

anisotrópicos, adota-se o valor de 9 vezes (este valor é usualmente utilizado para simplificar os cálculos pelo método gráfico de seção transformada)

7.3 O Software Utilizado

O software utilizado para os estudos de fluxo trata-se do SEEP/W – GEOSTUDIO 2007 (GEO-SLOPE International Ltd, Calgary, Alberta, Canada). Este modulo é um produto de software de CAD Elemento Finito, que opera no Microsoft Windows para a análise de fluxo ambiental, para uma zona vadosa não saturada e para o sistema de águas subterrâneas local. Entre os modelos comerciais existentes, o SEEP/W trata-se de um dos softwares mais complexo existente atualmente para modelar a percolação por um meio poroso.

7.4 Discretização do modelo

A geometria utilizada nas análises corresponde à seção máxima da Barragem Boa Vista. Na discretização do maciço, a seção transversal foi dividida em regiões conforme os materiais presentes.

A seção da Barragem foi discretizada em uma malha de 564 Elementos Finitos, com o tamanho global dos elementos fixados na ordem de 0,50 metros, que foram gerados automaticamente pelo programa SEEP/W.

Na Figura 7.1 é apresentada a malha do modelo.

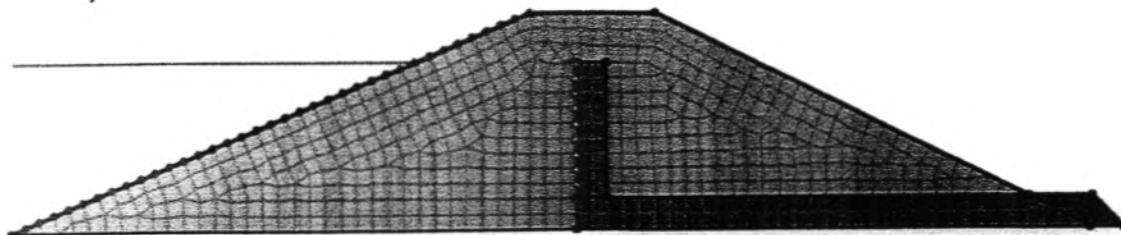


Figura 7.1 - Modelo de fluxo da barragem

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 08.163.71960
CREA - CE: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 08.163.71960
CREA - CE: 56322

7.5 Condições de contorno

As condições de contorno do problema referem-se às cargas hidráulicas que a barragem estará sujeita no regime de operação. Para o talude de montante, considerou-se uma carga hidráulica constante na cota 187,40m.

Para o sistema de drenagem, considerou-se como uma “seepage face”, no qual se trata de uma face de percolação em que a pressão é nula, sendo a linha freática especificada por soluções em processos iterativos.

7.6 Resultados da modelagem

A análise permitiu determinar a linha de saturação que ocorrerá no barramento durante o nível de operação máximo da obra, obtendo assim a informação necessária para os estudos de estabilidade de taludes que serão apresentados no capítulo a seguir. Além da linha freática, a análise de fluxo permite ainda estimar a vazão máxima pela seção da obra, sendo importante para a verificação da capacidade dos filtros projetados.

Na Figura a seguir, é apresentado o resultado gráfico da modelagem de fluxo.

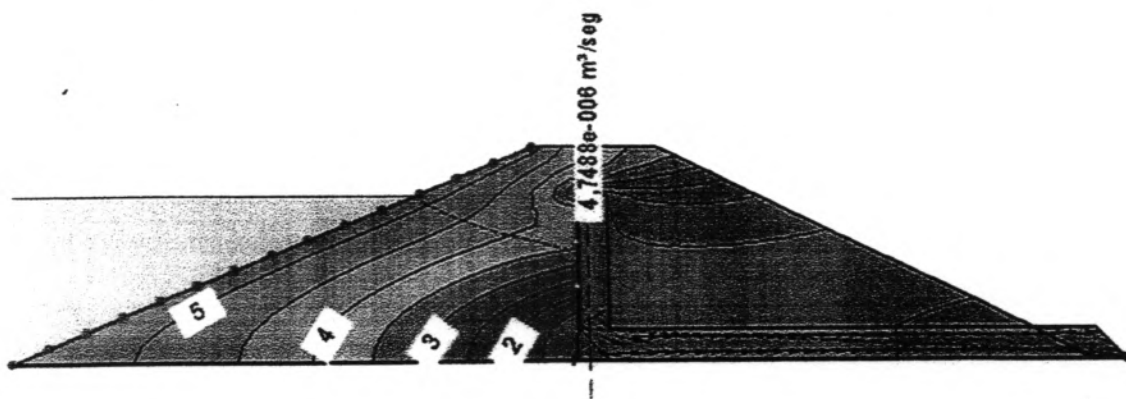


Figura 7.2 - Resultados da análise de fluxo - Barragem Boa Vista

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 081571960
CREA - CE: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 081571960
CREA - CE: 56322

7.7 Análise do filtro vertical projetado

A descarga através do maciço pode ser estimada corresponde ao seguinte valor obtido nas simulações de fluxo:

$$Q = K_f \cdot i \cdot A \quad \therefore \quad Q = K_f \cdot i \cdot (B \cdot l)$$

Onde:

Q = Vazão absorvida pelo filtro

K_f = Coeficiente de permeabilidade do filtro

B = Espessura do filtro vertical

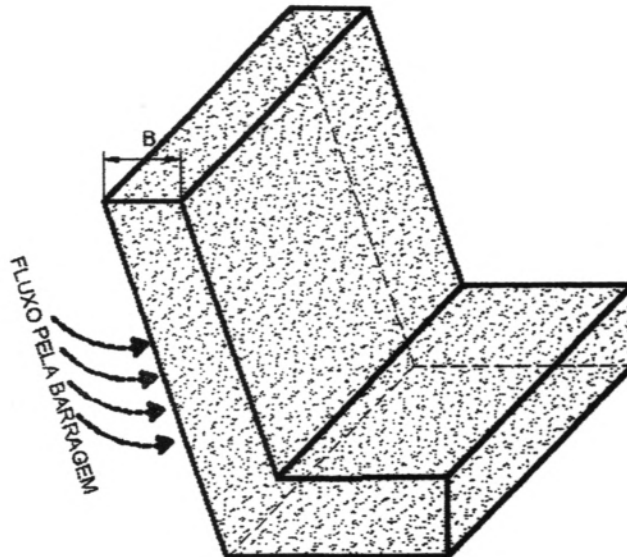
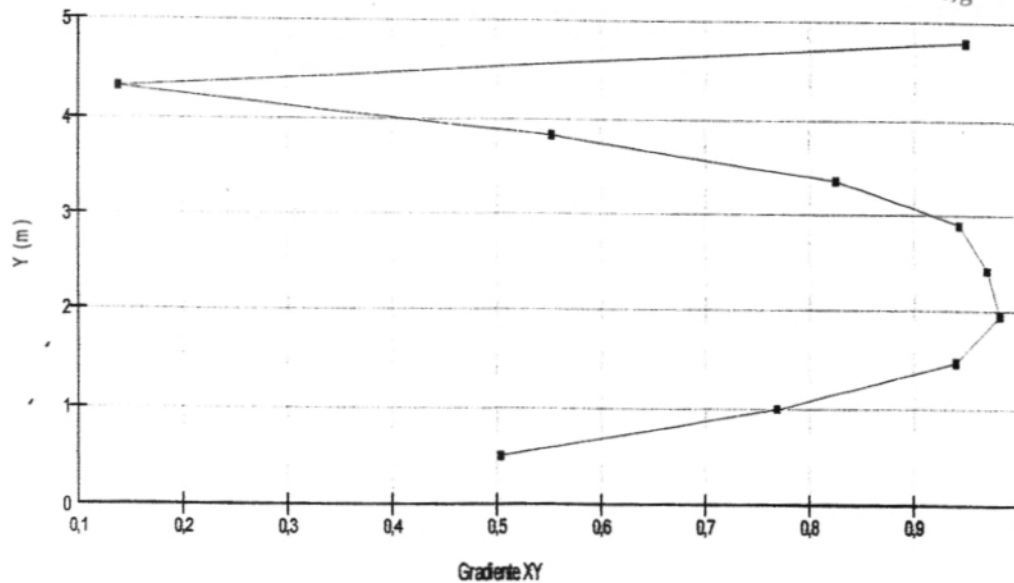


Figura 7.3 - Filtro vertical

Com base nos resultados das análises de fluxo da barragem Boa Vista, temos que o gradiente hidráulico máximo na face do filtro é próximo de 1,00, como podemos verificar no gráfico a seguir.

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0614971960
CREA RJCE: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0614971960
CREA RJCE: 56322



Prefeitura Municipal de Itaipubela
Fls. 33/34

Prefeitura Municipal de Itaipubela
Fls. 66

Prefeitura Municipal de Itaipubela
Fls. 66

Portanto, temos a largura do filtro igual:

$$B = \frac{Q}{1,00 \times K_f}$$

Nos resultados da Análise de fluxo, a vazão pelo maciço, por metro linear de obra, é:

$$Q = 4,75 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para uma permeabilidade média da areia no filtro de $k_f = 1,00 \times 10^{-4} \text{ m/s}$.

Logo, a espessura do filtro é dada pelo cálculo abaixo:

$$B = \frac{4,75 \times 10^{-6} \text{ m/s}}{(1,00) \times (1,00 \times 10^{-4})}$$

$$B = 0,048 \text{ m}$$

Tendo em vista aspectos construtivos, a largura adotada de 1,00m atende o dimensionamento do sistema de drenagem interno da obra

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0897571960
CREA - CE: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0897571960
CREA - CE: 56322



8. ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0814571960
CREA - DF: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0814571960
CREA - DF: 56322

8. ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES



8.1 Introdução

São apresentados neste relatório a metodologia e os resultados das análises de estabilidade dos taludes para a seção transversal de maior altura da barragem Boa Vista.

Com a finalidade de determinar os coeficientes mínimos de segurança para as condições críticas da obra, as presentes análises foram realizadas para as seguintes situações:

- Regime de operação;
- Final de Construção;
- Regime de operação da barragem sob a situação de abalo sísmico;
- Rebaixamento rápido do nível d'água

O cálculo das análises foi feito através do programa SLOPE/W – GEO SLOPE (2007), usando o método de Morgenstern-Price. Este programa calcula o coeficiente de segurança para a superfície crítica de ruptura pesquisada automaticamente. Os dados de entrada são: a geometria completa da seção num sistema de coordenadas, os valores de coesão e ângulo de atrito, peso específico dos materiais, e condições de poro-pressão e solicitações para cada situação estudada.

Foi utilizado ainda nas análises uma sub-rotina de otimização da superfície potencial de ruptura (SPR). Esta otimização é realizada sobre a superfície de ruptura de menor coeficiente de segurança, dividindo a superfície em segmentos de forma a alterar a forma da SPR, com o objetivo de se obter um Fator de Segurança menor.

8.2 Método de Cálculo

8.2.1 Métodos de Estabilidade

No estudo de estabilidades de taludes, existem diferentes métodos que podem ser utilizados para a realização destas análises, porém, é comum a utilização dos métodos de equilíbrio-imite, que consistem na consideração do equilíbrio de uma massa

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0511571960
CREA - RJ: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0511571960
CREA - RJ: 56322



de solo limitada entre os limites físicos do terreno e uma superfície de deslizamento. Os principais métodos podem ser vistos no Quadro 8.1.

Quadro 8.1 - Métodos de análise de estabilidade.

TIPO	NOME	GEOMETRIA DA RUPTURA
Não Linear	Fellenius Bishop Spencer Morgenstern e Price Janbu	Rupturas Circulares
Linear	Taludes Infinitos Método de Culmann Método de Rendulic Método do círculo de atrito	Ruptura Plana



Nestes métodos analíticos, a estabilidade do talude é determinada através de um coeficiente ou fator de segurança FS, considerando-se uma superfície de escorregamento cilíndrica. Este coeficiente é obtido através da equação 8.1.

$$FS = \frac{M_r}{M_s} \quad 8.1$$

O valor de Mr (Momento resistente ao deslizamento) é função dos materiais no aterro (c - coesão e φ - ângulo de atrito), e o valor de Ms (Momento solicitante que tende a provocar o deslizamento) é função dos seguintes fatores: geometria do maciço, peso específico dos materiais (γ), condições de: fluxo de água e poro- pressão, cargas externas.

A avaliação da estabilidade de um talude segundo o fator de segurança pode ser determinada de acordo com o Quadro 8.2:

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0624571960
CREA - CE: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0624571960
CREA - CE: 56322



Quadro 8.2 - Fatores de segurança e as respectivas condições de estabilidade do talude (ABGE, 1998)

Fatores de segurança (FS)	Condição do Talude
FS < 1,0	Talude instável; caso o talude venha a ser implantado (corte ou aterro) nestas condições, deverá sofrer ruptura.
FS = 1,0	Condição limite de estabilidade associada à iminência de ruptura; também condição adotada geralmente nos cálculos de retroanálise.
FS > 1,0 (Pouco Maior)	Condição de estabilidade do talude.
FS > 1,0 (Muito Maior)	Condição estável; quanto maior for o FS, menores serão as possibilidades do talude vir a sofrer ruptura quando submetido a condições críticas (percolação d'água, etc.)

A Norma NBR-11682 (Estabilidade de Encostas) estabelece alguns critérios para a classificações de **Grau de Segurança**, definidas a partir da possibilidade de perdas de vidas humanas e de perdas materiais e ambientais, conforme pode ser visualizado no Quadro 8.3 a seguir.

Quadro 8.3 - Fatores de segurança (Norma NBR-11682)

Grau de segurança / Perdas de vidas	Grau de segurança		
	Alto	Médio	Baixo
Grau de segurança / Perdas materiais e ambientais			
Alto	1,5	1,4	1,3
Médio	1,4	1,3	1,2
Baixo	1,4	1,3	1,1

Contudo, a Norma não classifica os FS's em função das condições de propressão ou mesmo solicitações em que a obra ou talude podem estarem sujeitos durante o período de vida útil, como por exemplo, ao final de construção do aterro, durante o período de operação ou mesmo quando sujeito a possíveis abalos sísmicos.

A agência federal do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*) apresenta um manual de análise de estabilidade para

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 1301571960
CREA/PE: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 1301571960
CREA/PE: 56322

barragens (EM 1110-2-1902) que define os FS's mínimos para estas condições de poropressão ou solicitações, conforme pode ser visto no Quadro 8.4.

Quadro 8.4 - Fatores de segurança (U.S. Army Corps of Engineers - EM 1110-2-1902)

Condição de análise	Fator de Segurança mínimo aceitável
Final de Construção	1,30
Regime de Operação	1,50
Rebaixamento rápido	1,10 – 1,30

8.2.2 Descrição Software Utilizado

O SLOPE/W utiliza-se o método de Morgenstern-Price no cálculo do fator de segurança. Apresentado em 1965, este método é um dos mais rigorosos de análises de estabilidade, pois, admite-se uma superfície de ruptura qualquer (circular ou não circular) além de satisfazer todas as condições de equilíbrio estático.

O método é também uma aplicação do método das fatias, no qual uma massa potencialmente instável é dividida. As condições de estabilidade satisfazem simultaneamente todas as condições de equilíbrio de forças e de momentos.

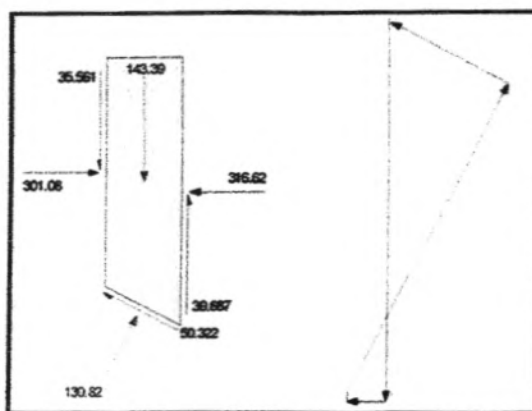


Figura 8.1 – Exemplo dos esforços admitidos numa fatia - método de Morgenstern-Price (GEO SLOPE – 2007)

Este programa calcula o coeficiente de segurança para a superfície crítica de ruptura pesquisada automaticamente. Os dados de entrada são: a geometria completa da seção num sistema de coordenadas, os valores de coesão e ângulo de atrito de cada material, peso específico dos materiais, e condições de poro-pressão e solicitações para cada situação estudada.

Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 1671671960
 CREA - CE: 56322

Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 1671671960
 CREA - CE: 56322

Além do cálculo tradicional, o software também utiliza uma sub-rotina de "otimização" da superfície potencial de ruptura. Esta otimização é realizada sobre a superfície de ruptura de menor coeficiente de segurança. A superfície é subdividida em segmentos, e por um processo interativo, os segmentos sofrem alterações angulares por meio de um procedimento estatístico baseado no método de Monte Carlo de forma que o coeficiente de segurança é recalculado. Este procedimento é realizado inúmeras vezes até adquirir uma configuração de uma superfície de ruptura de forma qualquer (não circular) e com menor coeficiente de segurança.

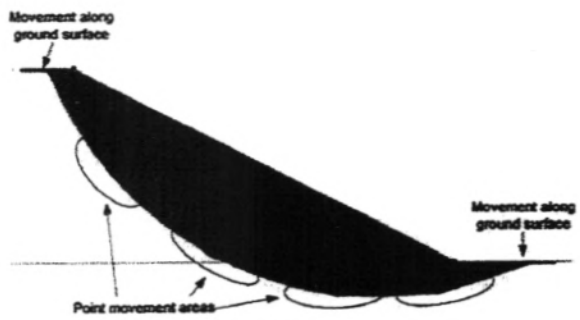


Figura 8.2 - Método de Otimização (Geostudio 2007)

A Figura 8.3 apresenta um comparativo de uma superfície de ruptura otimizada e uma superfície de ruptura circular tradicional.

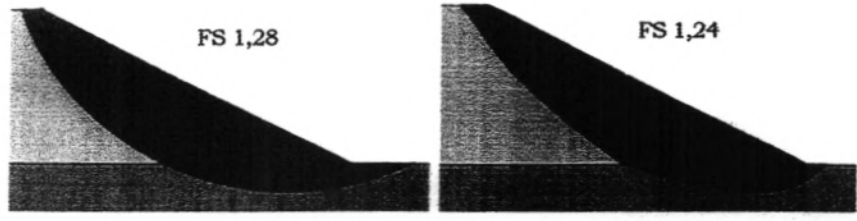


Figura 8.3 - Superfície de ruptura pelo método tradicional (esquerda) e otimizada (direita) (Geostudio 2007)


Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0604571960
CREA - CE: 56322


Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0604571960
CREA - CE: 56322



8.3 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS

Os parâmetros geotécnicos de resistência do solo compactado (coesão e ângulo de atrito interno) foram estimados a partir dos resultados de 1500 ensaios de resistência ao cisalhamento feitos pelo U. S. BUREAL OF RECLAMATION que é apresentado por carvalho (1983).²

Quadro 8.5 - Resultados de 1500 ensaios realizados pelo U. S. BUREAL OF RECLAMATION (Carvalho, 1983)

Classificação do solo	Compactação - Proctor		Resistência ao cisalhamento		
	γ_9	h (%)	C' (KPa)	C' sat(KPa)	ϕ (°)
GW	>19,0	<13,3	(x)	(x)	>38,3
GP	>17,6	<12,4	(x)	(x)	>36,5
GM	>18,2	<14,5	(x)	(x)	>33,8
GC	>18,4	<14,7	(x)	(x)	>31,0
SW	19,0 ± 0,8	13,3 ± 2,5	40 ± 4,0	(x)	38,6 ± 1,2
SP	17,6 ± 0,3	12,4 ± 1,0	23 ± 6,0	(x)	36,5 ± 1,2
SM	18,2 ± 0,2	14,5 ± 0,4	52 ± 6,0	20 ± 7,0	33,8 ± 1,2
SM-SC	19,0 ± 0,2	12,8 ± 0,5	51 ± 2,0	14 ± 6,0	33,4 ± 4,0
SC	18,4 ± 0,2	14,7 ± 0,4	76 ± 2,0	11 ± 6,0	31,0 ± 4,0
ML	16,5 ± 0,2	19,2 ± 0,7	68 ± 1,0	09 ± (x)	31,8 ± 2,3
ML-CL	17,4 ± 0,3	16,8 ± 0,7	64 ± 2,0	22 ± (x)	31,8 ± 3,4
CL	17,3 ± 0,2	17,3 ± 0,3	88 ± 1,0	13 ± 2,0	28,4 ± 2,3
OL	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
MH	13,1 ± 0,6	36,3 ± 3,2	36,3 ± 3,2	20 ± 9,0	25,2 ± 2,9
CH	15,0 ± 0,3	25,5 ± 1,2	25,5 ± 1,2	11 ± 6,0	19,3 ± 5,1
OH	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)

Pela análise táctil-visual, estima-se que o material que compõe o maciço se trata de uma areia argilosa "SC", material muito comum no nordeste brasileiro para a construção de barragens. Devido às incertezas quanto ao tipo de material e condições de compactação, as estimativas dos parâmetros geotécnicos do barramento foram feitas de forma conservadora, adotando os valores mínimos do quadro 8.5, obtidos pelo desvio

² CARVALHO, L. H. de Curso de barragens de terra com vistas ao Nordeste brasileiro. Fortaleza, CE : DNOCS, 1983. 1 v. 173 p. il.



padrão e sendo apresentados no quadro a seguir. Os demais materiais foram estimados com base na literatura técnica disponível.

Quadro 8.6 - Parâmetros Geotécnicos adotados nas análises de estabilidade

Material	γ_{seco} (kN/m ³)	Umidade (%)	$\gamma_{úmido}$ (kN/m ³)	Coesão (kPa)	ϕ (°)
Solo compactado do tipo "SC"	18,4	14,7	21,1	5,0	27,0
Areia	-	-	19,5	0	30
Enrocamento	-	-	21,0	0	40



8.4 Condições críticas analisadas

No estudo da estabilidade, os taludes podem estarem sujeitos a situações de condições críticas que requerem uma atenção especial, por conta das diferentes tensões em que os mesmos podem estarem submetidos. A seguir, será apresentado as condições críticas analisadas para os taludes da seção transversal da barragem.

Barragem em final de construção

Para a hipótese de estudo de estabilidade "Final de Construção do Aterro", foi levado em consideração o coeficiente R_u (relação entre a pressão neutra e a pressão do peso da coluna de solo), adotando-se conforme recomendações da literatura $R_u = 0,25$. Para os demais materiais, como possuem elevados valores de permeabilidade, o coeficiente R_u foi desconsiderado devido a dissipação das pressões intersticiais serem quase instantânea.

Barragem em regime de operação

Nesta hipótese, foi considerado que a ausência de poro-pressões no interior do aterro. Houve ainda a inclusão do acréscimo de carga referente a operação da barragem cheia com o nível d'água na cota de sangria.

Barragem em regime de operação com Abalo sísmico

Na hipótese da ocorrência de um abalo sísmico nas proximidades da barragem, a seção máxima teve a sua estabilidade analisada adotando-se como coeficiente majorador

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 021.571960
CREA - CE-56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 021.571960
CREA - CE-56322



dos esforços horizontais e verticais os percentuais de 10% e 5%, respectivamente, e admitindo que o reservatório estivesse em regime de operação. Estes valores são baseados em normas de segurança internacionais.

Esvaziamento rápido

Nesta situação, as análises foram realizadas no talude de montante, considerando o esvaziamento por completo do reservatório e o maciço permanecendo saturado.

8.5 Resultado das análises

O quadro a seguir mostra um resumo dos resultados das análises de estabilidade realizados nos taludes em que a tendência de ruptura. Os fatores de segurança mínimos admissíveis foram definidos com base na discussão apresentada no Item 2.1 deste estudo.

Quadro 8.7 - Resultados das análises de estabilidade dos taludes da barragem

Hipótese	Talude analisado	FS mín Aceitável	FS mín Calculado	Condição de estabilidade
Barragem em Final de Construção	Jusante	1,30	1,33	Estável
Barragem em Regime de operação	Jusante	1,50	1,56	Estável
Barragem em Regime de operação com Abalo sísmico	Jusante	1,20	1,25	Estável
Barragem submetido a um 'esvaziamento rápido	Montante	1,10	1,16	Estável

Nos resultados apresentados, para todas as hipóteses analisadas, os fatores de segurança mínimo calculados (F_{smín}) foram superiores ao usualmente admissível para obras de barragens de terra. Neste caso, pode se concluir que a barragem apresenta **SITUAÇÃO ESTÁVEL.**

Nas figuras a seguir, é apresentado o resultado gráfico das análises realizadas.

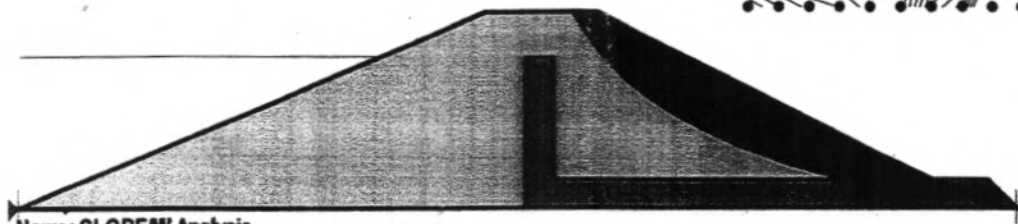
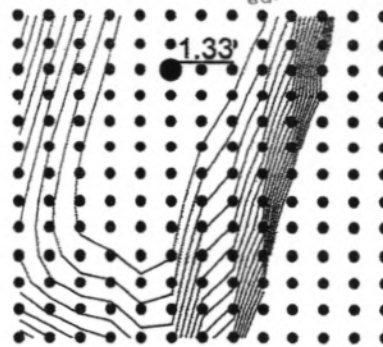
Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 0674571960
 CREA RJ: 56322

Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 0674571960
 CREA RJ: 56322

Prefeitura Municipal de Itaipava
Fis 334

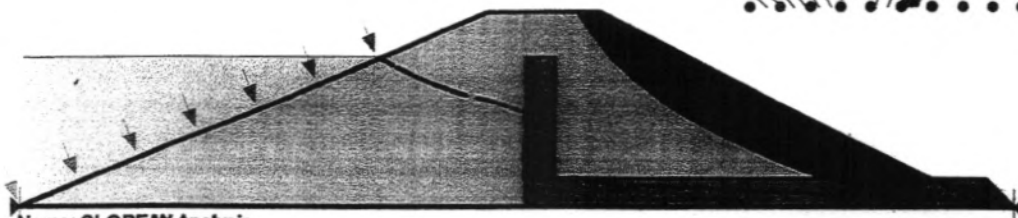
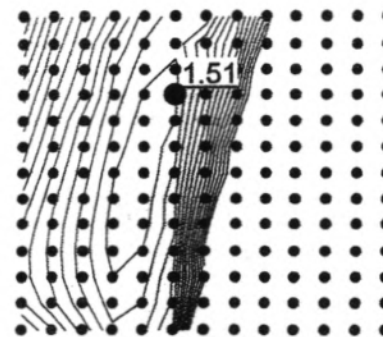
Prefeitura Municipal de Itaipava
Fis 76

Prefeitura Municipal de Itaipava
Fis 76



Name: SLOPE/W Analysis
Method: Morgenstern-Price
Direction of movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
Number of Slices: 30
Horz Seismic Load: 0
Vert Seismic Load: 0
Ru: 0.2
FOS: 1.33

Figura 8.4 - Resultados do estudo de estabilidade - Final de construção



Name: SLOPE/W Analysis
Method: Morgenstern-Price
Direction of movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
Number of Slices: 30
Horz Seismic Load: 0
Vert Seismic Load: 0
Ru: none
FOS: 1.51

Figura 8.5 - Resultados do estudo de estabilidade - Regime de Operação

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 067.571960
CREA/PA: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 067.571960
CREA/PA: 56322

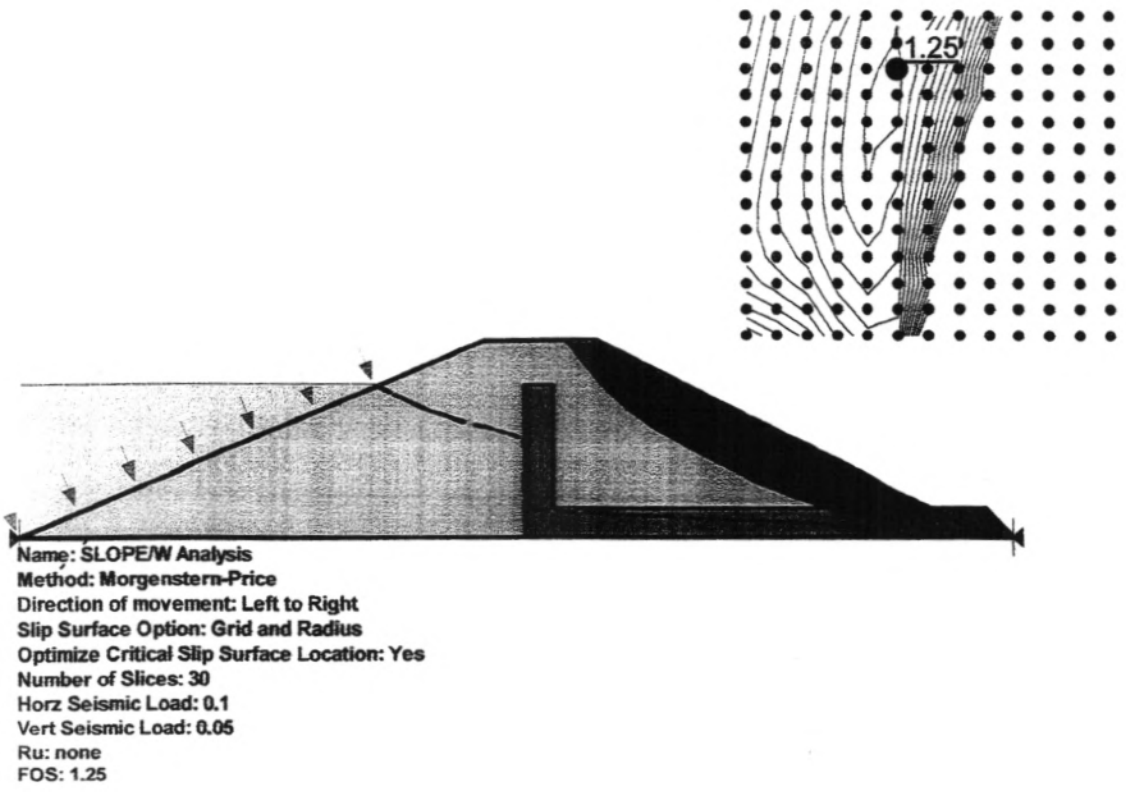


Figura 8.6 - Resultados do estudo de estabilidade - Regime de Operação com abalo sísmico

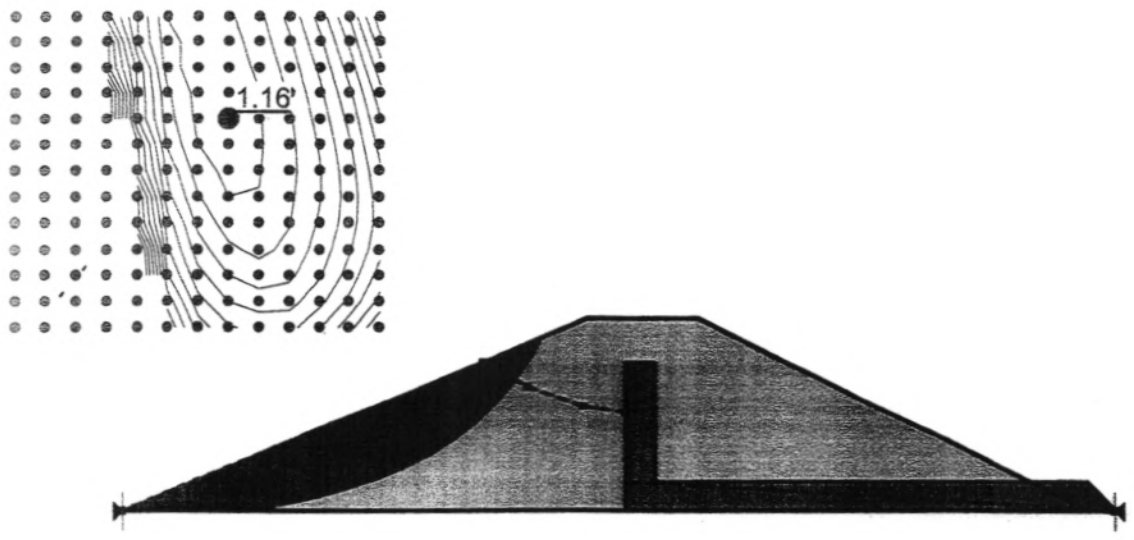


Figura 8.7 - Resultados do estudo de estabilidade - Esvaziamento Rápido

Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 061.571960
 CREA - PE, 56322

Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 061.571960
 CREA - PE, 56322



9. DESCRIÇÃO DA OBRA

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: CR 12571960
CREA - C.S. 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: CR 12571960
CREA - C.S. 56322

9. DESCRIÇÃO DA OBRA

9.1 Objetivos do Empreendimento

O distrito de Boa vista, situada próximo ao riacho Arara, tem apresentado nos últimos anos irregularidades no fornecimento de água para a população, devido aos invernos irregulares nos últimos anos. Mesmo em anos com pluviometria satisfatória, é inevitável a escassez hídrica na região, pois umas das características do nordeste brasileiro é a existência de um longo período de seca durante o ano.

O dimensionamento do reservatório tem como principal prioridade o acúmulo de uma reserva hídrica, para que desta forma, possa minimizar os efeitos da seca na região durante o período de estiagem, além de abastecer a população do distrito de Boa Vista e áreas adjacentes.

9.2 Escolha do Tipo de Barragem

Na eleição do tipo de barragem mais apropriado para o local escolhido constatou-se que o condicionante mais relevante diz respeito aos aspectos geológicos/geotécnicos da região.

Estes aspectos se traduzem na disponibilidade de solos argilosos a uma distância satisfatória do barramento, presença de areias com granulometria média ou grossa na calha do riacho Arara, bem como a identificação de rochas graníticas ou gnáissicas nas áreas adjacentes. Logo, uma seção do tipo de terra homogênea se mostrou a alternativa mais apropriada técnica e economicamente, devido a vasta disponibilidade de materiais constituintes desta proposta.

9.3 Geometria da Barragem

Coroamento

A cota da crista foi definida com base nos estudos hidrológicos, que definiram o volume de acumulação mais apropriado para o reservatório. A cota do sangradouro foi, portanto, definida em 187,40 m, acumulando um volume de 592.929 m³. A partir da definição da cota da soleira e das informações hidrológicas sobre a cheia centenária foi

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 06.0571960
CREA RJ: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 06.0571960
CREA RJ: 56322





determinada a altura da onda, em função do fecht, e a partir daí calculou-se a folga. Considerando a lâmina da cheia centenária obteve-se a revanche $R = 1,85$ m, valor este que acarretou na escolha da cota de coroamento de 189,30 m.



A largura do coroamento foi determinada pela fórmula de Preece e se obteve um valor próximo a 4,00m, tendo este sendo adotado. A seção transversal apresenta um caimento de 2% para montante. A camada final com 0,30cm de espessura será executada com material pétreo de “fundo de pedreira”. Nos limites dos bordos serão colocados meios-fios moldados “in situ” com saída d’água para montante, espaçadas de 20,00m em 20,00m.

Taludes

Os taludes foram pré-dimensionados com base com base no tipo de material presente na jazida de empréstimo, e posteriormente analisados nos estudos de estabilidade de taludes. O talude de montante foi projetado com inclinação constante de 1,0:2,0 (h:v), e o talude de jusante numa inclinação de 1,0:2,0 (h:v). Nos estudos de estabilidade, verificou-se que as dimensões pré-estabelecidas são adequadas, não havendo necessidade de alterações.

O maciço de enrocamento do Rip-Rap, para proteção do talude de montante, foi concebido com um talude contínuo, desde o coroamento (na cota 189,30) até o nível do terreno. A espessura do Rip-Rap é constante ao longo do talude, no valor de 30 cm.

A rocha de origem deve ser do tipo granítica ou gnaiss, provenientes das escavações obrigatórias do local do vertedouro. O diâmetro médio D50 deve ser da ordem de 20 cm.

Drenagem interna

Está prevista a execução de um filtro vertical como parte do sistema de drenagem interna, com 1,0 m de espessura de areia de riacho até a cota 187,4 e daí até a base de fundação. Previu-se o uso do material local a ser retirado na calha do Riacho Arara, desde que se enquadre na faixa granulometria especificada no **Quadro 9.1**.

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0614571960
CREA/CE: 56322

Ciro M. Siqueira
Engenheiro Civil
RN: 0614571960
CREA/CE: 56322

Quadro 9.1- faixa granulométrica do filtro vertical

PENEIRA	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
FAIXA EM % PASSANTE	100	78-100	52-100	29-95	8-79	0-43	0-5

Na região de fundação, o dreno vertical será ligado a um colchão de areia (dreno horizontal, de mesma espessura, direcionado para jusante. Ao final do dreno horizontal, está previsto um dreno de pé e transições.

O dreno de pé ou rock fill deverá ser do mesmo tipo de rocha do rip-rap (granítica ou gnaiss) com o diâmetro dos blocos D50 da ordem de 20 cm. O rock fill tem a altura da ordem de 1,20 m, e previsto ser executado entre as estacas 6+00 e 19+00.

Seção tipo

Na figura 9.1 a seguir é apresentado a seção tipo projetada.

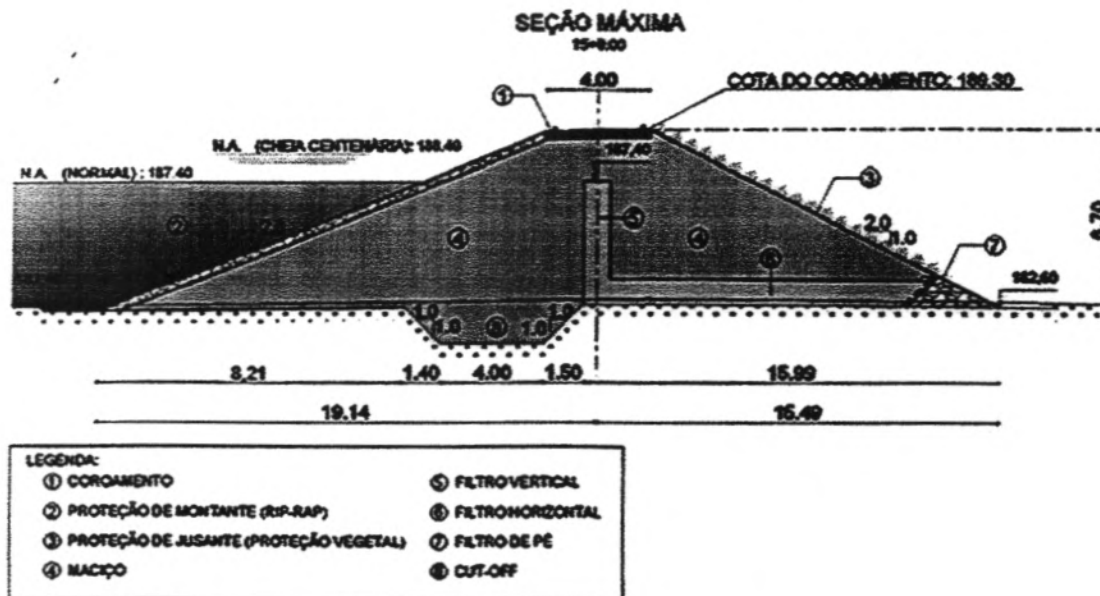


Figura 9.1 – Seção Tipo da barragem Boa Vista


Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 061/0571960
 CREA - CE: 56322


 Ciro M. Siqueira
 Engenheiro Civil
 RN: 061/0571960
 CREA - CE: 56322

9.4 Geometria do sangradouro

Concebeu-se o sistema de sangria com do tipo escavado em rocha com um cordão de fixação, localizado adjacente a barragem na ombreira esquerda. A largura do vertedouro, de acordo com os estudos hidrológicos, é de 30 metros. A cota do topo do cordão de fixação está na 187,40. Fazem parte ainda do sistema um canal de aproximação e um canal de restituição, ambos escavados em rocha, com largura mínima de 30m e projetados na cota 187,30.

As escavações dos taludes deverão ser de 5:1 (h:v) em trecho em rocha e 1:1 (h:v) em trecho de solo ou alteração de rocha (materiais de 2ª categoria). No contato do sangradouro com a barragem, está previsto um muro ala de alvenaria de pedra, com a cota da crista do muro na 189,40.

Na Figura 9.2 é apresentado um layout geral com a localização do vertedouro.

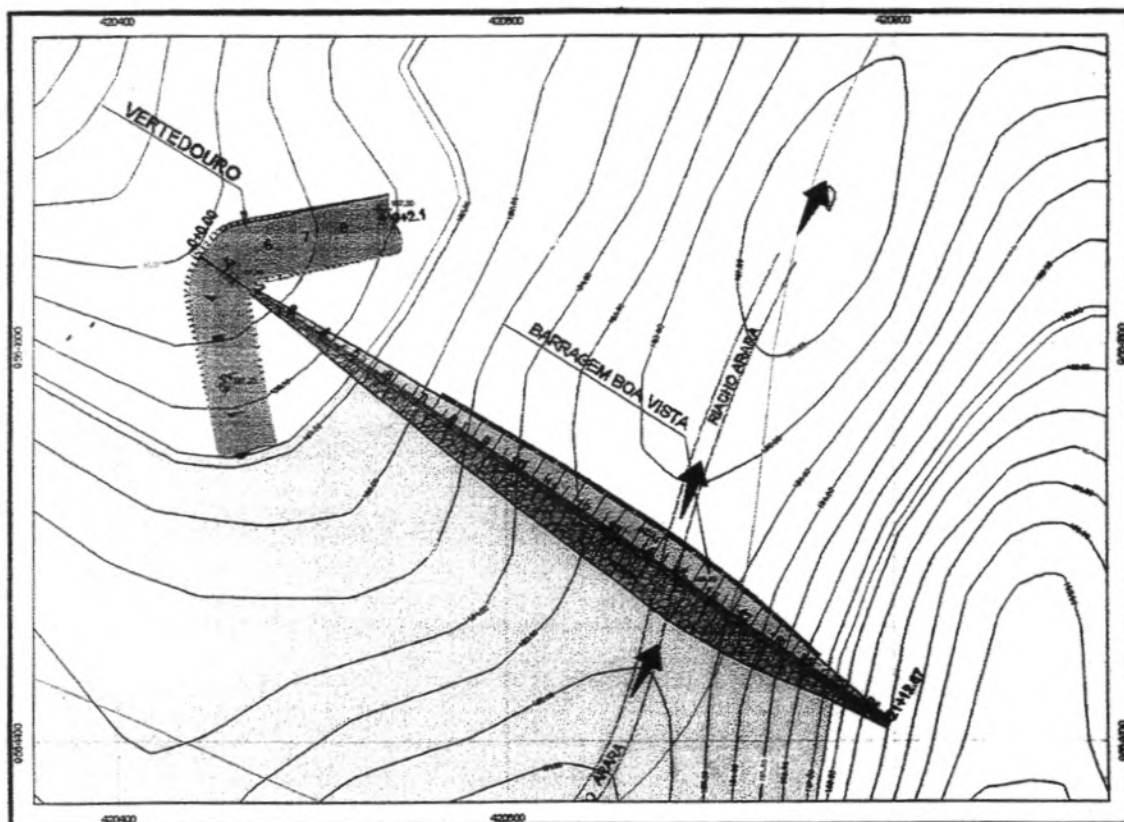


Figura 9.2 – Layout geral da barragem e vertedouros