CESAN
qualidade em saneamento



CONTRATO 0190/2022
OF Nº E-GPJ-016-001-2022

MUNICÍPIO DE DOMINGOS MARTINS

IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

PROJETO ESTRUTURAL

VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE ESTRUTURAL - MEMÓRIA DE CÁLCULO

A-062-000-00-4-MC-0001

Interthechne CONSULTORES S.A.

Julho / 2023

IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU
PROJETO ESTRUTURAL
VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE ESTRUTURAL - MEMÓRIA DE CÁLCULO

1	ALTERAÇÃO DE CÓDIGO	JPA	RM	JUL/23
0	VERSÃO APROVADA	LSDAS	DHT	MAR/23
A	EMISSÃO INICIAL	LSDAS	DHT	JAN/23
Nº	Descrição	Prep.	Aprov.	Data
REVISÕES				

Intertechne CONSULTORES S.A.

CESAN
qualidade em saneamento

BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU
PROJETO BÁSICO
RIO JUCU BRAÇO NORTE

Elaborado por	LSDAS	Monica Carvalho Gerente do Projeto
Verificado por	DHT	
Supervisor	RM	José F. Pinheiro Machado Resp. Técnico CREA PR 20532/D
Data	JAN/23	

CÓDIGO INTERTECHNE	Rev.
22AL-BI-4-GE-G00-00-C-40-MC-0001	1

CÓDIGO UNIFICADO	Rev.
A-062-000-00-4-MC-0001	1

JOSE FRANCO PINHEIRO MACHADO:56752890978
Assinado de forma digital por JOSE FRANCO PINHEIRO MACHADO:56752890978
Dados: 2023.07.20 09:17:31 -03'00'

IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU
PROJETO ESTRUTURAL
VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE ESTRUTURAL - MEMÓRIA DE CÁLCULO

ÍNDICE

1. OBJETIVO 1
2. METODOLOGIA 1
2.1. SEGURANÇA A FLUTUAÇÃO 2
2.2. SEGURANÇA AO TOMBAMENTO 2
2.3. SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO 3
3. CARREGAMENTOS 4
3.1. PESO PRÓPRIO 4
3.2. PESO DE ÁGUA 5
3.3. EMPUXO HIDROSTÁTICO 5
3.4. SUBPRESSÃO 5
3.5. EMPUXO ESTÁTICO DE ATERRO 6
3.6. PRESSÃO HIDRODINÂMICA 7
4. PARÂMETROS ADOTADOS 7
4.1. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS 7
4.2. PARÂMETROS DO CONTATO CONCRETO-ROCHA E SOLO 8
4.3. NÍVEIS DE ÁGUA 8
4.4. PARÂMETROS DE SISMO 8
5. VERTEDOURO LABIRINTO 9
5.1. SEÇÕES ANALISADAS 9
5.2. CASOS DE CARREGAMENTO 11
5.3. MEMÓRIA DE CÁLCULO 11
5.4. RESULTADOS 11
5.5. CONCLUSÃO 12
6. TOMADA DE ÁGUA 13
6.1. SEÇÕES ANALISADAS 13
6.2. CASOS DE CARREGAMENTO 15
6.3. MEMÓRIA DE CÁLCULO 15
6.4. RESULTADOS 15
6.5. CONCLUSÃO 17
7. TOMADA DE DESVIO 18
7.1. SEÇÕES ANALISADAS 18

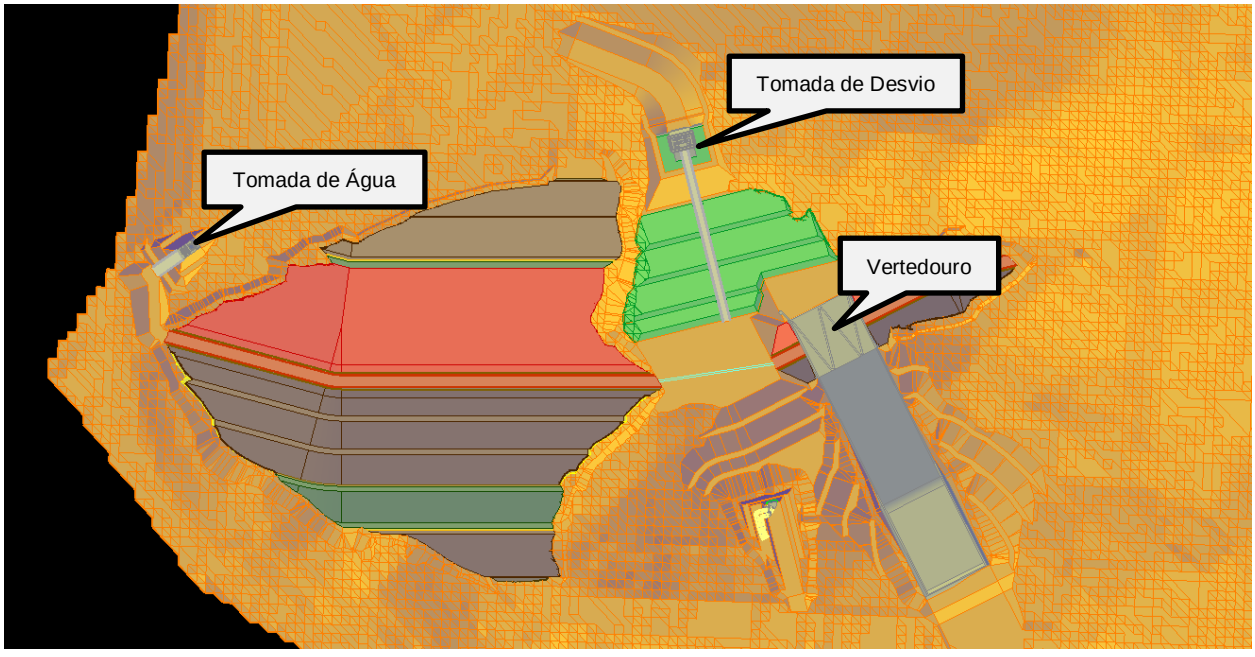
7.2. CASOS DE CARREGAMENTO....20
7.3. MEMÓRIA DE CÁLCULO....20
7.4. RESULTADOS....20
7.5. CONCLUSÃO....22

IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU
PROJETO ESTRUTURAL
VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE ESTRUTURAL - MEMÓRIA DE CÁLCULO

1. OBJETIVO

O presente documento tem como objetivo apresentar a verificação de estabilidade estrutural, conforme critérios de projeto da Eletrobrás, das três estruturas de concreto (Vertedouro, Tomada de Desvio e Tomada de Água) da Barragem dos Imigrantes, localizada no Rio Jucu Braço Norte, Estado do Espírito Santo. O arranjo geral da Barragem dos Imigrantes e a localização das estruturas de concreto são apresentados na Figura 1-1.

Figura 1-1 – Arranjo Geral da Barragem dos Imigrantes



2. METODOLOGIA

A análise de segurança global foi feita englobando a verificação da perda de equilíbrio global das estruturas quanto a movimentos de corpo rígido, tais como:

- Flutuação
- Tombamento
- Tensões na base da fundação
- Deslizamento

2.1. SEGURANÇA A FLUTUAÇÃO

O fator de segurança à flutuação (FSF) é definido como a relação entre o somatório das forças gravitacionais e o somatório das forças de subpressão, e é dado pela expressão abaixo:

$$\mathrm{FSF} = \frac{\Sigma \mathrm{V}}{\Sigma \mathrm{U}}$$

Onde:

FSF = Fator de segurança à flutuação

∑ V = Somatório das forças gravitacionais

∑ U = Somatório das forças de subpressão

Despreza-se, em geral, o efeito do atrito nas faces laterais do bloco.

Foram utilizados para os diferentes casos de carregamento os fatores de segurança listados na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 – Fatores de segurança à flutuação

FATOR DE SEGURANÇA	Casos de Carregamentos			
	CCN	CCE	CCL	CCC
Flutuação (FSF) ≥	1,30	1,10	1,10	1,20

2.2. SEGURANÇA AO TOMBAMENTO

2.2.1 Fator de segurança ao tombamento (FST)

O fator de segurança ao tombamento em qualquer direção é definido como a relação entre o momento estabilizante e o momento de tombamento em relação a um ponto ou uma linha efetiva de rotação e é dado pela expressão:

$$\mathrm{FST} = \frac{\Sigma \mathrm{M_e}}{\Sigma \mathrm{M_t}}$$

Onde:

FST = Fator de segurança ao tombamento

$\sum M_e$ = Somatório dos momentos estabilizantes

$\sum M_t$ = Somatório dos momentos de tombamento

Para os diferentes casos de carregamento, foram utilizados os fatores de segurança apresentados na Tabela 2-2.

Tabela 2-2 – Fatores de segurança ao tombamento

FATOR DE SEGURANÇA	Casos de Carregamentos			
	CCN	CCE	CCL	CCC
Tombamento (FST) ≥	1,50	1,20	1,10	1,30

2.2.2 Tensões na Base

O tombamento também pode ser verificado pela taxa de compressão da base da estrutura.

As tensões atuantes no contato concreto-fundação são verificadas através do percentual de base comprimida para cada caso de carregamento. De acordo com os Critérios da Eletrobrás, para o caso normal, toda a base deve estar comprimida, ou seja, não é admitido nenhum esforço de tração. Para os demais casos de carregamento admite-se uma abertura do contato limitada a 1/3 da seção de contato concreto / fundação. A Tabela 2-3 resume as condições para cada caso.

Tabela 2-3 – Tensões admissíveis na base

Casos de carregamento	Compressão
CCN	Toda a base comprimida (100%)
CCE	2/3 da base comprimida (67%)
CCL	2/3 da base comprimida (67%)
CCC	2/3 da base comprimida (67%)

2.3. SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO

Considera-se que a segurança ao deslizamento está verificada se:

$$\mathrm{FSD} = \frac{\frac{\Sigma N_i tg(\phi_i)}{CSD\phi} + \frac{\Sigma C_i A_i}{CSDc}}{\Sigma \mathrm{T_i}} \geq 1{,}0$$

Onde:

FSD = Fator de segurança ao deslizamento

CSDϕ = Coeficiente de segurança ao deslizamento por redução da resistência devida ao atrito

CSDc = Coeficiente de segurança ao deslizamento por redução da resistência devida a coesão

Ni = Resultante das forças normais à superfície de deslizamento em análise

ϕi = Ângulo de atrito característico da superfície de deslizamento em análise

Ci = Coesão característica ao longo da superfície de deslizamento

Ai = Área efetiva de contato da estrutura no plano em análise

Ti = Resultante das forças paralelas à superfície de deslizamento

Caso a fundação esteja em contato com um material no qual não possui coesão, a segurança ao deslizamento está verificada se:

$$\mathrm{FSD} = \frac{\frac{\Sigma N_i tg(\phi_i)}{FSD\phi}}{\Sigma \mathrm{T_i}} \geq 1{,}0$$

Onde:

FSD = Fator de segurança ao deslizamento

Ni = Resultante das forças normais à superfície de deslizamento em análise

ϕi = Ângulo de atrito característico da superfície de deslizamento em análise

Ti = Resultante das forças paralelas à superfície de deslizamento

Para os diferentes casos de carregamento, foram utilizados os fatores parciais de segurança apresentados na Tabela 2-4.

Tabela 2-4 – Fatores de segurança ao deslizamento

Coeficientes de segurança	Casos de Carregamentos			
	CCN	CCE	CCL	CCC
CSDc	3,00	1,50	1,30	2,00
CSDø	1,50	1,10	1,10	1,30

3. CARREGAMENTOS

De acordo com as diretrizes definidas nos Critérios de Projeto de Usinas Hidrelétricas da Eletrobrás (2003), as seguintes condições de carregamentos devem ser consideradas nos estudos de estabilidade global.

Condição de Carregamento de Construção (CCC) corresponde a todas as combinações de ações que apresentem probabilidade de ocorrência durante a execução da obra.

Condição de Carregamento Normal (CCN) corresponde a combinação que apresenta grande probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura. Engloba a operação normal ou manutenção de rotina da barragem, em condições hidrológicas normais.

Condição de Carregamento Excepcional (CCE) corresponde as combinações que consideram a ocorrência de somente uma ação excepcional.

Condição de Carregamento Limite (CCL) corresponde as combinações de ação que consideram a ocorrência de mais de uma ação excepcional.

3.1. PESO PRÓPRIO

O peso próprio da estrutura é calculado em função do volume da estrutura e do peso específico do material em questão.

3.2. PESO DE ÁGUA

O peso de água diz respeito ao volume de água que se encontra acima, no paramento, ou na própria estrutura e ao peso específico da água.

3.3. EMPUXO HIDROSTÁTICO

Na avaliação do empuxo hidrostático a montante, são considerados os níveis possíveis de água influenciados pelo reservatório, enquanto que, a jusante os níveis de água a serem considerados são influenciados pelas condições hidráulicas de jusante.

3.4. SUBPRESSÃO

A subpressão devido aos níveis de água de montante e de jusante atua na estrutura, no contato concreto-rocha e na rocha de fundação abaixo do contato concreto-rocha. Os critérios utilizados para definição da subpressão, seguem a metodologia apresentada nos “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidroelétricas” da Eletrobrás.

3.4.1 Critério de Subpressão no Contato Concreto-Rocha

Geral

O diagrama de subpressão foi considerado sempre atuante. No pé de montante e de jusante a subpressão é dada pelas colunas de água medidas pelos níveis de água de montante e de jusante, respectivamente, até o plano de contato concreto-rocha.

Nos pontos situados entre as duas extremidades de montante e de jusante, os valores de subpressão deverão ser ajustados às seguintes situações: drenos inoperantes ou inexistentes; ou drenos operantes.

Drenos Inoperantes ou Inexistentes

Na hipótese de drenos inoperantes ou inexistentes, a subpressão varia linearmente entre os valores da coluna de água de montante e jusante.

Drenos Operantes

A pressão de água atuante na linha dos drenos é igual a pressão da coluna de água correspondente ao nível de jusante acrescida de 1/3 da diferença entre as pressões de água de montante e jusante, ou seja:

$$H_d = H_j + \frac{(H_m - H_j)}{3}$$

Onde:

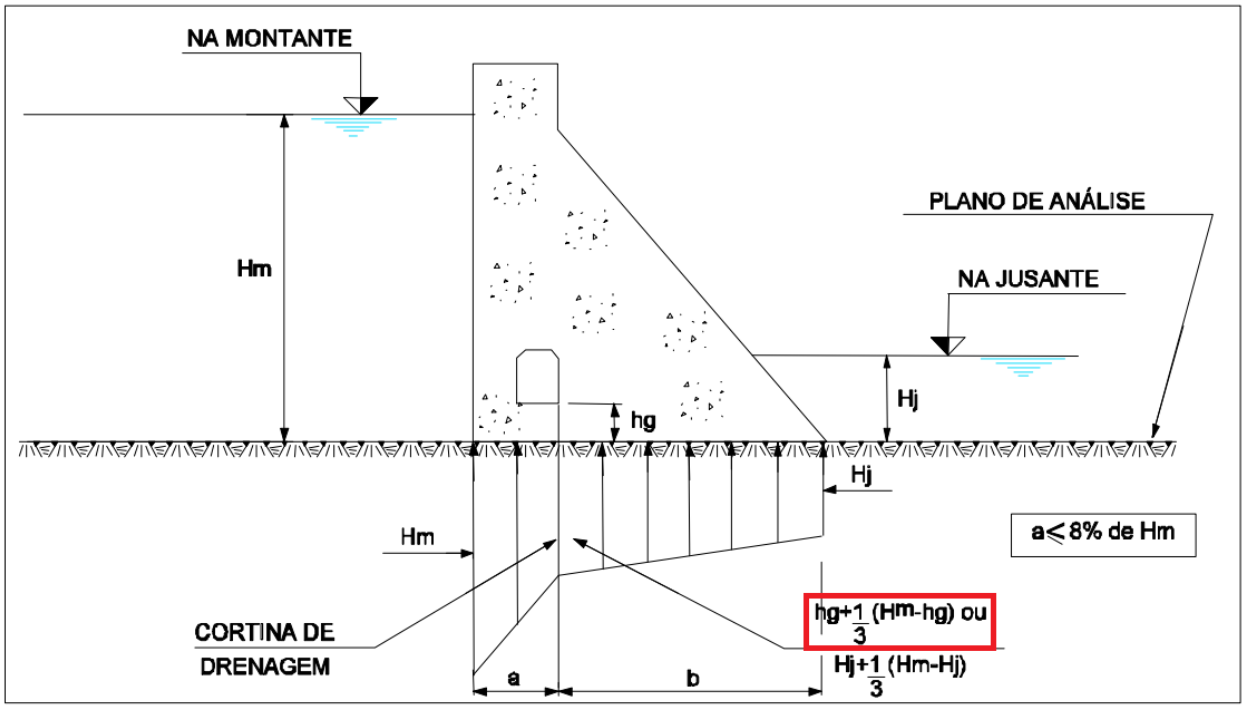
H_d = Coluna de água na linha dos drenos;

H_m = Coluna de água de montante;

H_j = Coluna de água de jusante.

Se o piso da galeria de drenagem estiver situado acima do nível de água de jusante a pressão de água na linha dos drenos será calculada como se o nível de água de jusante coincidisse com o nível do piso da galeria, conforme demonstrado na Figura 3-1.

Figura 3-1 – Subpressão com drenos operantes – Eletrobrás (2003).



3.5. EMPUXO ESTÁTICO DE ATERRO

As pressões horizontais do aterro ou sedimento exercidas nos paramentos, muros ou paredes são calculadas empregando o método das cunhas (Coulomb generalizado) em função dos ângulos de atrito, considerando-se o solo em repouso. A pressão é calculada pela expressão:

$$p = \gamma_{aterro} \cdot H \cdot K_0$$

$$K_0 = 1 - \text{sen}\phi$$

Onde:

p = Pressão do sedimento na profundidade H

γ_{aterro} = Peso específico do aterro

H = Profundidade

K_0 = Coeficiente de empuxo no repouso

Φ = Ângulo de atrito interno do solo (sedimentos)

3.6. PRESSÃO HIDRODINÂMICA

A pressão hidrodinâmica varia com a profundidade e é calculada segundo o critério de Westergaard, de acordo com as recomendações do manual EM 1110-2-2100 (USACE), conforme apresentado na Figura 3-2.

A resultante da pressão hidrodinâmica pode ser calculada pela expressão:

$$P_E = \left(\frac{7}{12}\right) \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot h^2 \ \ (feet\ e\ kip)$$

$$P_E = \left(\frac{4}{7}\right) \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot h^2 \ \ (kN\ e\ m)$$

Onde:

P_E = Resultante da pressão hidrodinâmica

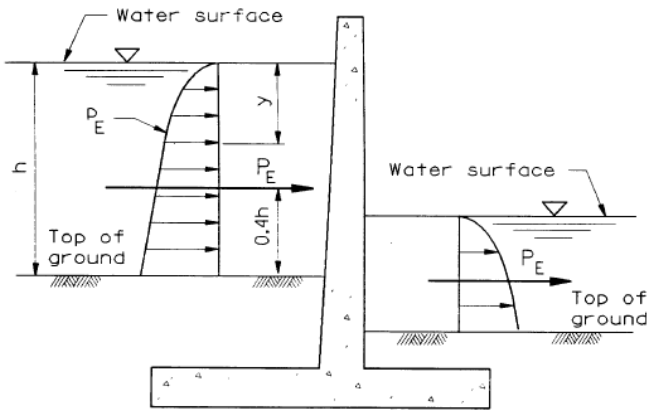
k_h = Coeficiente sísmico horizontal

γ_w = Peso específico da água

h = Altura da água desde a fundação até a superfície da água

A força resultante é aplicada a 0,4h da fundação.

Figura 3-2 – Pressão Hidrodinâmica



4. PARÂMETROS ADOTADOS

4.1. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Os pesos específicos do concreto e água adotados para a análise de estabilidade da Barragem dos Imigrantes estão representados a seguir:

Peso específico concreto..... 24,00 kN/m³

Peso específico água..... 10,00 kN/m³

*O valor do peso específico do concreto depende do peso específico da rocha que será utilizada como agregado. Quando os ensaios da rocha forem realizados, o valor do peso específico do concreto deve ser confirmado.

4.2. PARÂMETROS DO CONTATO CONCRETO-ROCHA E SOLO

Os parâmetros do contato concreto-rocha e solo foram adotados pela Intertechne com base nos ensaios SPT disponibilizados. Dito isso, para a Barragem dos Imigrantes foram adotados os seguintes parâmetros:

Coesão (Tomada de Água)..... 10 kPa

Coesão (Vertedouro e Tomada de Desvio)..... 0 kPa

Ângulo de atrito do contato concreto – rocha (Tomada de Água).....32°

Ângulo de atrito do solo (Vertedouro e Tomada de Desvio).....30°

Tensão admissível na fundação ..... 0,1 Mpa

4.3. NÍVEIS DE ÁGUA

4.3.1 Níveis de Água à Montante

De acordo com o Relatório de Dimensionamentos Hidráulicos (22AL-BI-4-GE-G00-00-C-13-MC-0001 / A-062-000-00-5-MC-0001) da Barragem dos Imigrantes, foram considerados os seguintes níveis de água à montante para o cálculo de estabilidade das estruturas de concreto:

Máximo Normal..... 120,00 m

Máximo Maximorum (TR 10.000 anos) ..... 122,31 m

4.3.2 Níveis de Água à Jusante

De acordo com o Relatório de Dimensionamentos Hidráulicos (22AL-BI-4-GE-G00-00-C-13-MC-0001 / A-062-000-00-5-MC-0001) da Barragem dos Imigrantes, foram considerados os seguintes níveis de água à jusante para o cálculo de estabilidade das estruturas de concreto:

TR 10 anos..... 74,63 m

Máximo Maximorum (TR 10.000 anos) ..... 77,51 m

4.4. PARÂMETROS DE SISMO

Os parâmetros para a análise sísmica foram definidos de acordo com valores mínimos recomendados pela Eletrobrás (2003), conforme apresentado a seguir.

Coeficiente sísmico horizontal – OBE ..... 0,05 g

Coeficiente sísmico vertical – OBE ..... 0,03 g

5. VERTEDOURO LABIRINTO

O Vertedouro Labirinto da Barragem dos Imigrantes se encontra à esquerda do barramento. A análise de estabilidade do Vertedouro Labirinto está representada a seguir:

5.1. SEÇÕES ANALISADAS

A análise de estabilidade do Vertedouro Labirinto da Barragem dos Imigrantes foi realizada tridimensionalmente através de modelagem 3D. Este foi modelado e dimensionado pela Intertechne.

Na Figura 5-1 e Figura 5-2 é apresentado o modelo tridimensional do Vertedouro Labirinto.

Figura 5-1 – Modelo tridimensional do Vertedouro Labirinto– Vista de montante

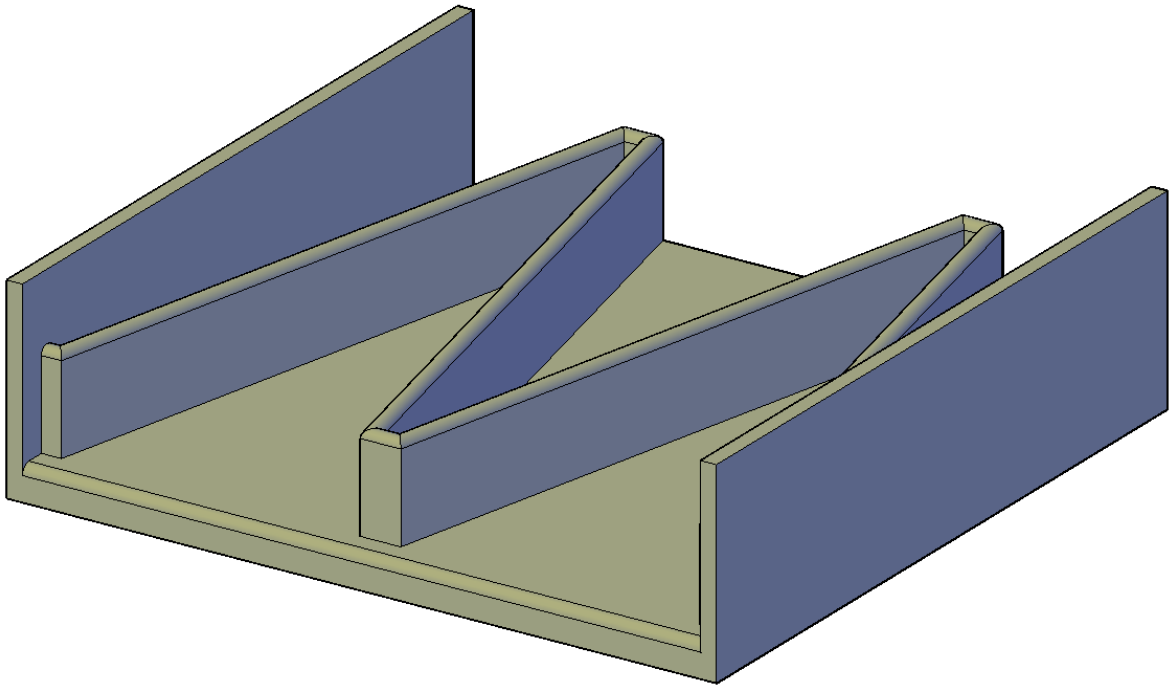
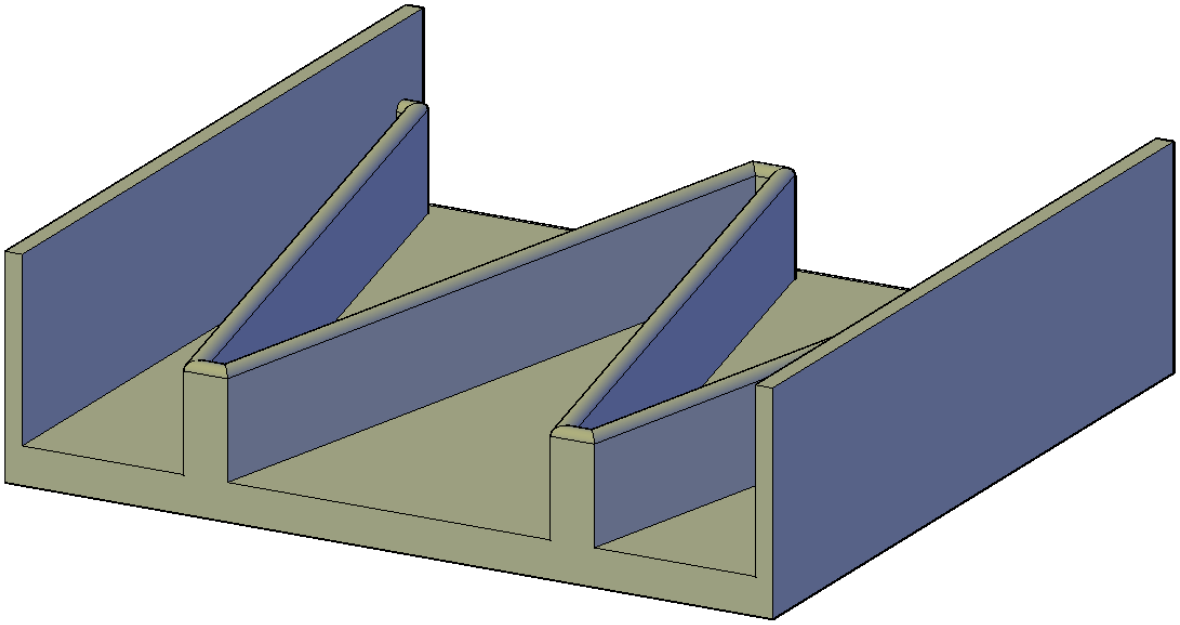
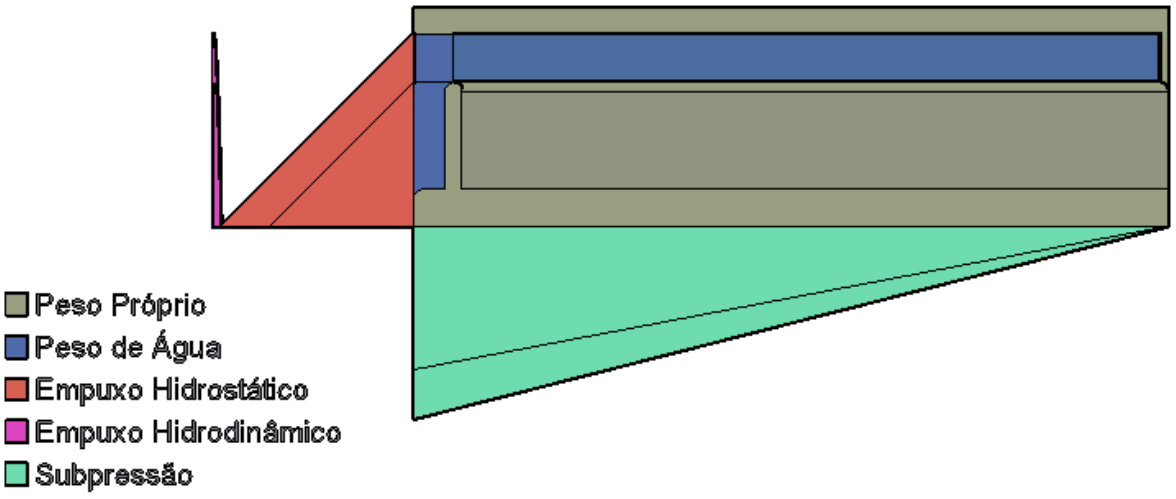


Figura 5-2 – Modelo tridimensional do Vertedouro Labirinto – Vista de jusante



Na Figura 5-3 está ilustrado a seção analisada do Vertedouro Labirinto com indicação dos esforços considerados.

Figura 5-3 - Seção do trecho analisado do Vertedouro Labirinto



5.2. CASOS DE CARREGAMENTO

Na Tabela 5-1 são apresentados os casos de carregamento considerados na análise da estabilidade global do Vertedouro Labirinto.

Tabela 5-1 - Casos de carregamento considerados para o Vertedouro Labirinto

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120,00 m	113,25 m	-	-	-
CCE1	122,31 m	113,25 m	-	-	-
CCE2	120,00 m	113,25 m	-	-	OBE
CCL	122,31 m	113,25 m	-	-	OBE

5.3. MEMÓRIA DE CÁLCULO

A planilha de cálculo do Vertedouro Labirinto pode ser consultada no ANEXO 1 do presente relatório.

5.4. RESULTADOS

A Tabela 5-2 até a Tabela 5-5 apresentam os resultados da análise de estabilidade do Vertedouro Labirinto para todos os casos de carregamento apresentados.

5.4.1 Deslizamento

Na Tabela 5-2 são apresentados os resultados da análise de deslizamento do Vertedouro Labirinto.

Tabela 5-2 – Resultados da análise de deslizamento do Vertedouro Labirinto

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1,30	-	-	-
CCN	4,52	1,50	-	-	-
CCE1	2,67	1,10	-	-	-
CCE2	2,80	1,10	-	-	-
CCL	1,89	1,10	-	-	-

5.4.2 Flutuação

Na Tabela 5-3 são apresentados os resultados da análise de Flutuação do Vertedouro Labirinto.

Tabela 5-3 – Resultados da análise de flutuação do Vertedouro Labirinto

CASOS	FLUTUAÇÃO (FSF)	
	CALCULADO	MÍNIMO
CCC	-	-
CCN	2,49	1,30
CCE1	2,11	1,10
CCE2	2,41	1,10
CCL	2,04	1,10

5.4.3 Tombamento

Na Tabela 5-4 são apresentados os resultados da análise de tombamento do Vertedouro Labirinto.

Tabela 5-4 – Resultados da análise de tombamento do Vertedouro Labirinto

CASOS	TOMBAMENTO (FST)	
	CALCULADO	MÍNIMO
CCC	-	1,30
CCN	1,98	1,50
CCE1	1,70	1,20
CCE2	1,86	1,20
CCL	1,61	1,10

5.4.4 Tensões na fundação

Na Tabela 5-5 são apresentadas as tensões na fundação do Vertedouro Labirinto.

Tabela 5-5 – Resultados da análise de tensões na fundação do Vertedouro Labirinto

CASOS	COMPRESSÃO NA FUNDAÇÃO (MPa)		TENSÃO À MONTANTE (MPa)*	ÁREA COMPRIMIDA (%)		
	MÁXIMA	ADMISSÍVEL		CALCULADO	MÍNIMO	FISSURA?
CCC	0,06	0,10	-0,06	100%	67%	NÃO
CCN	0,07	0,10	-0,03	100%	100%	NÃO
CCE1	0,07	0,10	-0,03	100%	67%	NÃO
CCE2	0,07	0,10	-0,03	100%	67%	NÃO
CCL	0,07	0,10	-0,03	100%	67%	NÃO

*TENSÃO TRAÇÃO É POSITIVA (+)

5.5. CONCLUSÃO

O Vertedouro Labirinto da Barragem dos Imigrantes atende aos critérios de projeto da Eletrobrás para as considerações realizadas no presente estudo. Os resultados da análise de estabilidade da estrutura atendem aos fatores de segurança previsto pela Eletrobrás, conforme demonstrado no capítulo 5.4 do presente documento.

6. TOMADA DE ÁGUA

A Tomada de Água da Barragem dos Imigrantes se encontra à direita do barramento, ilhada dentro do reservatório. Devido à condição da Tomada de Água estar ilhada pelo reservatório e não fazer parte das estruturas que compõem a barragem do empreendimento, a estabilidade será verificada apenas para as condições de flutuação e deslizamento.A análise de estabilidade da Tomada de Água está representada a seguir:

6.1. SEÇÕES ANALISADAS

A análise de estabilidade da Tomada de Água da Barragem dos Imigrantes foi realizada tridimensionalmente através de modelagem 3D. Esta foi modelada e dimensionada pela Intertechne.

Na Figura 6-1 e Figura 6-2 é apresentado o modelo tridimensional da Tomada de Água.

Figura 6-1 – Modelo tridimensional da Tomada de Água – Vista de montante

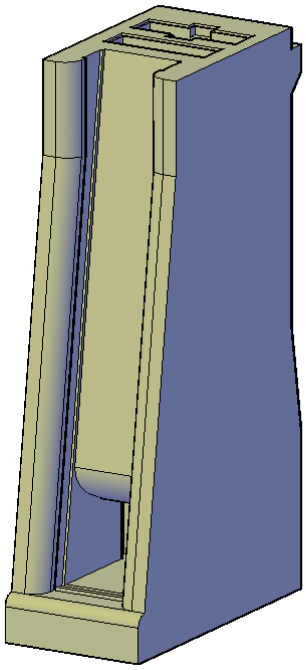
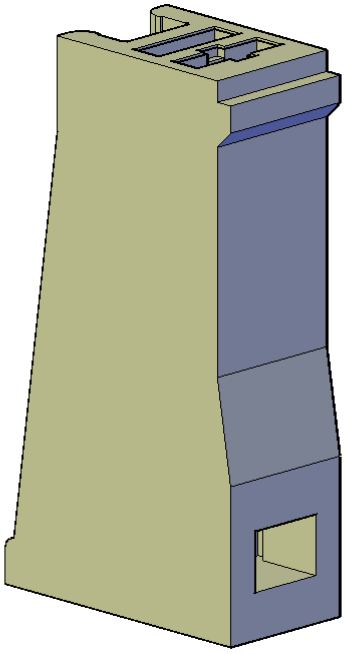
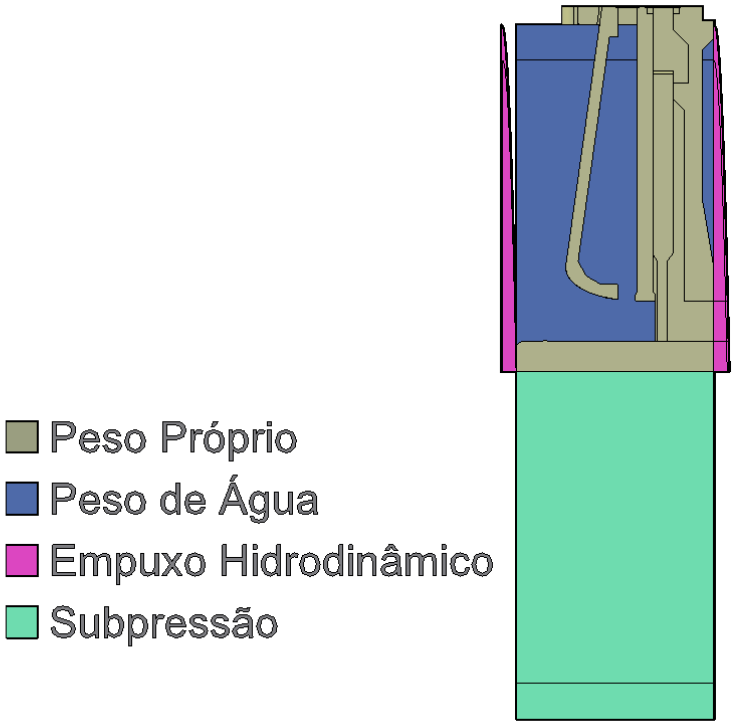


Figura 6-2 – Modelo tridimensional da Tomada de Água – Vista de jusante



Na Figura 6-3 está ilustrado a seção analisada da Tomada de Água com indicação dos esforços considerados.

Figura 6-3 - Seção do trecho analisado da Tomada de Água



6.2. CASOS DE CARREGAMENTO

Na Tabela 6-1 são apresentados os casos de carregamento considerados na análise da estabilidade global da Tomada de Água.

Tabela 6-1 - Casos de carregamento considerados para a Tomada de Água

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120,00 m	120,00 m	-	-	-
CCE1	122,31 m	122,31 m	-	-	-
CCE2	120,00 m	120,00 m	-	-	OBE
CCL	122,31 m	122,31 m	-	-	OBE

6.3. MEMÓRIA DE CÁLCULO

As planilhas de cálculo da Tomada de Água podem ser consultadas no ANEXO 2, ANEXO 3, ANEXO 4 e ANEXO 5 do presente relatório.

6.4. RESULTADOS

A Tabela 6-2 até a Tabela 6-5 apresentam os resultados da análise de estabilidade da Tomada de Água para todos os casos de carregamento apresentados.

6.4.1 Deslizamento (Sentido montante-jusante)

Na Tabela 6-2 são apresentados os resultados da análise de deslizamento da Tomada de Água.

Tabela 6-2 – Resultados da análise de deslizamento da Tomada de Água (montante-jusante)

CASOS	**DESLIZAMENTO (FSD)**				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	2.92	1.10	-	-	-
CCL	2.34	1.10	-	-	-

6.4.1 Deslizamento (Sentido jusante-montante)

Na Tabela 6-3 são apresentados os resultados da análise de deslizamento da Tomada de Água.

Tabela 6-3 – Resultados da análise de deslizamento da Tomada de Água (jusante-montante)

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	2.92	1.10	-	-	-
CCL	2.34	1.10	-	-	-

6.4.1 Deslizamento (Sentido transversal)

Na Tabela 6-4 são apresentados os resultados da análise de deslizamento da Tomada de Água.

Tabela 6-4 – Resultados da análise de deslizamento da Tomada de Água (transversal)

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.94	1.10	-	-	-
CCL	1.53	1.10	-	-	-

6.4.2 Flutuação

Na Tabela 6-5 são apresentados os resultados da análise de Flutuação da Tomada de Água.

Tabela 6-5 – Resultados da análise de flutuação da Tomada de Água

	CCN		CCE 1		CCE 2		CCL	
	Volume (m^3)	Fy (kN)	Volume (m^3)	Fy (kN)	Volume (m^3)	Fy (kN)	Volume (m^3)	Fy (kN)
Níveis de água	Usual		TR 10000		Usual		TR 10000	
Sismo	-		-		OBE		OBE	
Peso da estrutura	915.70	21976.82	915.70	21976.82	915.70	21317.51	915.70	21317.51
Peso de água	648.88	6488.80	733.77	7337.68	648.88	6294.13	733.77	7117.54
Subpressão	1606.83	16068.29	1790.58	17905.80	1606.83	16068.29	1790.58	17905.80
CSF calc	1.77		1.64		1.72		1.59	
CSF min	1.30		1.10		1.10		1.10	
	OK! FSF ≥ 1.3		OK! FSF ≥ 1.1		OK! FSF ≥ 1.1		OK! FSF ≥ 1.1	

6.5. CONCLUSÃO

A Tomada de Água da Barragem dos Imigrantes atende aos critérios de projeto da Eletrobrás para as considerações realizadas no presente estudo. Os resultados da análise de estabilidade da estrutura atendem aos fatores de segurança previsto pela Eletrobrás, conforme demonstrado no capítulo 6.4 do presente documento.

7. TOMADA DE DESVIO

A Tomada de Desvio da Barragem dos Imigrantes se encontra ilhada dentro do reservatório, à montante do centro do barramento. Devido à condição da Tomada de Água estar ilhada pelo reservatório e não fazer parte das estruturas que compõem a barragem do empreendimento, a estabilidade será verificada apenas para as condições de flutuação e deslizamento. A análise de estabilidade da Tomada de Desvio está representada a seguir:

7.1. SEÇÕES ANALISADAS

A análise de estabilidade da Tomada de Desvio da Barragem dos Imigrantes foi realizada tridimensionalmente através de modelagem 3D. Esta foi modelada e dimensionada pela Intertechne.

Na Figura 7-1 e Figura 7-2 é apresentado o modelo tridimensional da Tomada de Desvio.

Figura 7-1 – Modelo tridimensional da Tomada de Desvio– Vista de montante

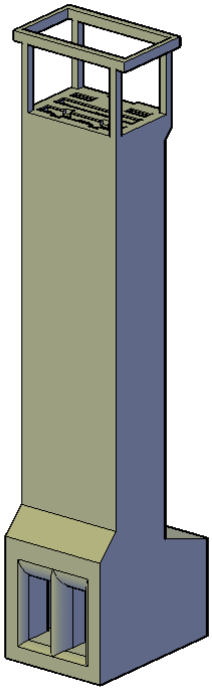
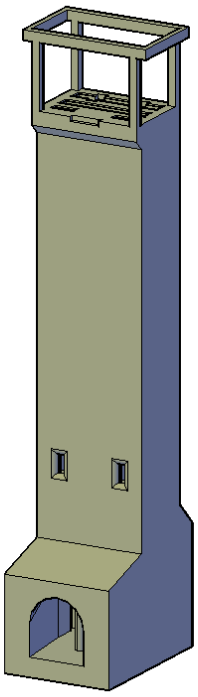
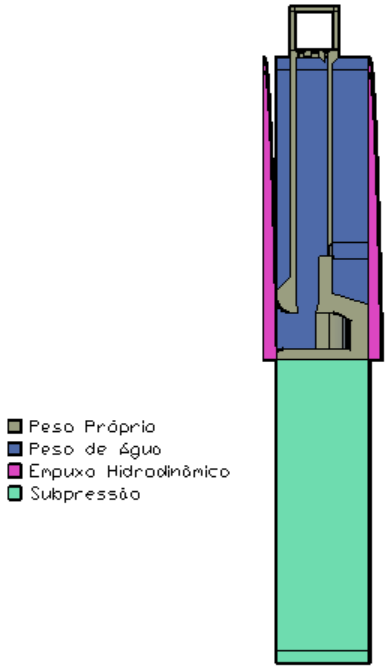


Figura 7-2 – Modelo tridimensional da Tomada de Desvio – Vista de jusante



Na Figura 7-3 está ilustrado a seção analisada da Tomada de Desvio com indicação dos esforços considerados.

Figura 7-3 - Seção do trecho analisado da Tomada de Desvio



7.2. CASOS DE CARREGAMENTO

Na Tabela 7-1 são apresentados os casos de carregamento considerados na análise da estabilidade global da Tomada de Desvio.

Tabela 7-1 - Casos de carregamento considerados para a Tomada de Desvio

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120,00 m	120,00 m	-	-	-
CCE1	122,31 m	122,31 m	-	-	-
CCE2	120,00 m	120,00 m	-	-	OBE
CCL	122,31 m	122,31 m	-	-	OBE

7.3. MEMÓRIA DE CÁLCULO

As memórias de cálculo da Tomada de Desvio podem ser consultadas no ANEXO 6, ANEXO 7, ANEXO 8 e ANEXO 9 do presente relatório.

7.4. RESULTADOS

A Tabela 7-2 até a Tabela 7-5 apresentam os resultados da análise de estabilidade da Tomada de Desvio para todos os casos de carregamento apresentados.

7.4.1 Deslizamento (Sentido montante-jusante)

Na Tabela 7-2 são apresentados os resultados da análise de deslizamento da Tomada de Desvio.

Tabela 7-2 – Resultados da análise de deslizamento da Tomada de Desvio (montante-jusante)

CASOS	**DESLIZAMENTO (FSD)**				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.29	1.10	-	-	-
CCL	1.17	1.10	-	-	-

7.4.1 Deslizamento (Sentido jusante-montante)

Na Tabela 7-3 são apresentados os resultados da análise de deslizamento da Tomada de Desvio.

Tabela 7-3 – Resultados da análise de deslizamento da Tomada de Desvio (jusante-montante)

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.29	1.10	-	-	-
CCL	1.17	1.10	-	-	-

7.4.1 Deslizamento (Sentido transversal)

Na Tabela 7-4 são apresentados os resultados da análise de deslizamento da Tomada de Desvio.

Tabela 7-4 – Resultados da análise de deslizamento da Tomada de Desvio (transversal)

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.34	1.10	-	-	-
CCL	1.23	1.10	-	-	-

7.4.2 Flutuação

Na Tabela 7-5 são apresentados os resultados da análise de Flutuação da Tomada de Desvio.

Tabela 7-5 – Resultados da análise de flutuação da Tomada de Desvio

	CCN		CCE 1		CCE 2		CCL	
	Volume (m³)	Fy (kN)	Volume (m³)	Fy (kN)	Volume (m³)	Fy (kN)	Volume (m³)	Fy (kN)
Níveis de água	Usual		TR 10000		Usual		TR 10000	
Sismo	-		-		OBE		OBE	
Peso da estrutura	3885,32	93247,68	3885,32	93247,68	3885,32	90450,24	3885,32	90450,24
Peso de água	1711,49	17114,93	1788,83	17888,27	1711,49	16601,48	1788,83	17351,62
Subpressão	5702,56	57025,63	5911,12	59111,15	5702,56	57025,63	5911,12	59111,15
CSF calc	1,94		1,88		1,88		1,82	
CSF min	1,30		1,10		1,10		1,10	
	OK! FSF ≥ 1,3		OK! FSF ≥ 1,1		OK! FSF ≥ 1,1		OK! FSF ≥ 1,1	

7.5. CONCLUSÃO

A Tomada de Desvio da Barragem dos Imigrantes atende aos critérios de projeto da Eletrobrás para as considerações realizadas no presente estudo. Os resultados da análise de estabilidade da estrutura atendem aos fatores de segurança previsto pela Eletrobrás, conforme demonstrado no capítulo 7.4 do presente documento.

Anexo 1

Planilha de Cálculo – Vertedouro Labirinto

BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

ANÁLISE DA ESTABILIDADE E TENSÕES

Barragem dos Imigrantes
Vertedouro
Norma: ELETROBRÁS

Materiais	Peso Específico (γ)
Concreto	24,00 kN/m³
Água	10,00 kN/m³

Sismo			Fundação	
Aceleração	**OBE**	**MDE**	Coesão (C)	0 kN/m²
Aceleração vertical	0,03 g	0,00 g	Ângulo de atrito (φ)	30 ° (graus)
Aceleração horizontal	0,05 g	0,00 g	Tensão Admissível	0,1 MPa

COMBINAÇÕES DE CARGA

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120,00 m	113,25 m	-	-	-
CCE1	122,31 m	113,25 m	-	-	-
CCE2	120,00 m	113,25 m	-	-	OBE
CCL	122,31 m	113,25 m	-	-	OBE

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1,30	-	-	-
CCN	4,52	1,50	-	-	-
CCE1	2,67	1,10	-	-	-
CCE2	2,80	1,10	-	-	-
CCL	1,89	1,10	-	-	-

CASOS	FLUTUAÇÃO (FSF)		TOMBAMENTO (FST)	
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO
CCC	-	-	-	1,30
CCN	2,49	1,30	1,98	1,50
CCE1	2,11	1,10	1,70	1,20
CCE2	2,41	1,10	1,86	1,20
CCL	2,04	1,10	1,61	1,10

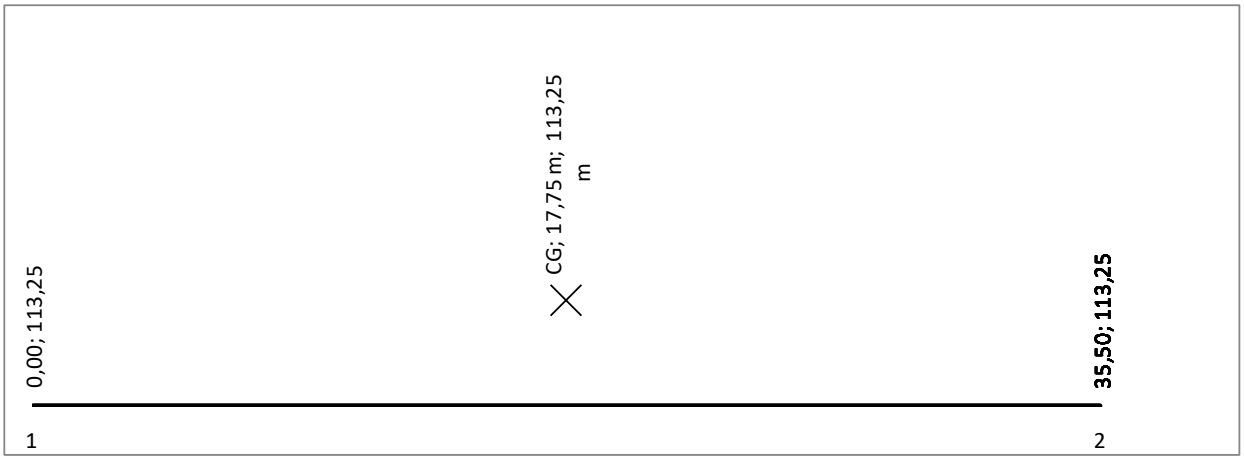
BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

ANÁLISE DAS TENSÕES						
CASOS	COMPRESSÃO NA FUNDAÇÃO (MPa)		TENSÃO À MONTANTE (MPa)*	ÁREA COMPRIMIDA (%)		
	MÁXIMA	ADMISSÍVEL		CALCULADO	MÍNIMO	FISSURA?
CCC	0,06	0,10	-0,06	100%	67%	NÃO
CCN	0,07	0,10	-0,03	100%	100%	NÃO
CCE1	0,07	0,10	-0,03	100%	67%	NÃO
CCE2	0,07	0,10	-0,03	100%	67%	NÃO
CCL	0,07	0,10	-0,03	100%	67%	NÃO

*TENSÃO TRAÇÃO É POSITIVA (+)

BASE			
Ponto	X (m)	Elevação (m)	Largura (m)
1	0,00	113,25	36,60
2	35,50	113,25	36,60

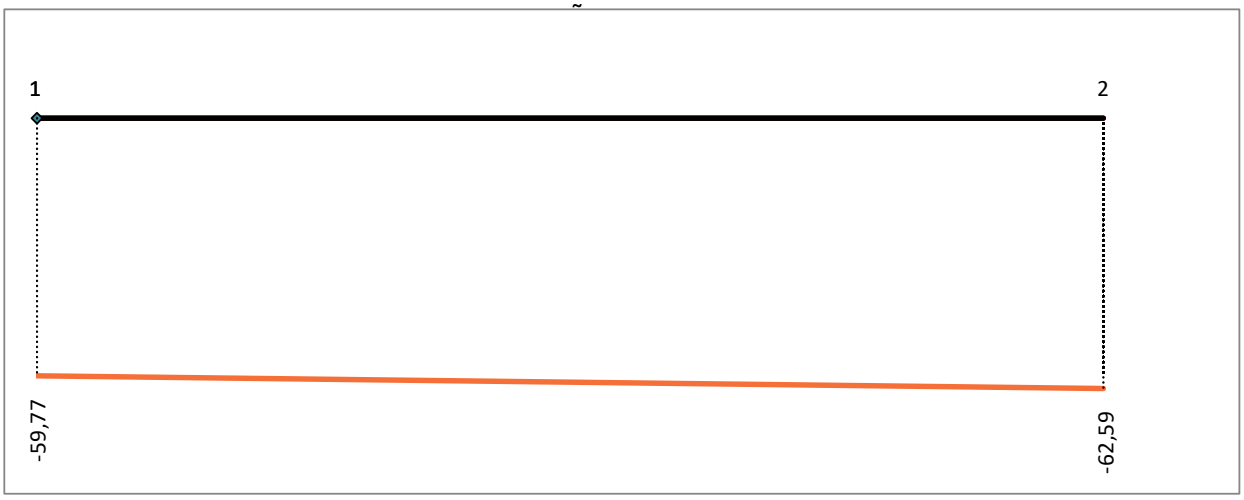
PROPRIEDADES DA BASE	
X_{CG}	17,75 m
EL_{CG}	113,25 m
I_{TOTAL}	136.453,57 m^4
Área	1299,30 m^2



BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

ANÁLISE DE TENSÕES						
CCC						
Cargas	Volume	Força Vertical	Força Horizontal	Distância em relação ao CG da Fundação		Momento Em Relação ao CG
	m³	kN	kN	x m	El m	kN.m
Peso de Concreto	3.311,95	-79.486,71		0,14		-10.834,04
Subpressão Vertical	0,00	0,00		-17,75		0,00
Subpressão Horizontal	0,00		0,00		-113,25	0,00
SOMA	-	-79.486,71	0,00	-	-	-10.834,04

	TENSÃO			
	Normal		Tangencial	
Ponto	a (kPa)	b (kPa)	a (kPa)	b (kPa)
1 - 2	-59,77	-62,59	0,00	0,00



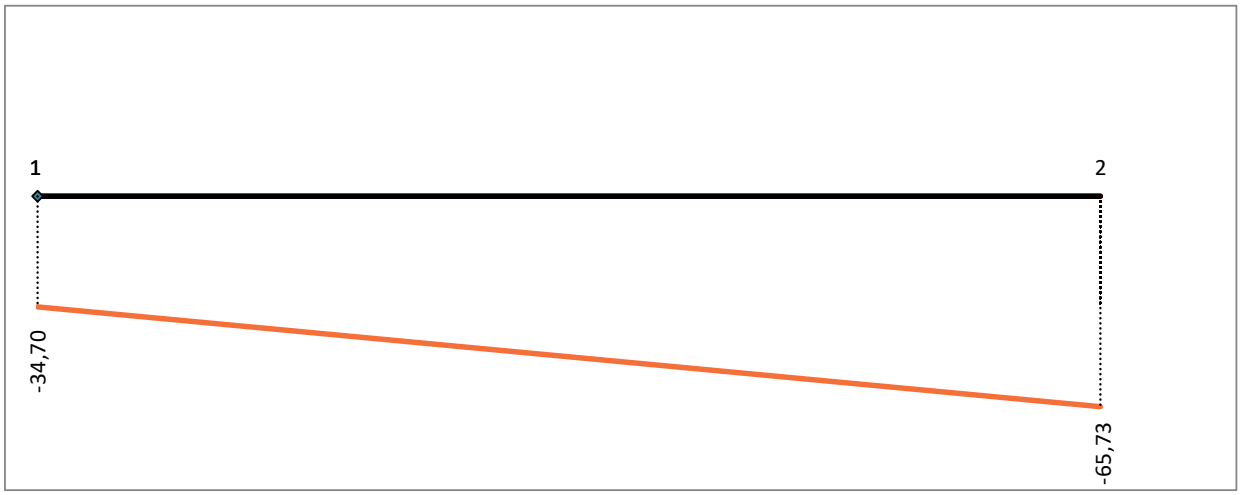


BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

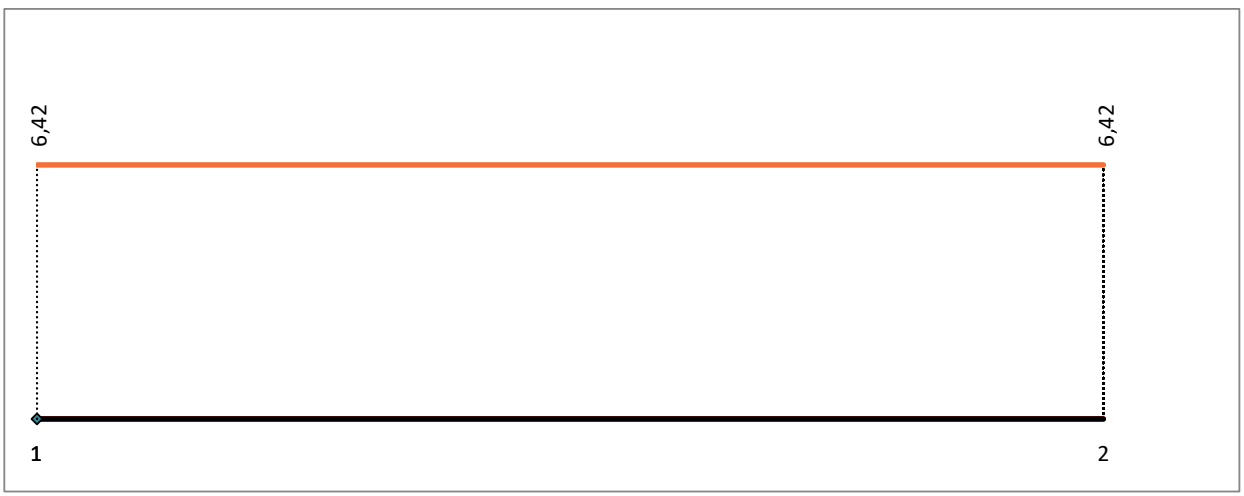
CCN						
Cargas	Volume	Força Vertical	Força Horizontal	Distância em relação ao CG da Fundação		Momento Em Relação ao CG
	m³	kN	kN	x m	El m	kN.m
Peso de Concreto	3.311,95	-79.486,71		0,14		-10.834,04
Peso de Água Montante	2.961,25	-29.612,54		-5,73		169.786,47
Empuxo Hidrostático Montante	833,79		8.337,94		2,25	-18.760,36
Empuxo Hidrostático Jusante	0,00		0,00		-37,75	0,00
Subpressão Vertical	4.385,14	43.851,38		-5,92		-259.453,97
SOMA	-	-65.247,88	8.337,94	-	-	-119.261,90

	TENSÃO			
	Normal		Tangencial	
Ponto	a (kPa)	b (kPa)	a (kPa)	b (kPa)
1 - 2	-34,70	-65,73	6,42	6,42

TENSÕES NORMAIS



TENSÕES TANGENCIAIS

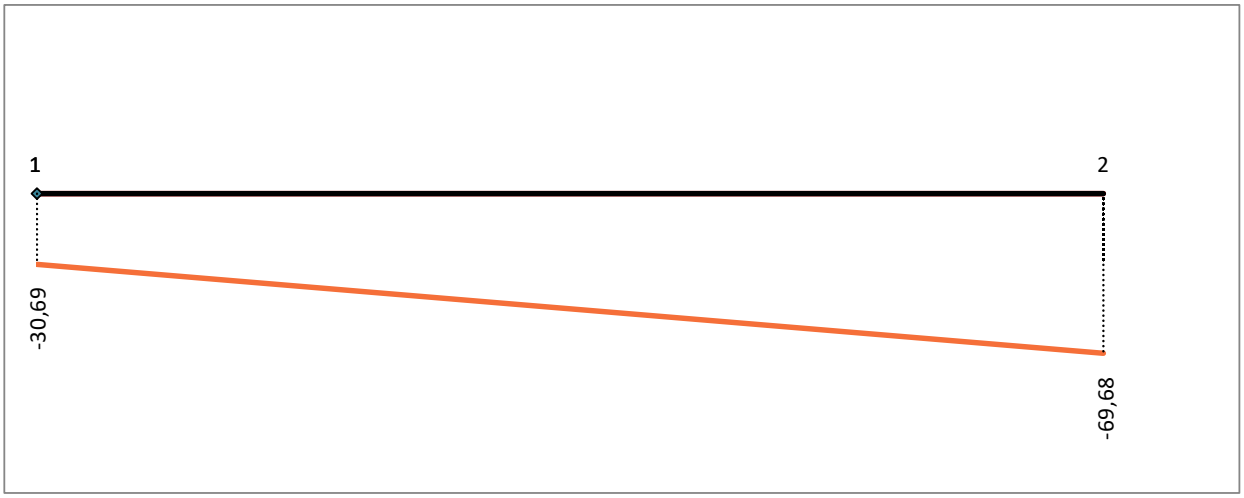


BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

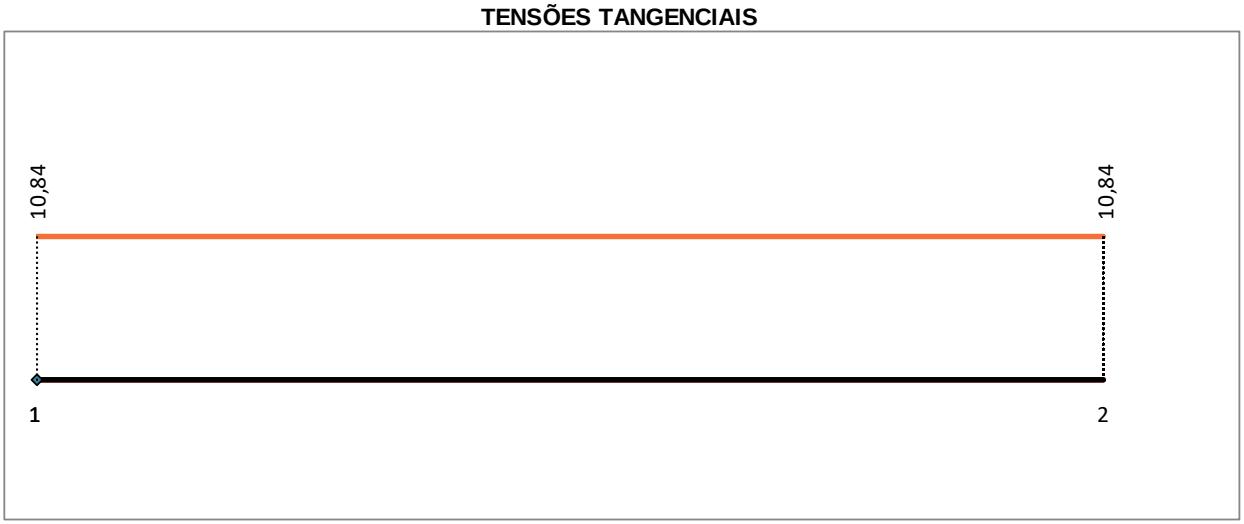
CCE1						
Cargas	Volume	Força Vertical	Força Horizontal	Distância em relação ao CG da Fundação		Momento Em Relação ao CG
	m³	kN	kN	x m	El m	kN.m
Peso de Concreto	3.311,95	-79.486,71		0,14		-10.834,04
Peso de Água Montante	4.457,21	-44.572,11		-5,55		247.553,48
Empuxo Hidrostático Montante	1.408,75		14.087,48		2,72	-38.341,90
Empuxo Hidrostático Jusante	0,00		0,00		-37,75	0,00
Subpressão Vertical	5.885,83	58.858,29		-5,92		-348.244,88
SOMA	-	-65.200,53	14.087,48	-	-	-149.867,34

	TENSÃO			
	Normal		Tangencial	
Ponto	a (kPa)	b (kPa)	a (kPa)	b (kPa)
1 - 2	-30,69	-69,68	10,84	10,84

TENSÕES NORMAIS

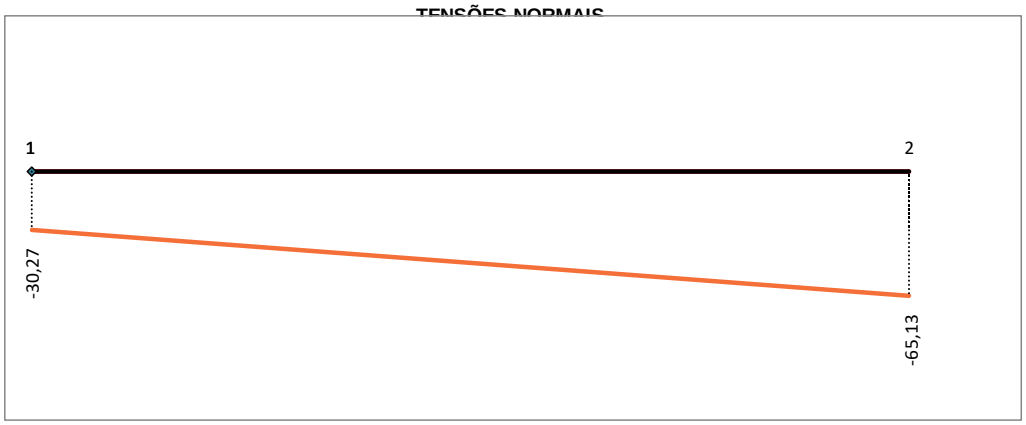


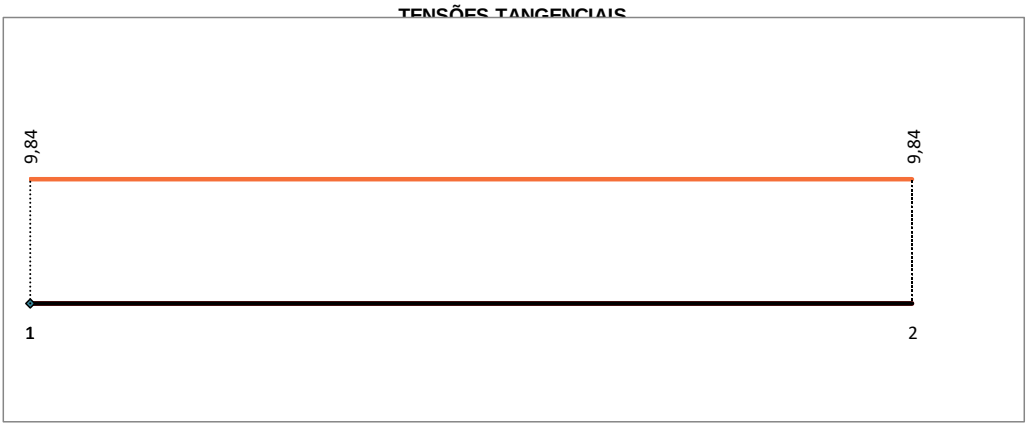
TENSÕES TANGENCIAIS



CCE2						
Cargas	Volume	Força Vertical	Força Horizontal	Distância em relação ao CG da Fundação		Momento Em Relação ao CG
	m³	kN	kN	x m	El m	kN.m
Peso de Concreto	3.311,95	-79.486,71		0,14		-10.834,04
Peso de Água Montante	2.961,25	-29.612,54		-5,73		169.786,47
Empuxo Hidrostático Montante	833,79		8.337,94		2,25	-18.760,36
Empuxo Hidrostático Jusante	0,00		0,00		-37,75	0,00
Força Inércia Vertical Concreto	99,36	2.384,60		0,14		325,02
Força Inércia Horizontal Concreto	165,60		3.974,34		2,18	-8.673,59
Força Inércia Vertical Água Mont.	88,84	888,38		-5,73		-5.093,59
Empuxo Hidrodinâmico Montante	47,66		476,64		2,70	-1.286,92
Empuxo Hidrodinâmico Jusante	0,00		0,00		-45,30	0,00
Subpressão Vertical	4.385,14	43.851,38		-5,92		-259.453,97
SOMA	-	-61.974,90	12.788,91	-	-	-133.990,98

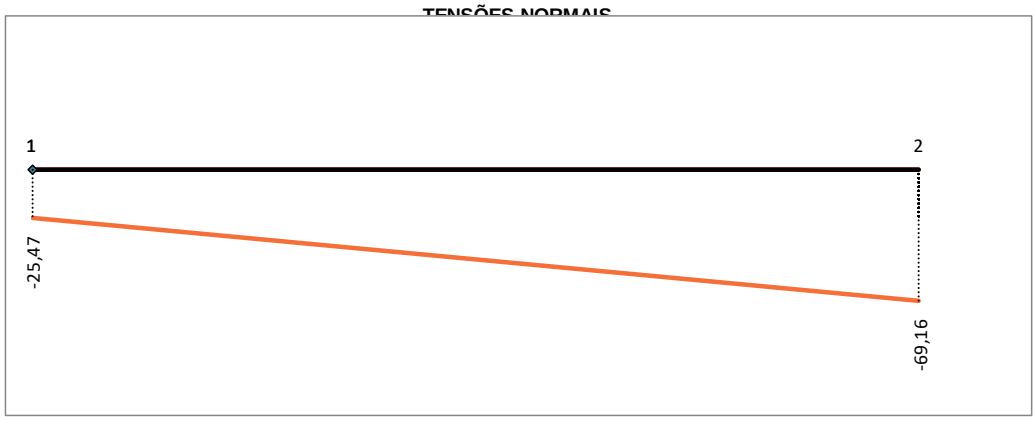
	TENSÃO			
	Normal		Tangencial	
Ponto	a (kPa)	b (kPa)	a (kPa)	b (kPa)
1 - 2	-30,27	-65,13	9,84	9,84

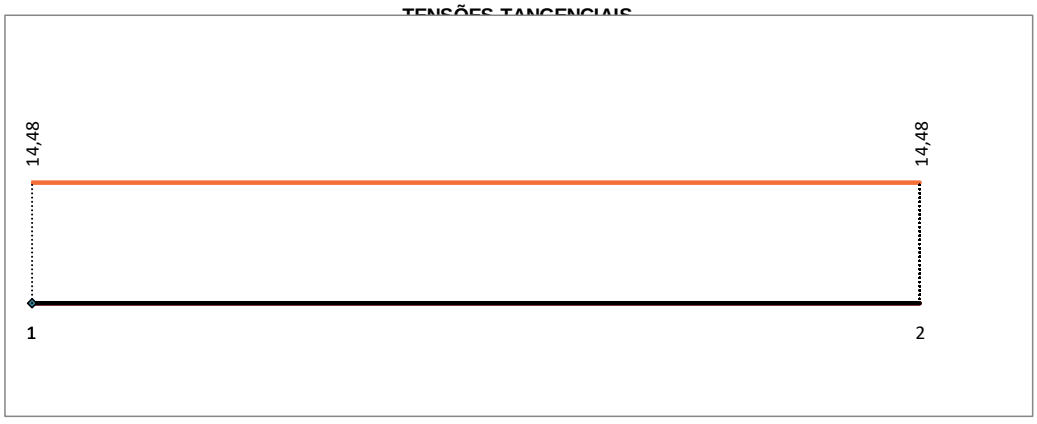




CCL						
Cargas	Volume	Força Vertical	Força Horizontal	Distância em relação ao CG da Fundação		Momento Em Relação ao CG
	m³	kN	kN	x m	El m	kN.m
Peso de Concreto	3.311,95	-79.486,71		0,14		-10.834,04
Peso de Água Montante	4.457,21	-44.572,11		-5,55		247.553,48
Empuxo Hidrostático Montante	1.408,75		14.087,48		2,72	-38.341,90
Empuxo Hidrostático Jusante	0,00		0,00		-37,75	0,00
Força Inércia Vertical Concreto	99,36	2.384,60		0,14		325,02
Força Inércia Horizontal Concreto	165,60		3.974,34		2,18	-8.673,59
Força Inércia Vertical Água Mont.	133,72	1.337,16		-5,55		-7.426,60
Empuxo Hidrodinâmico Montante	75,32		753,21		3,06	-2.301,27
Empuxo Hidrodinâmico Jusante	0,00		0,00		-45,30	0,00
Subpressão Vertical	5.885,83	58.858,29		-5,92		-348.244,88
SOMA	-	-61.478,76	18.815,02	-	-	-167.943,78

	TENSÃO			
	Normal		Tangencial	
Ponto	a (kPa)	b (kPa)	a (kPa)	b (kPa)
1 - 2	-25,47	-69,16	14,48	14,48





Anexo 2

Planilha de Cálculo – Tomada de Água – Deslizamento (montante-jusante)

BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

ANÁLISE DA ESTABILIDADE E TENSÕES

Barragem dos Imigrantes
Tomada de Água
Norma: ELETROBRÁS

Materiais	Peso Específico (γ)
Concreto	24.00 kN/m³
Água	10.00 kN/m³

Sismo			Fundação	
Aceleração	**OBE**	**MDE**	Coesão (C)	10 kN/m²
Aceleração vertical	0.03 g	0.00 g	Ângulo de atrito (φ)	32 ° (graus)
Aceleração horizontal	0.05 g	0.00 g	Tensão Admissível	1 MPa

COMBINAÇÕES DE CARGA

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120.00 m	120.00 m	-	-	-
CCE1	122.31 m	122.31 m	-	-	-
CCE2	120.00 m	120.00 m	-	-	OBE
CCL	122.31 m	122.31 m	-	-	OBE

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	2.92	1.10	-	-	-
CCL	2.34	1.10	-	-	-

Anexo 3

Planilha de Cálculo – Tomada de Água – Deslizamento (jusante-montante)

ANÁLISE DA ESTABILIDADE E TENSÕES

Barragem dos Imigrantes
Tomada de Água
Norma: ELETROBRÁS

Materiais	Peso Específico (γ)
Concreto	24.00 kN/m³
Água	10.00 kN/m³

Sismo			Fundação	
Aceleração	**OBE**	**MDE**	Coesão (C)	10 kN/m²
Aceleração vertical	0.03 g	0.00 g	Ângulo de atrito (φ)	32 ° (graus)
Aceleração horizontal	0.05 g	0.00 g	Tensão Admissível	1 MPa

COMBINAÇÕES DE CARGA

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120.00 m	120.00 m	-	-	-
CCE1	122.31 m	122.31 m	-	-	-
CCE2	120.00 m	120.00 m	-	-	OBE
CCL	122.31 m	122.31 m	-	-	OBE

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	2.92	1.10	-	-	-
CCL	2.34	1.10	-	-	-

Anexo 4

Planilha de Cálculo – Tomada de Água – Deslizamento (transversal)

ANÁLISE DA ESTABILIDADE E TENSÕES

Barragem dos Imigrantes
Tomada de Água
Norma: ELETROBRÁS

Materiais	Peso Específico (γ)
Concreto	24.00 kN/m³
Água	10.00 kN/m³

Sismo			Fundação	
Aceleração	**OBE**	**MDE**	Coesão (C)	10 kN/m²
Aceleração vertical	0.03 g	0.00 g	Ângulo de atrito (φ)	32 ° (graus)
Aceleração horizontal	0.05 g	0.00 g	Tensão Admissível	1 MPa

COMBINAÇÕES DE CARGA

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120.00 m	120.00 m	-	-	-
CCE1	122.31 m	122.31 m	-	-	-
CCE2	120.00 m	120.00 m	-	-	OBE
CCL	122.31 m	122.31 m	-	-	OBE

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.94	1.10	-	-	-
CCL	1.53	1.10	-	-	-

Anexo 5

Planilha de Cálculo – Tomada de Água – Flutuação

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - FLUTUAÇÃO

Projeto	Barragem dos Imigrantes
Estrutura	Tomada de Desvio
Norma	ELETROBRAS
Idioma	Português

Níveis de água	
Usual	120.00
TR 10000	122.31

Materiais - Peso específico (kN/m³)	
Concreto	24.00
Água	10.00

Sismo (kv)	
OBE	0.03 g

CSF	
CCN	1.30
CCE	1.10
CCL	1.10

Carregamentos - Volume (m³)			
	Peso da estrutura	**Peso de água**	**Subpressão**
Usual	915.70	648.88	1606.83
TR 10000	915.70	733.77	1790.58

	CCN		**CCE 1**		**CCE 2**		**CCL**	
	Volume (m³)	**Fy (kN)**	**Volume (m³)**	**Fy (kN)**	**Volume (m³)**	**Fy (kN)**	**Volume (m³)**	**Fy (kN)**
Níveis de água	Usual		TR 10000		Usual		TR 10000	
Sismo	-		-		OBE		OBE	
Peso da estrutura	915.70	21976.82	915.70	21976.82	915.70	21317.51	915.70	21317.51
Peso de água	648.88	6488.80	733.77	7337.68	648.88	6294.13	733.77	7117.54
Subpressão	1606.83	16068.29	1790.58	17905.80	1606.83	16068.29	1790.58	17905.80
CSF calc	1.77		1.64		1.72		1.59	
CSF min	1.30		1.10		1.10		1.10	
	OK! FSF ≥ 1.3		OK! FSF ≥ 1.1		OK! FSF ≥ 1.1		OK! FSF ≥ 1.1	

Anexo 6

Planilha de Cálculo – Tomada de Desvio – Deslizamento (montante-jusante)

BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

ANÁLISE DA ESTABILIDADE E TENSÕES

Barragem dos Imigrantes
Tomada de Desvio
Norma: ELETROBRÁS

Materiais	Peso Específico (γ)
Concreto	24.00 kN/m³
Água	10.00 kN/m³

Sismo			Fundação	
Aceleração	**OBE**	**MDE**	Coesão (C)	0 kN/m²
Aceleração vertical	0.03 g	0.00 g	Ângulo de atrito (φ)	30 ° (graus)
Aceleração horizontal	0.05 g	0.00 g	Tensão Admissível	1 MPa

COMBINAÇÕES DE CARGA

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120.00 m	120.00 m	-	-	-
CCE1	122.31 m	122.31 m	-	-	-
CCE2	120.00 m	120.00 m	-	-	OBE
CCL	122.31 m	122.31 m	-	-	OBE

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.29	1.10	-	-	-
CCL	1.17	1.10	-	-	-

Anexo 7

Planilha de Cálculo – Tomada de Desvio – Deslizamento (jusante-montante)

BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

ANÁLISE DA ESTABILIDADE E TENSÕES

Barragem dos Imigrantes
Tomada de Desvio
Norma: ELETROBRÁS

Materiais	Peso Específico (γ)
Concreto	24.00 kN/m³
Água	10.00 kN/m³

Sismo			Fundação	
Aceleração	**OBE**	**MDE**	Coesão (C)	0 kN/m²
Aceleração vertical	0.03 g	0.00 g	Ângulo de atrito (φ)	30 ° (graus)
Aceleração horizontal	0.05 g	0.00 g	Tensão Admissível	1 MPa

COMBINAÇÕES DE CARGA

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120.00 m	120.00 m	-	-	-
CCE1	122.31 m	122.31 m	-	-	-
CCE2	120.00 m	120.00 m	-	-	OBE
CCL	122.31 m	122.31 m	-	-	OBE

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.29	1.10	-	-	-
CCL	1.17	1.10	-	-	-

Anexo 8

Planilha de Cálculo – Tomada de Desvio – Deslizamento (transversal)

BARRAGEM DOS IMIGRANTES DO RIO JUCU

ANÁLISE DA ESTABILIDADE E TENSÕES

Barragem dos Imigrantes
Tomada de Desvio
Norma: ELETROBRÁS

Materiais	Peso Específico (γ)
Concreto	24.00 kN/m³
Água	10.00 kN/m³

Sismo			Fundação	
Aceleração	**OBE**	**MDE**	Coesão (C)	0 kN/m²
Aceleração vertical	0.03 g	0.00 g	Ângulo de atrito (φ)	30 ° (graus)
Aceleração horizontal	0.05 g	0.00 g	Tensão Admissível	1 MPa

COMBINAÇÕES DE CARGA

CASOS	EL. Nível de Água Montante	EL. Nível de Água Jusante	EL. Sedimento	Drenagem Operante?	Sismo
CCC	-	-	-	-	-
CCN	120.00 m	120.00 m	-	-	-
CCE1	122.31 m	122.31 m	-	-	-
CCE2	120.00 m	120.00 m	-	-	OBE
CCL	122.31 m	122.31 m	-	-	OBE

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

CASOS	DESLIZAMENTO (FSD)				
	SEM COESÃO		COM COESÃO		
	CALCULADO	MÍNIMO	CALCULADO	MÍNIMO	COESÃO NECESSÁRIA (kPa)
CCC	-	1.30	-	-	-
CCN	-	1.50	-	-	-
CCE1	-	1.10	-	-	-
CCE2	1.34	1.10	-	-	-
CCL	1.23	1.10	-	-	-

Anexo 9

Planilha de Cálculo – Tomada de Desvio – Flutuação

ANÁLISE DE ESTABILIDADE - FLUTUAÇÃO

Projeto	Barragem dos Imigrantes
Estrutura	Tomada de Desvio
Norma	ELETROBRAS
Idioma	Português

Níveis de água	
Usual	120.00
TR 10000	122.31

Materiais - Peso específico (kN/m³)	
Concreto	24.00
Água	10.00

Sismo (kv)	
OBE	0.03 g

CSF	
CCN	1.30
CCE	1.10
CCL	1.10

Carregamentos - Volume (m³)			
	Peso da estrutura	**Peso de água**	**Subpressão**
Usual	3885.32	1711.47	5702.56
TR 10000	3885.32	1788.81	5911.12

	CCN		**CCE 1**		**CCE 2**		**CCL**	
	Volume (m³)	**Fy (kN)**	**Volume (m³)**	**Fy (kN)**	**Volume (m³)**	**Fy (kN)**	**Volume (m³)**	**Fy (kN)**
Níveis de água	Usual		TR 10000		Usual		TR 10000	
Sismo	-		-		OBE		OBE	
Peso da estrutura	3885.32	93247.68	3885.32	93247.68	3885.32	90450.24	3885.32	90450.24
Peso de água	1711.47	17114.74	1788.81	17888.07	1711.47	16601.29	1788.81	17351.43
Subpressão	5702.56	57025.63	5911.12	59111.15	5702.56	57025.63	5911.12	59111.15
CSF calc	1.94		1.88		1.88		1.82	
CSF min	1.30		1.10		1.10		1.10	
	OK! FSF ≥ 1.3		OK! FSF ≥ 1.1		OK! FSF ≥ 1.1		OK! FSF ≥ 1.1	