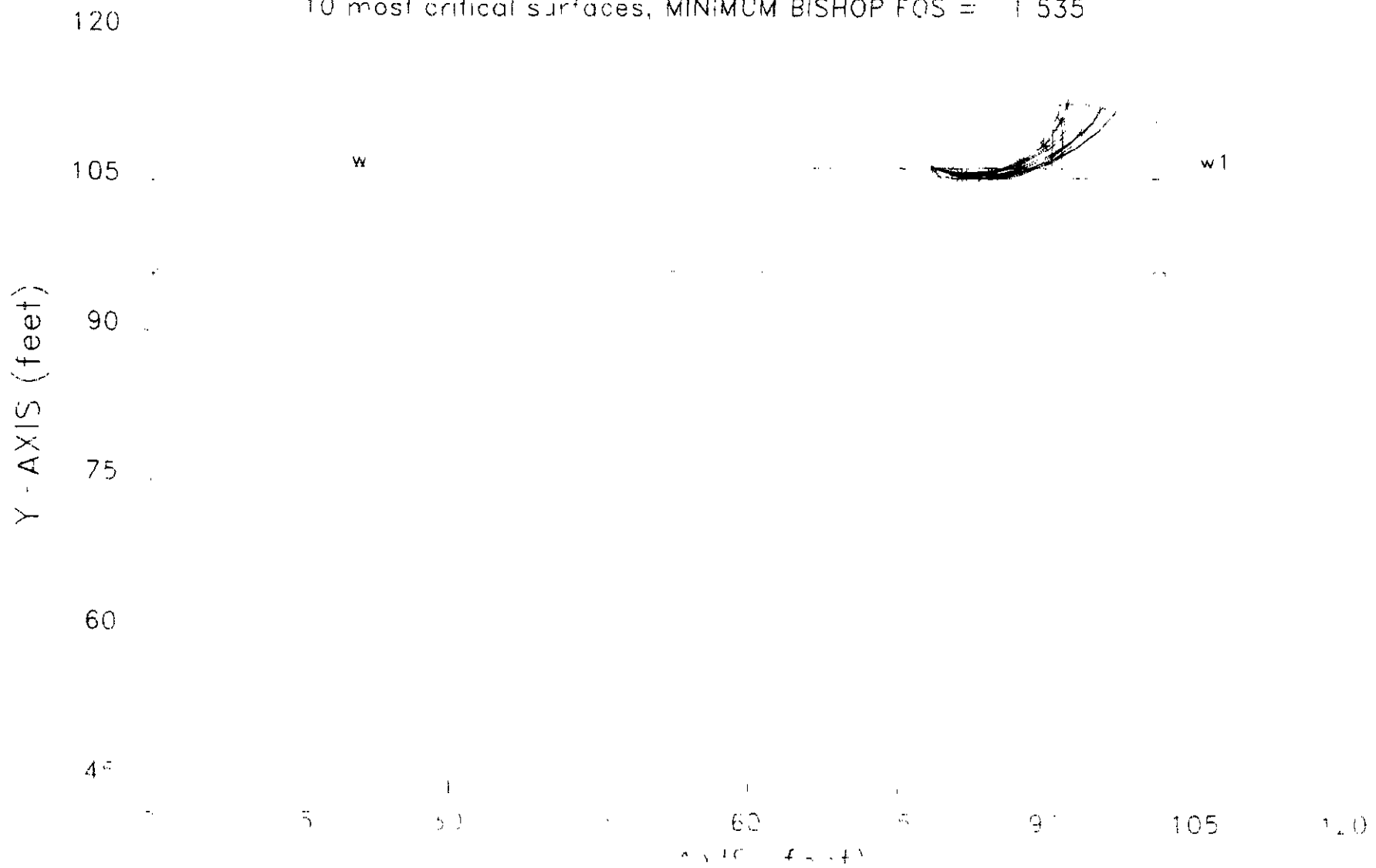
	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord	Circle Center y-coord	Radius	Initial x-coord	Terminal x-coord	Driving Moment
1	2 239	47 17	116 11	11 63	42 63	57 83	2 318E+02
2	2 254	47 58	115 12	10 91	42 63	57 83	2 439E-02
3.	2 255	47 65	116 24	11 94	42 63	58 56	2 538E-02
4.	2 255	47 92	117 91	13 58	42 63	59 83	2 714E-02
5	2 270	48 33	116 59	12 55	42 63	59 74	2 832E+02
6.	2 272	47 93	115 40	11 32	42 63	58 51	2 617E+02
7.	2.272	47.94	115.52	11.43	42 63	58 59	2 626E+02
8	2 298	46 47	117 09	13 24	40 26	58 44	2 750E-02
9	2 303	46 25	116 64	12 74	40 26	57 87	2 612E-02
10.	2 310	48 49	117 28	13 25	42 63	60 29	2 905E-02

* * * END OF FILE * * *

000063

CHORO - Final Construção Jus 1:2

10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.535



000064


```

*****
XSTABL
Slope Stability Analysis using
Simplified BISHOP or JANBU methods
Copyright (C) 1990
Interactive Software Designs, Inc
All Rights Reserved
Prof Dick Campanella
Civil Eng , Univ of B C.
Vancouver, CANADA
Ver 3 23 (m) 1008
*****

```

Problem Description: CHORO - Final Construcao Jus 1 2

SEGMENT BOUNDARY COORDINATES

5 SURFACE boundary segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	20 00	106 40	78 00	106 40	4
2	78 00	106 40	80 00	106 40	3
3	80.00	106 40	90 20	112.80	1
4	90 20	112 80	94 20	112 80	1
5	94 20	112 80	101 80	110 80	1

12 SUBSURFACE boundary segments

Segment	x-left	y-left	x-right	y-right	Soil Unit
---------	--------	--------	---------	---------	-----------

No	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below Segment
1	80 00	106 40	90 20	106 40	2
2	90 20	106 40	90 20	110 30	2
3	90 20	110 30	91 20	110 30	2
4	91 20	110 30	91 20	105 40	2
5	91.20	105 40	101 80	105 40	4
6	80 00	106 40	80 10	105 40	3
7	80 10	105 40	83 00	105 40	3
8	83 00	105 40	97 00	105 40	4
9	78 00	106 40	80 00	104 40	4
10	80 00	104 40	82 00	104 40	4
11	82 00	104 40	83 00	105 40	4
12	20 00	96 00	101 80	96 00	5

ISOTROPIC Soil Parameters

5 type(s) of soil

Soil Unit No.	Unit Weight		Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure		Water Surface No
	Moist (pcf)	Sat (pcf)			Parameter Ru	Constant (psf)	
1	16 0	19 0	14 0	31 0	300	0	1
2	16.0	19 0	0	30 0	000	0	1
3	22 0	22 0	0	33 0	000	0	1
4	16 0	19 0	17 0	22 0	000	0	1
5	16 0	19 0	0	28 0	000	0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10 00 pcf

Water Surface No 1 specified by 2 coordinate points

000066

 PHREATIC SURFACE,

Point No	x-water (ft)	y-water (ft)
1	20 00	106 40
2	105 00	106 40

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	00	96 00	101 00	96 00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified

400 trial surfaces have been generated

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced along the ground surface between x = 20 00 ft and x = 85 00 ft

Each surface terminates between x = 91 00 ft and x = 101 80 ft

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is y = 96 00 ft

3 00 ft line segments define each trial failure surface

ANGULAR RESTRICTIONS

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by

Lower angular limit = -45 0 degrees

Upper angular limit = (slope angle - 5 0) degrees

Factors of safety have been calculated by the

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface is specified by 7 coordinate points

Point No	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	78 16	106 40
2	81 08	105 71
3	84 07	105 89
4	86 89	106 91
5	89 30	108 70
6	91 10	111 10
7	91 72	112.80

**** Modified BISHOP FOS = 1.535 ****

000063

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description CHORO - Final Construção Jus 1 2

	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius	Initial	Terminal	Driving
		x-coord	y-coord		x-coord	x-coord	Moment
1	1.535	81.98	116.05	10.38	78.16	91.72	2.098E+02
2.	1.560	81.74	115.53	9.81	78.16	91.04	1.879E-02
3	1.613	81.89	119.95	14.06	78.16	93.96	2.422E-02
4	1.674	83.21	118.14	12.78	78.16	94.67	2.919E+02
5.	1.700	82.72	120.79	15.10	78.16	95.27	2.802E+02
6.	1.753	82.23	123.02	17.11	78.16	95.59	2.677E-02
7	1.776	83.48	118.31	13.04	78.16	95.10	3.035E-02
8	1.867	83.35	122.42	16.84	78.16	96.67	3.001E+02
9	1.869	83.10	123.26	17.57	78.16	96.67	2.928E+02
10	1.893	80.24	121.09	15.69	74.74	93.52	2.507E-02

* * * END OF FILE * * *

000069

10 – VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NAS TÁBUAS

Exercício 7.4.2.1 - pág 151 Livro Estruturas de madeira , Walter Pfeil

largura da tábu	33,3	cm
altura da tábu	5	cm
tensão admissível a flexão	87	kg/cm ²
módulo de Elasticidade=	101.000,00	kgf/cm ²

Determinação do valor crítico de L, para o qual as condições de limitações produzem a mesma carga admissível

$$qL^2 \leq 96.570,00 \text{ kgf.cm}$$

$$qL^3 \leq 7.687.542,86 \text{ kgf.cm}^2$$

$$L^3/L^2=L=79,806 \text{ cm}$$

$$\text{Flecha}=0,227445461 \text{ cm}$$

a tensão de flexão é determinante.

Caso L <

$$L=0,80 \text{ m}$$

$$L=0,70 \text{ m}$$

$$\text{carga}=0,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{tensão à flexão}=1,765765766$$

a flecha máxima é determinante para a tensão admissível,

Caso L >

$$L=0,80 \text{ m}$$

$$L=2,50 \text{ m}$$

$$\text{carga}=0,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$7,14 \text{ mm}$$

$$6,53 \text{ mm}$$

Flecha máxima=

Cálculo da Flecha=

Volume=	49,95	m ³
compr=	500	
Altura=	0,05	
Largura=	0,333	
No. De tábuas=	6	