



PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM (PSB)

- **RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA
REGULAR (RISR2024)**

CGH CORREGO GER

Rio Indaiá Grande – MS

janeiro / 2024

INDICE

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM (PSB)	3
➤ RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR)	3
1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	3
2. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO	4
3. INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM	5
4. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ANOMALIAS	5
5. COMPARATIVO COM INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR ANTERIORES ..	6
6. DIAGNÓSTICO DO NÍVEL SEGURANÇA DA BARRAGEM	11
7. RESOLUÇÃO NORMATIVA N. 696, DE 15 DE DEZEMBRO DE 2015	11
8. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO À CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL	12
9. REGISTRO FOTOGRÁFICO	19
10. DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM	30
11. ANEXOS	34

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM (PSB)

➤ RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR)

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Razão Social : HIDROELÉTRICA CORREGO LTDA

CNPJ n.º 23.244.469/0001-71

CEG: CGH.PH.MS.044877-0.01		
Nome do empreendimento: CGH Corrego Ger	Potência Outorgada (kw): 4.176,00	Corpo d'água: Rio Indaia Grande
Data entrada em operação: 01/05/2019	Fonte: Potencial hidráulico	Fase: Operação
Município(s): - Chapadão do Sul(MS)		
Proprietário(s):		
- HIDROELÉTRICA CÓRREGO LTDA		CNPJ/CPF: 23.244.469/0001-71

Diretor Presidente: Paul Illich

Telefone contato: (42) 3632-1022 / 99977-0866

e-mail: alessandro@illich.com

Endereço Administrativo: Av. Alemanha, 512 – Distrito Entre Rios – CEP 85.138-600 –
Guarapuva – PR

Fones: (42) 3632-1022 / 99977-0866

Endereço Operacional: Estrada MS229 S/Número, km 42, Zona Rural, 79.560-000 –
Chapadão do Sul - MS

2. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO

2.1 – Profissionais envolvidos e responsáveis pela realização da ISR

Responsável Técnico

Engenheiro Civil: Elizeu Riba

Telefone/WhatsApp (47) 98827-7788

E-mail: elizeu@trsul.com.br

Endereço: Rua São Paulo, 2650, 2º andar sala 202 – Itoupava Seca - Blumenau – SC –
CEP: 89030-000

CREA SC n° 050559-2/D

CREA MS: PR 26079

RNP 1705017568

ART MS 1320240015970

2.2 – Data da Inspeção / Condição Tempo / Nível do Reservatório

A inspeção foi realizada no dia 31 de janeiro de 2024 , com tempo bom e ensolarado e o nível do reservatório encontrava-se 40 cm abaixo do nível normal operacional.

A inspeção consistiu de uma circulação em torno das estruturas que compõe a barragem e seus entornos visando registrar eventuais anomalias, sendo feito registro fotográfico geral, para visualização dos locais percorridos, sem encontrar nenhuma anomalia de importância e que fosse objeto de observação relevante no presente momento. Sendo preenchida a planilha conforme anexo 01.

As inspeções de campo englobaram todos os aspectos relevantes das estruturas, incluindo detalhes de operação dos equipamentos mecânicos relacionados com a segurança da barragem. Sendo inspecionados e verificados se estão seguindo as recomendações dos fabricantes quanto a manutenção dos hidro e eletromecânicos.

3. INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem é concebida como “soleira livre” sem controle de fluxo, somente existe dispositivo de medição de nível d’água (sensor eletrônico) na entrada da tomada d’água e canal de adução.

4. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ANOMALIAS

A princípio a única anomalia identificada anteriormente (RISR2022) e que está sendo monitorada a a surgência de carbonatação nas juntas de concretagem.



Figura 01 – Pequenos pontos com presença de carbonatação na superfície do vertedouro, aparentemente estabilizada (RISR2022)

Sendo detectados RISR2022 pequenos pontos de carbonatação na estrutura do vertedouro ocasionadas pelas de juntas de concretagem, onde há a surgência de carbonatação que se dá pela presença de CO₂ dissolvidos em presença de água.



Figura 02 – Pequenos pontos com presença de carbonatação na superfície do vertedouro, aparentemente estabilizada (RISR2024)

Situação RISR2024, na prática, essa patologia é muito comum em estruturas de concreto e se comportam de modo satisfatório em face da ação solvente da água em razão da formação de carbonato de cálcio realmente insolúveis, que entope os poros, interrompendo o processo, há necessidade de anualmente avaliar estes pontos para ver se há evolução do processo. A princípio aparentemente o quadro permanece estável e sem comprometer a estrutura da barragem.

5. COMPARATIVO COM INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR ANTERIORES

5.1 Avaliação das Intervenções Realizadas

Consideramos como satisfatória as intervenções realizadas para corrigir as anomalias encontradas anteriormente. Segue resumo:

- O surgimento de erosões superficiais e a ocorrência de deslocamentos da superfície dos taludes (escorregamento), originado pelo saturamento superficial e pela diminuição da resistência ao cisalhamento do material (RISR2022).



Figura 03 – O surgimento de erosões superficiais e a ocorrência de deslocamentos da superfície dos taludes (escorregamento), originado pelo saturamento superficial e pela diminuição da resistência ao cisalhamento do material(RISR2022)



Figura 04 – Anomalia corrigida com enrocamento de pedras e vegetação (RISR2024)



Figura 05 – Anomalia corrigida com enrocamento de pedras e vegetação (RISR2024)

- Nos taludes de corte e aterro observado se há afloramento de águas, as quais ocorrem em zonas de contato, isto é, na transição de material ou por infiltrações de água ocorridas em estruturas de adução e/ou ombreiras da barragem (RISR2022);



Figura 06 – Anomalia Desapareceu (RISR2024)

Não há mais afloramento de águas, provavelmente foi originado na época pós chuvas na região.



Figura 07 – Anomalia corrigida com enrocamento de pedras e vegetação (RISR2024)

- Verificado a presença de trincas ou abatimento nas cristas dos cortes e/ou aterros, que podem comprometer a estabilidade dos cortes e/ou aterros, ocasionados pelo saturamento do material superficial e pelo afloramento de águas subterrâneas (RISR2022);



Figura 08 – Anomalia corrigida com recomposição e compactação de solo (RISR2024)



Figura 09 – Anomalia corrigida com recomposição e compactação de solo (RISR2024)

As cristas dos cortes/aterros, itens já resolvidos com complemento de material e compactação, permanece estável não comprometendo as estruturas. Provavelmente a anomalia foi causa pós chuvas na região.

6. DIAGNÓSTICO DO NÍVEL SEGURANÇA DA BARRAGEM

Consideramos a barragem em **condição “normal”**, isto é, pequenas anomalias identificadas (figura 01) que não comprometem a segurança da barragem, mas que deverão ser sempre controladas e monitoradas ao longo do tempo.

7. RESOLUÇÃO NORMATIVA N. 696, DE 15 DE DEZEMBRO DE 2015

O Art. 1º da resolução estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo como o que determina a Lei federal 12.334, de 20 de setembro de 2010.

Parágrafo único: Esta Resolução aplica-se a barragens fiscalizadas pela ANEEL que apresentam qualquer uma destas características:

I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);=> CGH Córrego Ger altura do maciço (ombreira da barragem) ponto mais alto igual a 8,50 m (descarga de fundo) e ponto mais alto da soleira vertente (vertedouro) igual a 6,30 m.

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);=> CGH Corrego Ger capacidade total do reservatório no nível normal igual a 93.156,995 m³.

III – categoria de dano potencial médio ou alto, conforme definição do art. 3º => CGH Córrego Ger apresenta categoria de dano potencial associado baixo.

8. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO À CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL

As barragens são classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

As matrizes a seguir estabelecem uma pontuação que irá determinar a categoria de risco da barragem. Seguem as matrizes da CGH Córrego Ger devidamente marcadas, bem como o resultado final da avaliação:

ANEXO - Matrizes de Classificação de Barragens
MATRIZ PARA CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA

NOME DA BARRAGEM	CGH CORREGO GER
NOME DO EMPREENDEDOR	HIDROELÉTRICA CORREGO LTDA.
DATA:	31/01/2024

II.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	13
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		21

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 62 ou $EC^* \geq 8$ (*)
	MÉDIO	35 a 62
	BAIXO	≤ 35

(*) Pontuação (maior ou igual a 8) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

II.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)		20

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	≥ 16
	MÉDIO	$10 < DPA < 16$
	BAIXO	≤ 10

RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:

CATEGORIA DE RISCO	BAIXO
DANO POTENCIAL ASSOCIADO	ALTO

II.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)						
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT						
Altura (a)	Comprimento (b)	Tipo de Barragem quanto ao material de construção (c)	Tipo de fundação (d)	Idade da Barragem (e)	Vazão de Projeto (f)	Casa de Força (g)
Altura ≤ 15m (0)	comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	entre 30 e 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (3)	Barragem/Dique sem Casa de Força associada (0)
15m < Altura < 30m (1)	Comprimento > 200m (3)	Alvenaria de pedra / concreto ciclópico / concreto rolado - CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)	Casa de força associada à barragem por meio de conduto forçado, túnel, etc (2)
30m ≤ Altura ≤ 60m (2)	-	Terra homogênea /enrocamento / terra enrocamento (3)	Rocha alterada -sem tratamento / rocha alterada fraturada com tratamento (3)	entre 5 e 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)	Casa de força ao pé da barragem (5)
Altura > 60m (3)	-	-	Rocha alterada mole / saprolito / solo compacto (4)	< 5 anos ou > 50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	-
-	-	-	Solo residual / aluvião (5)	-	-	-
CT = ∑ (a até g):		13				

II.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)					
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (h)	Confiabilidade das Estruturas de Adução (i)	Percolação (j)	Deformações e Recalques (k)	Deterioração dos Taludes / Parâmetros (l)	Eclusa (*) (m)
Estruturas civis e hidroelétricas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e dispositivos hidroelétricos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e hidroelétricas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos à estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras estabilizadas e/ou monitoradas (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo. (1)	Estruturas civis e hidroelétricas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem tratamento ou em fase de diagnóstico (5)	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou monitoramento (5)	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de monitoramento ou atuação corretiva (5)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados e com medidas corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com estruturas danificadas (10)	-	Surgência nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	Existência de trincas, abatimentos ou potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
EC = \sum (h até m):	0				

II.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)				
3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Existência de documentação de projeto (n)	Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)	Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (r)
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou Vertedouro tipo soleira livre (0)	Emitte regularmente os relatórios (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e aplica apenas procedimentos de inspeção (3)	Não (6)	Emitte os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	-	Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou Projeto conceitual (6)	-	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)	-	-
inexiste documentação de projeto (8)	-	-	-	-
PS = \sum (o até s):		8		

II.2 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)

Volume Total do Reservatório (a)	Potencial de perdas de vidas humanas (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)
Pequeno <= 5 milhões m ³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)	-	ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande > 200 milhões m ³ (5)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)	-	-
DPA = ∑ (a até d):		20	

9. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Foram fotografados diversos pontos para demonstrar a situação atual das estruturas que margeam e envolvem a barragem.



Figura 10 – Visão a partir da margem direita, sinalização



Figura 11 – Visão a partir da margem direita, foco em direção ao reservatório



Figura 12 – Visão a partir da margem esquerda, foco em direção ao reservatório



Figura 13 – Visão a partir da margem direita, foco em direção a ombreira direita da barragem (bem protegida com enrocamento)



Figura 14 – Visão a partir da mini central, foco em direção ao reservatório margem direita e esquerda



Figura 15 – Visão a partir da margem direita, foco a jusante da barragem dissipador em rocha aflorante / margens protegidas com enrocamento de pedra



Figura 16 – Visão a partir da margem direita, foco eixo da barragem e margem esquerda (margens bem protegidas com enrocamento de pedras e vegetação)



Figura 17 – Visão a partir da margem esquerda, foco eixo da barragem e estruturas



Figura 18 – Visão a partir da margem esquerda, foco eixo da barragem e margem direita



Figura 19 – Visão a partir da margem esquerda, foco eixo da barragem e margem direita



Figura 20 – Visão a partir da margem esquerda, foco ombreira esquerda da barragem e estruturas



Figura 21 – Visão a partir da margem direita, foco jusante da barragem e margem esquerda



Figura 22 – Visão a partir da margem esquerda, vertedouro, jusante da barragem e margem direita



Figura 23 – Visão a partir da margem esquerda, foco descarga de fundo, jusante da barragem e enrocamento margem esquerda



Figura 24 – Visão a partir descarga de fundo, jusante da barragem e enrocamento margem esquerda



Figura 25 – Detalhe enrocamento e proteção vegetal da ombreira direita



Figura 26 – Detalhe ombreira esquerda



Figura 27 – Detalhe ombreira esquerda/tomada d'água

10. DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Declaramos que a condição de estabilidade da barragem/vertedouro é satisfatória atendendo todos os parâmetros de segurança estipulado pela recomendações dos “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas pela Eletrobrás/2003”, segue o resumo do cálculo de estabilidade e fatores de segurança obtidos.

11.1 Caso de Carregamento Normal (CCN1)

Parâmetros de carregamento Normal 1 (CCN1)	
Nível de água máxima a montante (m)	591,00
Nível de água normal a montante (m)	591,00
Nível de água normal a jusante (m)	584,50
Cota da fundação da barragem - montante (m)	584,50
Cota da fundação da barragem - jusante (m)	584,50
altura da barragem (m) = h	6,50
lâmina d'água acima do vertedouro (m) = hm	-
lâmina d'água pé do vertedouro (m) = hj	-
Peso específico da água (kN/m ³)	10,00
Peso específico do lodo decantado (kN/m ³)	13,00
Peso específico do concreto (kN/m ³)	24,00

Parâmetros Geométricos / Geotécnicos	
base - seção transversal (m)	5,99
comprimento - seção transversal (m)	1,00
área da estrutura (m ²)	22,890
Xg da estrutura (m)	3,930
Yg da estrutura (m)	2,480
coesão (kN/m ²)	50,00
Ø (graus)	40,00
FSD _Ø	1,50
FSD _c	3,00

Os valores atribuídos aos fatores de minoração para o atrito (FSD_Ø) e a coesão (FSD_c), para cada caso de carregamento, estão apresentados no quadro abaixo e estão de acordo com o Critério de Projetos:

caso de carregamento	ccn	cce	ccL
FSD _Ø	1,5	1,1	1,1
FSD _c	3	1,5	1,3

Componente Estabilizante	Peso	Braço	Momento
	kN	(m)	(kN.m)
Barramento	549,36	3,93	2.158,98
Empuxo água de jusante	-	-	-
Peso água de jusante	-	-	-
Peso água de montante	-	-	-
soma			2.158,98

Componente Desestabilizante	Peso	Braço	Momento
	kN	(m)	(kN.m)
Empuxo montante	211,25	2,17	457,71
Empuxo material decantado	1,37	0,22	0,30
Força inercial horizontal	-	-	-
Efeito Zangar	-	-	-
Subpressão H	-	-	-
Subpressão V	194,68	3,99	777,40
soma			1.235,41

Verificação de Estabilidade (CCN1)			calculado	exigido	resultado
FSF	Σ↓	549,36	2,82	1,30	OK
	Σ↑	194,68			
FSD	ΣN	354,69	1,40	1,00	OK
	ΣH	212,62			
FST	ME	2.158,98	1,75	1,50	OK
	MT	1.235,41			

Figura 28 – Verificação Estabilidade e fatores de Segurança (CCN1)

11.2 Caso de Carregamento Excepcional (CCE1) – Enchente Milenar TR-1.000 anos

Parâmetros de Carregamento Excepcional1 (CCE1)	
Nível de água máxima a montante (m)	592,10
Nível de água normal a montante (m)	591,00
Nível de água normal a jusante (m)	585,00
Cota da fundação da barragem - montante (m)	584,50
Cota da fundação da barragem - jusante (m)	584,50
altura da barragem (m) = h	6,50
lâmina d' água acima do vertedouro (m) = hm	1,10
lâmina d' água pé do vertedouro (m) = hj	0,50
Peso específico da água (kN/m ³)	10,00
Peso específico do lodo decantado (kN/m ³)	13,00
Peso específico do concreto (kN/m ³)	24,00

Parâmetros Geométricos / Geotécnicos	
base - seção transversal (m)	5,99
comprimento - seção transversal (m)	1,00
área da estrutura (m ²)	22,890
Xg da estrutura (m)	3,930
Yg da estrutura (m)	2,480
coesão (kN/m ²)	50,00
Ø (graus)	40,00
FSD _Ø	1,10
FSD _c	1,50

Os valores atribuídos aos fatores de minoração para o atrito (FSD_Ø) e a coesão (FSD_c), para cada caso de carregamento, estão apresentados no quadro abaixo e estão de acordo com o Critério de Projetos:

caso de carregamento	ccn	cce	ccl
FSD_Ø	1,5	1,1	1,1
FSD_c	3	1,5	1,3

Componente Estabilizante	Peso	Braço	Momento
	kN	(m)	(kN.m)
Barramento	549,36	3,93	2.158,98
Tirante passivo	-	5,24	-
Empuxo água de jusante	1,25	0,17	0,21
Peso água de jusante	0,94	0,13	0,12
Peso água de montante	-	-	-
soma			2.159,31

Componente Desestabilizante	Peso	Braço	Momento
	kN	(m)	(kN.m)
Empuxo montante	282,75	2,44	690,08
Empuxo material decantado	1,37	0,22	0,30
Força inercial horizontal	-	-	-
Efeito Zangar	-	-	-
Subpressão H	-	-	-
Subpressão V	242,60	3,87	938,86
soma			1.629,24

Verificação de Estabilidade (CCE1)			calculado	exigido	resultado
FSF	Σ↓	550,30	2,27	1,10	OK
	Σ↑	242,60			
FSD	ΣN	307,70	1,54	1,00	OK
	ΣH	282,87			
FST	ME	2.159,31	1,33	1,20	OK
	MT	1.629,24			

Figura 29 – Verificação Estabilidade e fatores de Segurança (CCE1)

11.2 Caso de Carregamento Limite (CCL) – Enchente Decamilenar TR-10.000 anos

Parâmetros de Carregamento (CCL)		Os valores atribuídos aos fatores de minoração para o atrito (FSD _a) e a coesão (FSD _c), para cada caso de carregamento, estão apresentados no quadro abaixo e estão de acordo com o Critério de Projetos:			
Nível de água máxima a montante (m)	592,20				
Nível de água normal a montante (m)	591,00				
Nível de água normal a jusante (m)	585,25				
Cota da fundação da barragem - montante (m)	584,50				
Cota da fundação da barragem - jusante (m)	584,50				
altura da barragem (m) = h	6,50				
lâmina d'água acima do vertedouro (m) = hm	1,20				
lâmina d'água pé do vertedouro (m) = hj	0,75				
Peso específico da água (kN/m ³)	10,00				
Peso específico do lodo decantado (kN/m ³)	13,00				
Peso específico do concreto (kN/m ³)	24,00				
Parâmetros Geométricos / Geotécnicos		Caso de Carregamento			
base - seção transversal (m)	5,99	CCN	CCE	CCL	
comprimento - seção transversal (m)	1,00	FSD _a	1,5	1,1	1,1
área da estrutura (m ²)	22,89	FSD _c	3	1,5	1,3
Xg da estrutura (m)	3,93				
Yg da estrutura (m)	2,48				
coesão (kN/m ²)	50,00				
Ø (graus)	40,00				
FSD _a	1,10				
FSD _c	1,30				
Componente Estabilizante		Peso	Braço	Momento	
		kN	(m)	(kN.m)	
Barramento		549,36	3,93	2.158,98	
Tirante passivo			5,24	-	
Empuxo água de jusante		2,81	0,25	0,70	
Peso água sobre o vertedouro				-	
Peso água de montante		-	-	-	
			soma	2.159,69	
Componente Desestabilizante		Peso	Braço	Momento	
		kN	(m)	(kN.m)	
Empuxo montante		289,25	2,46	711,21	
Empuxo material decantado		1,37	0,22	0,30	
Força inercial horizontal		-	-	-	
Efeito Zangar		-	-	-	
Subpressão H		-	-	-	
Subpressão V		253,08	3,82	965,77	
			soma	1.677,28	

Verificação de Estabilidade (CCL)		calculado	exigido	resultado	
FSF	Σ↓	549,36	2,17	1,10	OK
	Σ↑	253,08			
FSD	ΣN	296,28	1,59	1,00	OK
	ΣH	287,81			
FST	ME	2.159,69	1,29	1,20	OK
	MT	1.677,28			

Figura 30 – Verificação Estabilidade e fatores de Segurança (CCL)

Tensões na fundação		
b= Comprimento base (m)		5,99
l = comprimento da seção transversal (m)		1,00
CG fundação		3,00
l (m ⁴)		17,91
W= (l*b ²) / 6		5,98
FV (kN)		296,28
Mr (kN.m)		404,96
Tensões na fundação (kN/m ²)	Montante	Jusante
	(18,26)	117,18
Tensões na fundação (tf/m ²)	(1,83)	11,72
	(0,18)	1,17
Neste caso existe tração na base da barragem / verificações adicionais		
Tensão máxima de compressão excluindo zona tracionada (kN/m ²)		121,31
Tensão máxima de compressão excluindo zona tracionada (tf/m ²)		12,13
Tensão máxima de compressão excluindo zona tracionada (kgf/m ²)		1,21
verificação do comprimento tracionado atende norma		
comprimento da base comprimida (m)		4,88
comprimento da base tracionada (m)		1,11
limite admissível por norma 1/3 da base poderá ser tracionada (m)		2,00
verificação do comprimento tracionada dentro da norma		OK

11.2 Caso de Carregamento Excepcional 2 – Esforços Sísmicos (CCE2)

Os valores atribuídos aos fatores de minoração para o atrito (FSD_0) e a coesão (FSD_c), para cada caso de carregamento

caso de carregamento	ccn	cce	ccL
FSD_0	1,5	1,1	1,1
FSD_c	3	1,5	1,3

Componente Estabilizante	Peso	Braço	Momento
	kN	(m)	(kN.m)
Barramento	549,36	3,93	2.158,98
Empuxo água de jusante	-	-	-
Peso água de jusante	-	-	-
Peso água de montante	-	-	-
		soma	2.158,98

Componente Desestabilizante	Peso	Braço	Momento
	kN	(m)	(kN.m)
Empuxo montante	211,25	2,17	457,71
Empuxo material decantado	1,37	0,22	0,30
Força inercial horizontal	28,29	2,48	70,16
Redução de peso (sismo) $F_t=0,03*P$	16,48	3,93	64,77
Efeito Zangar	11,37	2,68	30,45
Subpressão H	-	-	-
Subpressão V	194,68	3,99	777,40
		soma	1.400,79

Verificação de Estabilidade (CCE2)			calculado	exigido	resultado
FSF	$\Sigma \downarrow$	549,36	2,60	1,10	OK
	$\Sigma \uparrow$	211,16			
FSD	ΣN	338,20	1,81	1,00	OK
	ΣH	252,28			
FST	ME	2.158,98	1,54	1,20	OK
	MT	1.400,79			

Figura 31 – Verificação Estabilidade e fatores de Segurança (CCE2)

11. ANEXOS

Segue em anexo:

- Anexo 01 – Ficha ISR;
- Anexo 02 - ART recolhida pela elaboração da ISR.

Blumenau, janeiro de 2024.



Eng. Elizeu Riba
 CREA/SC n° 050559-2
 CREA MS: PR 26079
 RNP 1705017568

