



## PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB

### PCH SALTO FORQUETA



**SFQ-BA-PSB-REV02-2025**

**DEZEMBRO/2025**

Presidente Presidente:  
Erineo José Hennemann  
Cooperativa Regional de  
Desenvolvimento Teutônia -  
CERTEL

Responsável Técnico Seg. Barragem:  
Rodrigo da Cas - Certel  
Eng. Civil - CREA/RS: 212636

Responsável Revisão 02 PSB:  
Elizeu Riba – TRSUL Engenharia  
Eng. Civil - CREA PR 26.079/D

Revisão	Data	Objeto da revisão	Red	Empresa
00	08/11/2021	03/12/21 Emissão inicial	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
01	08/12/2021	Revisado conf. comentários	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
02	15/12/2025	Revisado cfe reclassificação e RN 1064	ER	TRSUL Engenharia Ltda

**FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DAS ATUALIZAÇÕES DO PSB DA BARRAGEM  
SALTO FORQUETA**

<b>Data</b>	<b>Descrição/Atividade</b>	<b>Responsável</b>
<b>20/01/2018</b>	<b>Elaboração PSB</b>	<b>INFRA-GEO</b>
<b>21/03/2018</b>	<b>1ª Entrega PSB</b>	<b>INFRA-GEO</b>
<b>01/06/2018</b>	<b>Aprovação PSB</b>	<b>CERTEL</b>
<b>20/06/2018</b>	<b>Entrega Final PSB</b>	<b>INFRA-GEO</b>
<b>20/10/2023</b>	<b>1ª Revisão PSB</b>	<b>CERTEL</b>
<b>12/04/2025</b>	<b>2ª Revisão PSB</b>	<b>TRSUL</b>

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1	Objetivo .....	8
<b>2</b>	<b>PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - PSB .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR / EMPREENDIMENTO / BARRAGEM.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS TÉCNICOS .....</b>	<b>12</b>
5.1	IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DA BARRAGEM.....	12
5.2	IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA REVISÃO PSB/PAE-2025 ....	12
5.3	LOCALIZAÇÃO.....	12
<b>6</b>	<b>INFORMAÇÕES GERAIS DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>FICHA TÉCNICA PCH-SFG .....</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>DADOS TÉCNICOS DA PCH SALTO FORQUETA .....</b>	<b>16</b>
8.1	DADOS GERAIS .....	16
8.2	BARRAGEM / VERTEDOURO .....	16
8.2.1	COMPORTA DESCARGA DE FUNDO (BARRAGEM) .....	17
8.3	SISTEMA DE ADUÇÃO .....	18
8.3.1	TOMADA D'ÁGUA DO TÚNEL DE ADUÇÃO .....	18
8.3.2	TÚNEL DE ADUÇÃO .....	18
8.3.3	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO .....	19
8.3.4	TUBULAÇÃO FORÇADA.....	19
8.4	CASA DE MÁQUINAS .....	19
8.4.1	PONTE ROLANTE, COM TROLEY MECÂNICO E TALHA MANUAL .....	19
8.4.2	TURBINAS HIDRAULICAS.....	20
8.4.3	GERADOR.....	20
8.5	SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA/ELEVADORA.....	20
8.6	FONTE DE ENERGIA AUXILIAR.....	21
8.7	LINHA DE TRANSMISSÃO .....	21
8.8	COTA DE COROAMENTO DA BARRAGEM.....	21
8.9	ARRANJO GERAL DAS ESTRUTURAS .....	21
8.10	BORDA LIVRE.....	21

8.11	TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR) PARA O DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS EXTRAVASORAS .....	22
8.12	VAZÃO DE PROJETO PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAS EXTRAVASORAS 23	
8.13	VAZÕES DE CHEIAS (VAZÕES EXTREMAS).....	23
8.14	DIMENSÕES ÚTEIS DOS DISPOSITIVOS EXTRAVASORES .....	28
8.15	PROJETO COMO CONSTRUÍDO .....	28
8.16	DESENHOS DE REFERÊNCIA.....	28
8.17	Reservatório .....	31
8.18	Aproveitamentos Hidrelétricos .....	31
8.19	Instrumentação .....	33
<b>9</b>	<b>LEI DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS.....</b>	<b>33</b>
<b>10</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM / ANO DE REFERÊNCIA 2025 .....</b>	<b>34</b>
<b>11</b>	<b>ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E QUALIFICAÇÃO TÉCNICA DOS PROFISSIONAIS DA EQUIPE DE SEGURANÇA DA BARRAGEM .....</b>	<b>38</b>
11.1	Organograma Funcional .....	40
11.2	Relação de Equipe Técnica: Qualificação Técnica e Responsabilidades.....	41
11.3	Responsabilidades .....	42
11.4	Diretor.....	43
11.5	Responsável Técnico: Operação, Manutenção, Inspeção e Segurança da Barragem ..	43
11.6	Consultoria Interna .....	44
11.7	Consultoria Externa .....	44
11.8	Operadores.....	45
11.9	Treinamento .....	46
<b>12</b>	<b>DOCUMENTOS TÉCNICOS DA IMPLANTAÇÃO, DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM .....</b>	<b>47</b>
<b>13</b>	<b>MANUAIS DE PROCEDIMENTOS DOS ROTEIROS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA E DE MONITORAMENTO E RELATÓRIOS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....</b>	<b>48</b>
13.1	CADASTRO TÉCNICO.....	50
13.1.1	PCHSFQ-BAD → BARRAGEM DIREITA.....	52
13.1.2	PCHSFQ-BAE → BARRAGEM ESQUERDA .....	52
13.1.3	PCHSFQ-BAE → BARRAGEM ESQUERDA .....	52

13.1.4	PCHSFQ-VT → VERTEDOIRO .....	52
13.1.5	PCHSFQ-TA → TOMADA D'ÁGUA .....	52
13.1.6	PCHSFQ-TU → TÚNEL DE ADUÇÃO .....	52
13.1.7	PCHSFQ- CH → CHAMINÉ DE EQUILIBRIO .....	53
13.1.8	PCHSFQ-CO → CONDUTO FORÇADO .....	53
13.1.9	PCHSFQ-CF → CASA DE FORÇA.....	53
13.1.10	PCHSFQ-GE → GERAL .....	53
13.2	Manual de Procedimentos dos Roteiros de Inspeção .....	53
13.3	Inspeções de Segurança Regulares - ISR .....	61
13.4	Diretrizes e Orientações Gerais - ISR .....	62
13.5	Estudos e Relatórios a Serem Consultados .....	64
13.6	Qualificação dos Inspetores .....	64
13.7	Inspeções de Segurança Especiais - ISE .....	65
13.8	Diretrizes e Orientações – ISE .....	67
13.9	Estudos e Relatórios - ISE .....	67
13.10	Qualificação dos Inspetores - ISE .....	68
13.11	Conteúdo Mínimo - ISE.....	68
13.12	Coleta de Documentos e Dados Básicos da PCH - RPS .....	69
13.13	Revisão dos Procedimentos de Operação e Manutenção da Barragem .....	70
13.14	Revisão dos Procedimentos, Equipamentos e Registros de Instrumentação e Monitoramento .....	70
<b>14</b>	<b>RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA - HISTÓRICO .....</b>	<b>71</b>
<b>15</b>	<b>REGRA OPERACIONAL DOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA DO VERTEDOIRO DA BARRAGEM .....</b>	<b>72</b>
15.1	Cotas Operacionais (Níveis Normais) .....	74
15.2	Despacho de Carga .....	74
15.3	Precipitação acima do Normal .....	75
15.3.1	Enchentes .....	75
15.4	Manual de Procedimentos para Tomada de Água e Descarregador de Fundo .....	76
15.4.1	Esquema Operacional Emergencial .....	76
<b>16</b>	<b>ÁREA DE ENTORNO DAS INSTALAÇÕES / ÁREAS RESGUARDADAS.....</b>	<b>76</b>

<b>17</b>	<b>PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE) .....</b>	<b>76</b>
<b>18</b>	<b>CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES .....</b>	<b>78</b>
<b>19</b>	<b>ARMAZENAMENTO DE DADOS.....</b>	<b>81</b>
<b>20</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RISCOS, COM DEFINIÇÃO DAS HIPÓTESES E DOS CENÁRIOS POSSÍVEIS DE ACIDENTE OU DESASTRE .....</b>	<b>81</b>
<b>21</b>	<b>MAPA DE INUNDAÇÃO, CONSIDERANDO PIOR CENÁRIO IDENTIFICADO.....</b>	<b>82</b>
<b>22</b>	<b>CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS VISTORIADAS.....</b>	<b>82</b>
<b>23</b>	<b>CRITÉRIOS DE ESTABILIDADE GLOBAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.....</b>	<b>84</b>
<b>24</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....</b>	<b>88</b>
24.1	Condição Hidrológica.....	88
24.2	Condição Estrutural .....	89
24.2.1	Monitoramento das Estruturas .....	89
24.2.2	Fluxo de Informação e Equipe de Inspeção .....	90
24.3	Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem .....	96
<b>25</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>97</b>
<b>26</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>97</b>
<b>27</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Check list para conformidade do PSB .....	10
Figura 2 – Localização da PCH SFQ e respectivas distâncias até Porto Alegre e Soledade .....	13
Figura 3 – Localização da PCH SFQ e respectivas distâncias até Putinga e São José do Herval .....	13
Figura 4 – Ficha Técnica SFG/ANEEL, 2025.....	16
Figura 5 – Borda livre recomendadas pela USBR .....	22
Figura 6 – Vazões máximas anuais do posto base e da PCH Salto Forqueta .....	25
Figura 7 – Vazões de Cheia (máximas) .....	27
Figura 8 – Estruturas do Barramento Recuperada em 2025 da PCH Salto Forqueta.....	29
Figura 9 – Casa de máquinas recuperada em 2025 da PCH Salto Forqueta .....	30
Figura 10 - Cota x Volume – Reservatório PCH Salto Forqueta.....	31
Figura 11 - Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta, próximos a PCH Salto Forqueta .....	32
Figura 12 – Vertedouro da PCH Salto Forqueta .....	33
Figura 13 - Matriz de Classificação de Barragem (Anexo I – REN nº 1.064/2023) .....	34
Figura 14 – Matriz para Classificação de barragem / Categoria de Risco e Dano Potencial Associado ..	35
Figura 15 – Matriz Classificação Categoria de Risco / Características Técnicas.....	36
Figura 16 – Matriz Classificação Categoria de Risco / Estado de Conservação.....	36
Figura 17 – Matriz Classificação Categoria de Risco / Plano de Segurança da Barragem - PS.....	37
Figura 18 – Matriz Classificação Dano Potencial Associado - DPA .....	38
Figura 19 – Organograma da Equipe de Operação e Segurança da PCH Salto Forqueta.....	41
Figura 20 – Lista de profissionais e qualificação técnica destes vinculados a equipe de segurança e operação da PCH Salto Forqueta .....	42
Figura 21 – Quadro de contatos da PCH e do empreendedor .....	42
Figura 22 – Atribuição dos Operadores .....	45
Figura 23 – Frequência das Inspeções de Campo .....	49
Figura 24 - Tipo e frequência das inspeções de segurança .....	53
Figura 25 – Resumo das Fichas Inspeção.....	61
Figura 26 - Periodicidade da realização de Inspeções em barragens conforme Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023. ....	61
Figura 27 - Curva de Descarga do Vertedouro .....	74
Figura 28 - Mapa da área resguardada.....	76
Figura 29 – Descrição dos níveis dos parâmetros GUT .....	82
Figura 30 - Níveis do Grau de Hierarquização e Prazos máximos correspondentes .....	83
Figura 31 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura .....	92



## 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla a revisão do Plano de Segurança da Barragem - PSB da PCH Salto Forqueta, instalada no rio Forqueta, no estado do Rio Grande do Sul e pertencente à Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL.

A CERTEL juntamente com a equipe técnica da TRSUL Engenharia Ltda., estão revisando o programa de inspeção/monitoramento, o plano de segurança da barragem (PSB) e o Plano de Ações de Emergências (PAE), com o objetivo de estabelecer parâmetros e um roteiro básico para orientar os procedimentos a serem adotados visando garantir a qualidade da energia produzida, bem como a segurança das estruturas envolvidas e da comunidade adjacente.

O programa visa também atender as exigências dos órgãos fiscalizadores (ANEEL, FEPAM, SNISB, entre outros) bem como ter um banco de dados atualizados para poder ter o controle eficiente e o histórico da PCH.

Este programa segue todas as recomendações e diretrizes da Política Nacional de Segurança de Barragens contidas na Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 alterada pela Lei nº 14.066/2020 e na Resolução Normativa – ANEEL - nº 1064, de 2 de maio de 2023, onde esta estabelece os critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas fiscalizadas pela ANEEL, e em conformidade com a Lei Federal citada.

O Plano de Ação de Emergência – PAE é parte integrante do Plano de Segurança da Barragem e estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor, em caso de situação de emergência, bem como identificará as entidades a serem notificadas dessa ocorrência.

O presente documento foi revisado e atualizado tendo por base o documento elaborado anteriormente pela empresa PROSENGE, sendo inseridas informações atualizadas e seus respectivos estudos.

A barragem da PCH Salto Forqueta foi reclassificada como Barragem de **categoria B**, Categoria de **Risco Baixo e Dano Potencial Alto** (Classificação – Anexo I).

Conforme a lei citada, uma barragem com classificação de Dano Potencial Alto e **Classificação B** segundo a matriz do Anexo I da REN nº 1.064/2023 a elaboração do Plano de Ação de Emergências – PAE é obrigatória, sendo também realizado o estudo de rompimento e mancha de inundação da Barragem de modo confirmar as propriedades e/ou benfeitorias que eventualmente poderão ser atingidas.



Para confirmação das condições da barragem são realizadas Inspeções Cíveis Regulares, por equipe técnica especializada, com o objetivo de verificar todas as estruturas cíveis da usina, e percorrer o trecho que envolve o barramento para identificação das condições operacionais, de manutenção e eventuais pontos de risco. Das visitas realizadas resultam Relatórios de Inspeção Cível Regular específicos.

Em função do acidente ocorrido no ano de 2024, devido as intensas e altas precipitações e consequentemente variações hidrométricas (enchentes ocorridas) no rio Forqueta, as estruturas que compõe a PCH foram recuperadas e reforçadas para maior segurança ao empreendimento.

Importante ressaltar ainda que no ano de 2025 foram revisados e atualizados todos os estudos hidrológicos e também foram verificadas as condições de estabilidade estrutural de todas as estruturas que compõe o empreendimento.

## 1.1 Objetivo

De acordo com a Lei nº 12.334 de setembro de 2010 alterada pela Lei nº 14.066/2020 e da Resolução Normativa nº 1064 de 02 de maio de 2023, todas as barragens deverão ser classificadas conforme o risco e o dano potencial associado.

Após a reclassificação da barragem PCH Salto Forqueta, verificou-se a necessidade de elaboração da revisão e atualização do Plano de Segurança da Barragem e do Plano de Ação de Emergência, pois a reclassificação indica **categoria de risco Baixo e dano potencial Alto**, o que resulta em uma barragem **Classe B**.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) que integra o Plano de Segurança de Barragem (PSB) contempla procedimentos tanto em situações de normalidade como de anormalidade, que deverão ser revistos continuamente, de modo a possibilitar uma ação rápida e segura quando da eminência de um desastre ou da efetivação dele. Deverá ser dada ampla divulgação aos órgãos e instituições envolvidas, principalmente as prefeituras das cidades afetadas.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) visa ainda estabelecer os procedimentos que contribuam para minimizar os danos causados nas áreas de jusante, decorrentes de situações críticas que possam vir a acontecer em virtude de riscos hidrológicos ou da ruptura da barragem. A atenção deste trabalho deverá ser voltada, principalmente, com as consequências à jusante com hipotética ruptura da barragem, com a indicação dos níveis e mapas das ondas de cheia normal e com a ruptura da barragem.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) define as responsabilidades, conforme as atribuições de cada órgão de Governo e Organizações de suporte, sendo que para o agente operador deve

caber a tarefa de alertar os órgãos públicos sobre a possibilidade de ocorrências de eventos extremos, independente da origem dos mesmos, visando à minimização de danos causados por um eventual desastre.

## 2 PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - PSB

O Plano de Segurança da Barragem foi revisado e assinado pelo responsável técnico, com manifestação de ciência do representante do empreendedor, e contém minimamente as informações dispostas no art. 8º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

O check list para conformidade do Plano de Segurança de Barragem (PSB), onde os itens em azul estão contidos no Art. 8º, da Lei 12.334/2010, que indicam o conteúdo mínimo do PSB. Os itens em verde não estão como conteúdo mínimo exigido na Lei, mas são considerados itens importantes e recomendados pela fiscalização da ANEEL.

CHECK LIST PARA CONFORMIDADE DO PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM (PSB)		
ITENS DO ART. 8º, LEI 12.334/2010		Páginas / OBS
1	I - Identificação do Empreendedor	
1.1	Nome da usina	11
1.2	Denominação da empresa outorgada	11
1.3	Representantes da empresa	11
1.4	Responsáveis pela segurança da barragem	12
1.5	Endereços, emails, telefones	11 e 12
2	II - Dados Técnicos (implantação, operação e manutenção da barragem)	
2.1	Arranjo geral das estruturas (com as seções típicas das principais estruturas)	Anexo I - Desenhos
2.2	Classificação da barragem e ano de referência	34 a 38
2.3	Cota do Coroamento	21
2.4	Borda livre (diferença entre o NA max maximorum e a cota de coroamento)	21 e 22
2.5	Largura da crista das estruturas do barramento	16 e 17
2.6	Comprimento total da crista do barramento	16 e 17
2.7	Altura máxima do maciço	16 e 17
2.8	Material de construção das estruturas do barramento	16 e 17
2.9	Idade (a partir do 1º enchimento)	16
2.10	Tempo de Recorrência (TR) para o dimensionamento das estruturas extravasoras	22 e 23
2.11	Vazão de projeto para dimensionamento das estruturas extravasoras (m³/s)	23
2.12	Mês / Ano de atualização dos estudos hidrológicos de cheias	23
2.13	Dimensões úteis dos dispositivos extravasores	28
2.14	Projeto como construído (para usinas construídas após 20/9/2010)	Anexo I
2.15	Relatórios de compilação e interpretação da instrumentação	Não aplicável
2.16	Crítérios de estabilidade global das estruturas de concreto	84
2.17	Crítérios de dimensionamento geotécnico das barragens de terra	Não aplicável
2.18	Crítérios de dimensionamento de filtros e tapetes para controle de percolação	Não aplicável

3	III - Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem e responsável pelo PSB	38 a 48
3.1	Identificação dos componentes da equipe e respectivas qualificações profissionais, tipo de vínculo, registros de classe e tipo de ART (obra ou serviço e cargo ou função), com indicação de equipe própria ou terceirizada responsável pelos procedimentos de inspeção de segurança da barragem, de monitoramento e relatórios de segurança de barragem	38 a 48
3.2	ART com a indicação de responsabilidade do Plano de Segurança	Anexo V
4	IV - Manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem	
4.1	Procedimentos dos roteiros de inspeção de segurança (o que a usina faz periodicamente nas inspeções)	48 a 71
4.2	Procedimentos dos roteiros de monitoramento (como é realizado o tratamento dos dados de monitoramento dos instrumentos de auscultação da barragem)	Não aplicável
5	V - Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem	72
6	VI - Indicação da área de entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção / operação da barragem	76
7	VII - Plano de Ação Emergencial (PAE)	76
8	VIII - Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (ISR) e Especial, se existir	Anexo VI
9	IX - Revisões periódicas de segurança	Anexo VI
10	X - Identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre	81
11	XI - Mapa de inundação, considerado o pior cenário identificado	PAE-2025
11.1	Estudo de rompimento e de propagação de cheia associada, com elaboração de mapa de inundação para os possíveis cenários de ruptura da barragem, com o pior cenário identificado. (O pior cenário de ruptura da barragem deve considerar o maior impacto entre a área atingida pela inundação incremental de rompimento em cenário de cheia natural histórica e a área atingida por inundação proveniente de rompimento em dia seco, independente de cheia natural)	PAE-2025
11.2	Indicação da metodologia e software adotados e os critérios, premissas e parâmetros utilizados para a elaboração do mapa de inundação.	PAE-2025
12	XII - Identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem	14 a 21
13	Declaração de condição de estabilidade de barragem (Documento comprobatório - declaratório de que foram feitas todas as verificações estruturais de estabilidade das estruturas do barramento para as condições atualizadas)	Anexo VII
14	Assinatura do responsável técnico pela elaboração do PSB	capa
15	Manifestação de ciência do representante do empreendedor pela elaboração do PSB	capa
16	Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) recolhida pela elaboração do PSB	Anexo V

Figura 1 – Check list para conformidade do PSB

A extensão e detalhamento do Plano de Segurança e estudos a ele associados são proporcionais à complexidade da barragem e sua área de influência, e devem ser suficientes para garantir as condições adequadas de segurança das estruturas e pessoas.

## Período de realização dos trabalhos

A realização dos trabalhos foi de 01 de janeiro de 2025 a 23 de dezembro de 2025.

### 3 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente relatório foi organizado de forma a atender os respectivos check list de conformidade do Plano de Segurança de Barragem (PSB) contemplando assim o conteúdo mínimo exigido na Lei e contidos no Art. 8º, da Lei 12.334/2010, que indicam o conteúdo mínimo do PSB, bem como os itens importantes e recomendados pela fiscalização da ANEEL.

### 4 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR / EMPREENDIMENTO / BARRAGEM

**Empreendedor:** Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia - CERTEL

**Identificador ANEEL do Agente:** 9416

**Identificador ANEEL da Usina:** 27713

**Curso d'água Barrado:** Rio Forqueta

**CNPJ:** 89.777.692/0125-22

**Nome da Usina:** PCH Salto Forqueta

Potência Instalada de 6.080,00 kW

**Código Único de Empreendimentos de Geração** - CEG PCH.PH.RS.027713-4.01

**Ano Conclusão da Obra:** 05/10/2002

**Ano Início Operação:** 2002

**Projetista:** Empresa Rischbieter Engenharia Ltda.

**Execução/Construção:** Consórcio Compasul/Imojel

**Quantidade total de barragens de propriedade do empreendedor (independente do tipo, porte e domínio do corpo d'água barrado):** 04 (CGH Boa Vista, PCH Salto Forqueta, PCH Rastro de Auto e PCH Cazuza Ferreira)

**Endereço Administrativo:** Rua Pastor Hasenack, 240, Teutônia – RS - CEP 95890-000

**Fone:** (51) 3762-5516 (Teutônia) – e-mail: geracao@certel.com.br

**Endereço Operacional:** Linha Passo Novo, Interior, município de Putinga/RS – CEP 95975-000

**Representante Legal:** Diretor Presidente: Erineo José Hennemann

**Fone:** (51) 3762-5516

**E-mail:** [erineo@certel.com.br](mailto:erineo@certel.com.br)

**Supervisor de Operação/Coordenador do PAE:** Silvio Fusiger

**Telefone:** (51) 99806-2364

## **5 IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS TÉCNICOS**

### **5.1 IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DA BARRAGEM**

**Responsável Técnico da Segurança da Barragem:** Eng. Civil Rodrigo da Cas

**Anotação de Responsabilidade Técnica** (ART nº 9488727)

**Cargo:** Analista de Projetos Cíveis de Usinas – Engenheiro Civil – Responsável Técnico pela Segurança da Barragem, com Registro no CREA/RS nº 212.636

**Telefone:** (51) 3762-5555

**Celular/WhatsApp:** (51) 99686-4120

**E-mail:** [rodrigo\\_cas@certel.com.br](mailto:rodrigo_cas@certel.com.br)

### **5.2 IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA REVISÃO PSB/PAE-2025**

#### **Empresa Executora**

TRSUL Engenharia Ltda – CNPJ nº 19.424.943/0001-70

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

Telefone/WhatsApp (47) 98827-7788

E-mail: [elizeu@trsul.com.br](mailto:elizeu@trsul.com.br)

#### **Responsável Técnico**

Engenheiro Civil: Elizeu Riba

CREA SC nº 050559-2/D

CREA RS: PR 26079

ART RS 13750054

### **5.3 LOCALIZAÇÃO**

A área da PCH Salto Forqueta situa-se na Bacia Taquari-Antas, cerca de 45 km a montante da confluência do rio Forqueta com o rio Taquari, entre os municípios de Putinga e São José do Herval. As coordenadas geográficas específicas (SIRGAS2000) do eixo do barramento são 29° 04' 47" de latitude Sul e 52° 12' 34" de longitude Oeste.

A distância da PCH Salto Forqueta até Porto Alegre é de aproximadamente 159 km, percorrendo por rodovias asfaltadas RS-332 e BR-386 e a distância até Soledade é de 39 km percorrendo a rodovia federal BR-386.

A partir da BR-386 até a PCH Salto Forqueta são de aproximadamente 12 km em estrada municipal sem asfaltamento para chegar a margem esquerda, e para chegar a margem direita do rio Forqueta são aproximadamente 8 km.





Figura 2 – Localização da PCH SFQ e respectivas distâncias até Porto Alegre e Soledade

O mapa a seguir mostra a localização dos municípios que fazem divisa e onde estão localizados as estruturas da PCH.

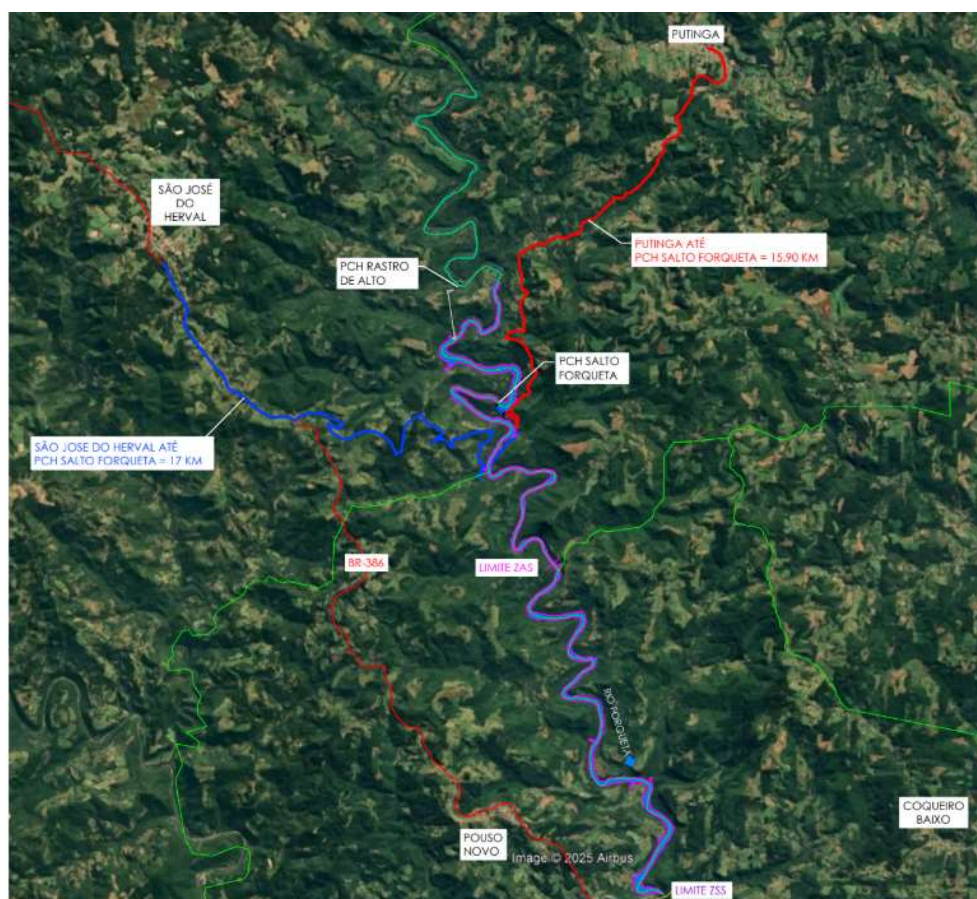


Figura 3 – Localização da PCH SFQ e respectivas distâncias até Putinga e São José do Herval

## 6 INFORMAÇÕES GERAIS DO EMPREENDIMENTO

A PCH Salto Forqueta está localizada no município de Putinga e São José do Herval - RS, no rio Forqueta, com potência instalada de 6,08 MW e entrou em operação comercial no mês de março de 2003.

A recuperação das estruturas principais da PCH Salto Forqueta compreendeu o período de junho de 2024 a maio de 2025, para reestabelecimento da operação comercial. Sendo realizadas complementações nas estruturas secundárias no período de maio a outubro de 2025.

O trecho do rio Forqueta no local da PCH Salto Forqueta ( PCHSF ) apresenta-se em forma de vale profundo e encaixado, ou seja, controlado estruturalmente por fratura de grande escala associada aos lineamentos regionais de padrão NW-SE.

O lago da barragem ocupa uma área de 34,60 ha. Tem-se definição de que a área de preservação permanente da PCH Salto Forqueta é de 100 m para cada lado do reservatório, com extensão total de aproximadamente 2,0 km. Esta margem foi preservada e reflorestada, quando necessário, sendo responsabilidade da CERTEL manter e fiscalizar a manutenção desta faixa de preservação. As informações de manutenção e preservação da Área de Preservação Permanente (APP) ficam comprovadas através das afirmações do estudo de Auditoria Ambiental contratada pelo empreendedor.

O arranjo geral do empreendimento é constituído pelas seguintes estruturas principais;

- Barragem localizada a aproximadamente 29,5 km a montante da foz do rio Fão, possuindo um vertedouro de soleira livre tipo “Creager” e coroamento na elevação 206,80 m.

Adução e circuito hidráulico constituída pelas seguintes estruturas:

- Tomada d’ água encaixada no maciço rochoso na lateral esquerda do reservatório com soleira na elevação 198,80 m;
- Túnel, revestido, de 124,00 m de comprimento e seção arco-retângulo igual a 3,8 m;
- Chaminé de equilíbrio em concreto armado, com diâmetro interno de 6,00 m. Conduto forçado a céu aberto com diâmetro de 2,85 m e 76,00 m de extensão; trecho bifurcado de 14,00 m de comprimento com diâmetro de 1,95 m cada;
- Casa de máquinas situada a aproximadamente 2,5 km e jusante da barragem, aproveitando uma queda bruta de 33,54 m, com uma potência instalada total de 6.080 kW, na saída do gerador, subdivididas em duas unidades.
- Subestação em 69 kV, situada ao lado da casa de máquinas e linha de transmissão em 69 kV com aproximadamente 30 km de extensão.




Adução é composta das seguintes estruturas: Tomada de água a montante da barragem na margem esquerda do reservatório, túnel com seção em arco-retângulo 3,80 x 3,80 m, chaminé de equilíbrio em concreto com diâmetro de 6 m, conduto forçado com diâmetro de 2,85 m e casa de Máquinas com duas unidades de Francis dupla com potência instalada total de 6,08 MW.

A seguir são listados a Ficha Técnica e os principais dados técnicos da PCH Salto Forqueta.

## 7 FICHA TÉCNICA PCH-SFG

A ficha técnica contém os principais dados técnicos do empreendimento que foram extraídos do projeto executivo e do projeto “como construído” elaborado pela TRSUL Engenharia Ltda.

 AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA		FICHA TÉCNICA PCH		SFG	
		LOCAL E DATA: TEUTÔNIA, 05 OUTUBRO DE 2025.			
IDENTIFICAÇÃO					
Nome da Usina: PCH SALTO FORQUETA Situação: Em Operação			Empresa: Certel - Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia Potência Instalada (MW): 6,08		
LOCALIZAÇÃO					
Município: Putinga/ME e São José do Herval /MD Curso d'água: Rio Forqueta Sub-Bacia / Código: 86 Bacia / Código: bacia hidrográfica do Atlântico Sudeste / 08			Estado: Rio Grande do Sul Latitude: 29° 04' 47" S Longitude: 52° 12' 34" W DATUM – SIRGAS 2000		
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS					
VAZÕES CARACTERÍSTICAS Vazão MLT (m³/s): 18,40 Vazão Firme 95% (m³/s): 2,62 Vazão Mínima Média Mensal (m³/s): 0,31 VAZÕES EXTREMAS (1957 a 2024) Vazão Máxima de Projeto (m³/s) (1.000 anos): 3.453,92			Vazão Sanitária (m³/s): 0,24 Período do Histórico Completo: 1957 a 2024 Área de Drenagem do Barramento (km²): 600,00 VAZÕES "ULTIMATE CAPACITY" (1957 a 2024) Vazão Máxima de Projeto (m³/s) (10.000 anos): 4.580,66 Vazão Máxima de Projeto (m³/s) (Ultimate capacity): 5.491,24		
RESERVATÓRIO					
NAs DE MONTANTE NA Máximo Excepcional (m): 211,80 NA Máximo Normal (m): 206,80 NA Mínimo Normal (m): 205,30 NAs DE JUSANTE NA Máximo Excepcional (m): 187,50 NA Máximo Normal (m): 173,26 NA Mínimo Normal (m): 172,76			ÁREAS INUNDADAS No NA Máximo Excepcional (km²): 0,558 No NA Máximo Normal (km²): 0,346 No NA Mínimo Normal (km²): 0,319 VOLUMES No N.A. Máximo Normal (hm³): 3,232 No N.A. Mínimo Normal (hm³): 2,810 Útil (m³): 0,422		
BARRAGEM (OMBREIRAS)					
CARACTERÍSTICAS Tipo: Gravidade Comprimento Total da Crista nas Ombreiras (m): 206,30 Altura Máxima (m): 29,50 Cota da Crista (m): 213,30					
VERTEDOIRO			TOMADA D' ÁGUA		
CARACTERÍSTICAS Tipo: Soleira livre (perfil Creager) Capacidade (m³/s): 3.453,92 Capacidade (m³/s): 4.629,54 (ultimate capacity) Cota da Soleira (m): 206,80 Comprimento Total (m): 152,00			CARACTERÍSTICAS Tipo: Estrutural Altura (m): 14,00  Comprimento Total (m): 6,00		COMPORTAS Tipo: Vagão Acionamento: hidráulico  Largura (m): 4,00 Altura (m): 3,90
TÚNEL DE ADUÇÃO			CONDUTO FORÇADO		
CARACTERÍSTICAS Comprimento (m): 124,00 Seção: Arco retângulo Base(m): 3,80 Arco (m): 1,95			CARACTERÍSTICAS Diâmetro Interno (m): 2,85 / Trecho Bifurcado: 1,95 Número de Unidades: 01 / 02 Comprimento (m): 76,00 / 2 x 14,00		
CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO			CASA DE MÁQUINAS		
CARACTERÍSTICAS Diâmetro (m): 6,00			CARACTERÍSTICAS Tipo: Abrigada		

Altura (m): 12,63	Unidades Geradoras: 02
	Largura (m): 10,00
	Comprimento (m): 30,00
	Cota de Proteção (m): 187,50
<b>TURBINAS</b>	<b>GERADOR</b>
Tipo: Francis Dupla	Potência Nominal Unitária (MVA): 3,80
Quantidade: 02	Tensão Nominal (kV): 6,6
Potência Nominal Unitária (MW): 3,19	Rotação Nominal (rpm): 514
Vazão Nominal Unitária (m³/s): 11,26	Fator de Potência: 0,8
Rotação Síncrona (rpm): 514	Rendimento Máximo (%): 96,00
Rendimento Máximo (%): 92,00	
<b>ESTUDOS ENERGÉTICOS</b>	<b>SISTEMA DE TRANSMISSÃO</b>
Potência da Usina (MW): 6,08	Tensão (kV): 69
Energia Firme (MW): 3,34	Extensão (km): 30,00
Queda Bruta Máxima (m): 33,54	Local de Conexão: SE Certel 03 em Canudos do Vale
Queda Líquida de Referência (m): 31,75	

Figura 4 – Ficha Técnica SFG/ANEEL, 2025

## 8 DADOS TÉCNICOS DA PCH SALTO FORQUETA

## 8.1 DADOS GERAIS

Empresa .....	Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia - CERTEL
Empreendimento.....	PCH Salto Forqueta
Localização .....	Rio Forqueta (Linha Passo Novo)
Municípios (barragem).....	Margem direita: São José do Herval Margem esquerda: Putinga
Município (Casa de máquinas).....	Margem esquerda: Putinga
Sub-bacia .....	86
Bacia .....	08
Estado .....	Rio Grande do Sul
Área de drenagem .....	600 km <sup>2</sup>
Potência instalada .....	6.080 kW

## 8.2 BARRAGEM / VERTEDOURO

Tipo .....	Gravidade
Operação inicial.....	ano 2002
Idade (a partir do 1º enchimento) da barragem em 2025.....	23 anos
Material de construção estruturas do barramento.....	Concreto convencional/ciclópico
Comprimento total da crista do barramento (ombreiras+vertedouro).....	200,55 m
Ombreira Direita – comprimento.....	8,20 m
Largura da crista da ombreira direita.....	2,00 m
Município – margem direita.....	São José do Herval/RS
Altura máxima da ombreira direita.....	7.95 m

Ombreira Esquerda – comprimento.....	40,35 m
Largura da crista da ombreira esquerda.....	3,00 m
Município – margem esquerda.....	Putinga/RS
Altura máxima da ombreira esquerda.....	19,30 m
Cota de proteção das ombreiras (coroamento).....	213,30 m
Vertedouro tipo.....	soleira livre “perfil creager”
Tipo calha vertente.....	em degraus
Inclinação do paramento do vertedouro (jusante).....	0,85 H : 1V
Inclinação do paramento do vertedouro (montante).....	0H : 1V
Comprimento total da crista do vertedouro após recuperação 2025.....	152,00 m
Altura máxima do bloco vertedouro.....	21,50 m
Cota da crista do vertedouro .....	206,80 m
Cota do nível máximo maximorum (TR = 1.000 anos).....	211,80 m
Cota do nível máximo maximorum (TR = 10.000 anos).....	212,56 m
Cota do nível máximo em Ultimate Capacity.....	213,30 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro calculada para TR = 1.000 anos.....	5,00 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro admitida ( Ultimate Capacity ).....	6,50 m
Vazão máxima média diária (TR = 1.000 anos) atualizada 2025.....	3.453,92 m³/s
Vazão máxima média diária (TR = 10.000 anos) atualizada 2025.....	4.580,66 m³/s
Vazão de cálculo do vertedouro atualizada 2025.....	3.453,92 m³/s
Vazão máxima em Ultimate Capacity atualizada 2025 .....	5.491,24 m³/s

Após o evento de enchente extrema ocorrido em 2024 as estruturas que compõe a PCH passaram por recuperação, reforço e alteamento visando absorver os novos e atualizados estudos hidrológicos, estrutural e de rompimento.

### 8.2.1 COMPORTA DESCARGA DE FUNDO (BARRAGEM)

Comporta descarga de fundo .....	01 unidade
Tipo de comporta.....	vagão
Dimensões.(passagem livre) .....	3,50 m x 3,40 m (L x H)
Acionamento das comportas .....	hidráulico/manual
Cota do piso de operação da comporta da descarga de fundo.....	210,80 m
Cota da soleira da comporta da descarga de fundo.....	186,30 m
Altura de pressão máxima sobre a comporta da descarga de fundo.....	27,00 m
Altura soleira comporta descarga de fundo até cota de proteção das ombreiras.....	27,00 m

### 8.3 SISTEMA DE ADUÇÃO

#### 8.3.1 TOMADA D'ÁGUA DO TÚNEL DE ADUÇÃO

Margem do rio.....	esquerda
Comporta.....	01 unidade
Dimensões (passagem livre).....	4,00 m x 3,90 m (L x H)
Acionamento .....	automático com pistão hidráulico
Quantidade de grades finas.....	01 unidade
Espaçamento entre barras.....	30 mm
Dimensão das barras.....	5/8" x 4"
Seção livre das grades.....	4,00 m x 7,00 m (L x H)
Inclinação das grades.....	75°
Nível de água máx.....	210,30 m
Cota do piso de operação da comporta.....	210,80 m
Cota de fundo.....	198,80 m
Altura de pressão máxima sobre a comporta.....	11,50 m
NA máximo maximorum montante <b>após recuperação 2025</b> .....	211,80 m
NA máximo normal montante.....	206,80 m
NA mínimo normal montante.....	205,30 m
NA máximo maximorum jusante.....	180,76 m
NA máximo normal jusante.....	173,26 m
NA mínimo normal jusante.....	172,76 m

#### 8.3.2 TÚNEL DE ADUÇÃO

Localização.....	margem esquerda do reservatório após a tomada d'água
Tipo de Seção.....	arco retângulo escavado em rocha com revestimento
Tipo de revestimento.....	concreto projetado com tela metálica
Comprimento.....	124,00 m
Largura do Túnel.....	3,80 m
Diâmetro médio com revestimento.....	3,80 m
Declividade .....	1,67 m/km
Velocidade média d'água no túnel.....	1,95 m/s
Raio hidráulico .....	0,90 m
Área .....	11,57 m <sup>2</sup>

### 8.3.3 CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO

Tipo de Material.....concreto armado  
Função.....absorver a rejeição total de carga associado ao nível de operação do circuito  
Reforço/Alteamento (2025).....Chapa metálica em aço COSACOR  
Altura do Reforço/Alteamento.....2,50 m  
Cota do fundo da chaminé de equilíbrio.....198,10 m  
Cota da borda superior da chaminé de equilíbrio.....214,60 m  
Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio.....6,00 m  
Altura da chaminé de equilíbrio após recuperação 2025.....17,00 m

### 8.3.4 TUBULAÇÃO FORÇADA

Quantidade.....01 unidade  
Bifurcação.....1 x 2,85 m / 2 x 1,95 m  
Comprimento total.....76,0 m  
Diâmetro antes da bifurcação.....2,85 m  
Comprimento antes da bifurcação.....48,30 m  
Diâmetro após a bifurcação.....1,95 m  
Comprimento após a bifurcação.....2 x 14,00 m  
Material.....aço carbono  
Espessura da chapa .....1/4" e 5/16"

## 8.4 CASA DE MÁQUINAS

Tipo .....Abrigada  
Area total.....249,75 m<sup>2</sup>  
Altura da casa de máquinas .....16,79 m  
Comprimento da casa de máquinas.....27,00 m  
Largura da casa de máquinas.....9,25 m

### 8.4.1 PONTE ROLANTE, COM TROLEY MECÂNICO E TALHA MANUAL

Capacidade do guincho.....35,00 t  
Vão.....9,20 m  
Caminho de rolamento (comprimento do trilho).....25,80 m

#### 8.4.2 TURBINAS HIDRAULICAS

Número de unidades .....	02 unidades
Potência unitária .....	3.190 kW
Vazão por turbina.....	11,26 m³/s
Queda líquida nominal .....	31,75 m
Rotação .....	514 rpm
Regulador de velocidade.....	eletrônico
Rotação específica (nq).....	91,16 rpm
Tipo .....	Francis dupla
Rendimento máximo estimado.....	92 %
Posição do eixo.....	horizontal
Altitude sobre o nível do mar do nível de jusante .....	175 m

#### 8.4.3 GERADOR

Número de unidades .....	02 unidades
Tipo de gerador.....	Brushless
Potência unitária .....	3800 kVA
Rendimento máximo estimado.....	96 %
Tensão nominal .....	6,6 kV
Frequência .....	60 Hz
Fator de potência.....	0,80
Ligação .....	estrela
Número de pólos.....	14
Rotação.....	514 rpm
Posição do eixo.....	horizontal

#### 8.5 SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA/ELEVADORA

Potência total.....	7600 KVA
Fornecedor.....	Trafo
Tensão inferior.....	6,6 kV
Tensão superior.....	69 kV $\pm 2 \times 2,5$ %
Montagem.....	externa
Potência unitária do transformador.....	7600 KVA
Número de transformadores elevadores.....	01
Dimensões em planta.....	27 m x 13 m

Altura dos Pórticos.....13,80 m

## 8.6 FONTE DE ENERGIA AUXILIAR

Tensão de alimentação..... 380/220 V

Potência.....1300 W

Carregador de bateria.....110 V, 10 A

Bateria chumbo – ácidas seladas.....9 unid. , 12 V, 60 A h

## 8.7 LINHA DE TRANSMISSÃO

Tensão de transmissão ..... 69 kV

Comprimento da linha ..... 30 km

Cabo ..... 3 x 1/0 ACSR

## 8.8 COTA DE COROAMENTO DA BARRAGEM

Cota de proteção e/ou coroamento da barragem (ombreiras esquerda e direita).....213,30 m

Cota da crista do vertedouro .....206,80 m

Cota do nível máximo maximorum (TR = 1.000 anos).....211,80 m

Cota do nível máximo maximorum (TR = 10.000 anos).....212,56 m

Cota do nível máximo em Ultimate Capacity.....213,30 m

## 8.9 ARRANJO GERAL DAS ESTRUTURAS

O arranjo geral das principais estruturas, contendo plantas e as respectivas seções típicas, encontram-se no anexo I.

## 8.10 BORDA LIVRE

A borda livre é função da profundidade da água junto à barragem, da extensão (L) da superfície do reservatório (“fetch”), medida perpendicularmente ao eixo da barragem, e do vento que sopra sobre a superfície da água.

Para barragem com altura maior que 10 m, a borda livre deve ser estimada utilizando-se os critérios do USBR (Saville / Bertram).

Os estudos de borda livre são realizados utilizando-se da metodologia consagrada em projetos dessa natureza como recomendado no item 3.1.1 do documento da Eletrobrás, CBDB (2003).O método recomendado é o de Saville Jr. (1962), o qual é apresentado, também, em USBR (1981).

O dimensionamento racional da borda livre requer a determinação da altura e da ação das ondas. A altura das ondas no reservatório depende da velocidade e da duração do vento, do fetch, da profundidade da água e da largura do reservatório.



O fetch é definido como a distância mais longa em linha reta desde o eixo da barragem até a margem do reservatório na direção de propagação do vento. É a pista no corpo da água (superfície do reservatório) sobre a qual o vento vai agir. Esse parâmetro condiciona a altura da onda.

O USBR (1974) sugere como critério, que se adotem ventos de 100 milhas/h (160 km/h) para a borda livre normal e ventos de 50 milhas/h (80 km/h) para a borda livre mínima. Com base nessas velocidades, recomendam-se as bordas livres conforme figura a seguir.

Borda livre (m)		
<i>Fetch</i> (km)	BL normal (m)	BL mínima (m)
< 1,60 (~1 milha)	1,22	0,91
1,60	1,52	1,22
4,02	1,83	1,52
8,05	2,44	1,83
16,1	3,05	2,13
Fonte: USBR (1974).		

Figura 5 – Borda livre recomendadas pela USBR

Portanto, para um fetch efetivo de 1,000 km, e aplicando as equações recomendadas chegamos ao valor da borda livre mínima calculada de 17 cm, portanto bem menor que o recomendado pelo USBR (1974) para uma velocidade do vento de 80 km/h que é de 1,22 m. Para o projeto adotamos 1,50 m de borda livre mínima, valor este acima do mínimo recomendado.

Ficando assim definida a borda livre:

- Borda livre é a diferença entre o NA max maximorum e a cota de coroamento: **1,50 m**, cota N.A.máximoMaximorum = 211,800 m (TR-1.000) e a cota de coroamento = 213,300 m

## 8.11 TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR) PARA O DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS EXTRAVASORAS

Foi adotado para o dimensionamento das estruturas extravasoras (vertedouro da barragem) e para as demais estruturas da PCH as vazões de cheias (extremas) atualizadas com tempo de recorrência **TR=1.000 anos** que resultou em 3.453,92 m³/s (**recuperação 2025**), gerando uma lâmina máxima de 5,00 m sobre a soleira do vertedouro, sendo que lâmina máxima somada a borda livre mínima que é de 1,50 m, resulta em 6,50 m (diferença entre a soleira do vertedouro e a cota de proteção das ombreiras).

Sendo assim o vertedouro terá como **capacidade máxima em “ultimate capacity” de 5.491,24 m³/s, absorvendo eventualmente a TR-10.000 calculada.**

## 8.12 VAZÃO DE PROJETO PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAS EXTRAVASORAS

Após a recuperação da barragem as vazões de projeto, com a atualização do estudo hidrológico passam a vigorar com os seguintes valores de referência:

Vazão média de longo termo.....	18,40 m³/s
Vazão turbinada máxima.....	22,52 m³/s
Vazão turbinada unitária (nominal).....	11,26 m³/s
Vazão Sanitária (ambiental).....	0,24 m³/s
Vazão máxima (TR = 10.000 anos) <b>atualizada 2025</b> .....	4.580,66 m³/s
Vazão de cálculo do vertedouro (TR= 1.000 anos) <b>atualizada 2025</b> .....	3.453,92 m³/s
Vazão máxima em Ultimate Capacity <b>atualizada 2025</b> .....	5.491,24 m³/s

## 8.13 VAZÕES DE CHEIAS (VAZÕES EXTREMAS)

Após o acidente ocorrido em maio/2024, foram determinadas as novas vazões máximas que adotadas para o dimensionamento do vertedouro, cota de proteção das demais estruturas (casa de máquinas, tomada d'água, etc.) e das estruturas de desvio do rio.

A atualização dos estudos hidrológicos para determinação das vazões extremas (cheias) foram realizados no mês de **junho de 2024**.

Nesta avaliação, foram utilizadas as séries de vazões máximas diárias da estação fluviométrica base dos estudos **Passo do Coimbra (86745000)** utilizou-se as informações hidroweb/ANA registradas entre 1957 a 2023 e a **vazão máxima ocorrida em 2024 medida no local da usina** e transposta para o posto;

A seguir a tabela resumo com os dados de vazões máximas anuais do posto base e da PCH Salto Forqueta (Hidroweb/ANA):

Local	Posto PASSO DO COIMBRA 86745000	PCH SALTO FORQUETA
Area Drenagem (km²)	791,00	600,00
Ano	Q <sub>max</sub> (m³/s)	Q <sub>max</sub> (m³/s)
1957	530,00	402,02
1958	620,00	470,29
1959	804,00	609,86
1960	408,00	309,48

1961	485,00	367,89
1962	42,40	32,16
1963	485,00	367,89
1964	289,00	219,22
1965	215,00	163,08
1966	558,00	423,26
1967	846,00	641,72
1968	200,00	151,71
1969	302,00	229,08
1970	430,00	326,17
1971	1.012,00	767,64
1972	443,00	336,03
1973	521,00	395,20
1974	941,00	713,78
1975	396,00	300,38
1976	292,00	221,49
1977	346,00	262,45
1978	224,00	169,91
1979	412,00	312,52
1980	445,00	337,55
1981	258,00	195,70
1982	843,00	639,44
1983	1.093,00	829,08
1984	769,00	583,31
1985	340,00	257,90
1986	589,00	446,78
1987	453,00	343,62
1988	565,00	428,57
1989	545,00	413,40
1990	1.028,00	779,77
1991	238,00	180,53
1992	229,00	173,70
1993	257,00	194,94
1994	595,00	451,33
1995	205,00	155,50
1996	387,00	293,55
1997	533,00	404,30
1998	316,00	239,70
1999	321,00	243,49
2000	486,00	368,65
2001	1.258,00	954,24
2002	503,00	381,54
2003	720,00	546,14
2004	125,00	94,82
2005	512,00	388,37
2006	373,00	282,93
2007	231,00	175,22
2008	620,00	470,29
2009	508,00	385,34

2010	1.292,00	980,03
2011	421,00	319,34
2012	449,00	340,58
2013	363,00	275,35
2014	363,00	275,35
2015	390,00	295,83
2016	403,00	305,69
2017	586,00	444,50
2018	287,00	217,70
2019	306,00	232,11
2020	680,00	515,80
2021	289,00	219,22
2022	451,00	342,10
2023	395,00	299,62
2024	3.713,84	2817,07

Figura 6 – Vazões máximas anuais do posto base e da PCH Salto Forqueta

Observa-se que a vazão máxima ocorrida em 2024, supera em muito as máximas ocorridas anteriormente.

O manual da Eletrobrás recomenda que para a definição das cheias de projeto, serão utilizadas duas distribuições: exponencial de dois parâmetros (estimada pelo método dos momentos), sempre que a assimetria da amostra for superior a 1,5 e Gumbel (extremos do tipo I), para assimetrias amostrais inferiores a 1,5.

No nosso caso a assimetria é igual a 4,95, valor superior a 1,5, então podemos utilizar o **Método de Exponencial de dois parâmetros que é um método mais conservador que o Método de Gumbel**.

Utilizando os dados de vazões máximas anuais, obtemos os seguintes valores:

Média = 407,55 m³/s

Desvio Padrão = 354,20 m³/s

Definida a base estatística para a obtenção dos eventos extremos  $Q_{INST}$ , é oportuno mencionar que os valores calculados foram majorados pelo Coeficiente de Fuller quando da sua transferência para o eixo do barramento proposto neste estudo de projeto básico, conforme formulação abaixo, para considerar o efeito do pico instantâneo das ondas de cheia.

$$Q_{INST} = \lambda Q_{MED}$$

$$\lambda = 1 + a / (AD)^b$$

onde: AD = área de drenagem (km²) a= 2,6 e b= 0,3

### Vazões Máximas

AD USINA=	600,00 km <sup>2</sup>		n=	68
Qmed=	407,55 m <sup>3</sup> /s		Assimetria=	4,95
σ=	354,20 m <sup>3</sup> /s			

### Assimetria

Ano	Qmax
1957	402,02
1958	470,29
1959	609,86
1960	309,48
1961	367,89
1962	32,16
1963	367,89
1964	219,22
1965	163,08
1966	423,26
1967	641,72
1968	151,71
1969	229,08
1970	326,17
1971	767,64
1972	336,03
1973	395,20
1974	713,78
1975	300,38
1976	221,49
1977	262,45
1978	169,91
1979	312,52
1980	337,55
1981	195,70
1982	639,44
1983	829,08
1984	583,31
1985	257,90
1986	446,78
1987	343,62
1988	428,57
1989	413,40
1990	779,77
1991	180,53
1992	173,70
1993	194,94
1994	451,33
1995	155,50
1996	293,55
1997	404,30
1998	239,70
1999	243,49
2000	368,65
2001	954,24
2002	381,54

Ano	X <sub>1</sub> - média
1957	-168,6
1958	247007,0
1959	8280881,7
1960	-943079,2
1961	-62374,2
1962	-52897093,2
1963	-62374,2
1964	-6679824,5
1965	-14609533,2
1966	3880,7
1967	12841214,4
1968	-16745862,1
1969	-5684545,4
1970	-538910,4
1971	46690525,1
1972	-365783,4
1973	-1884,2
1974	28718088,9
1975	-1230817,5
1976	-6440601,8
1977	-3054591,7
1978	-13419447,3
1979	-858223,4
1980	-342995,9
1981	-9507309,4
1982	12470481,7
1983	74900624,2
1984	5429979,7
1985	-3351143,6
1986	60370,6
1987	-261302,6
1988	9293,2
1989	200,6
1990	51572443,9
1991	-11699580,3
1992	-12787123,8
1993	-9609801,0
1994	83914,4
1995	-16012108,4
1996	-1481335,9
1997	-34,3
1998	-4728988,2
1999	-4415615,3
2000	-58863,2
2001	163387439,8
2002	-17585,7

2003	546,14
2004	94,82
2005	388,37
2006	282,93
2007	175,22
2008	470,29
2009	385,34
2010	980,03
2011	319,34
2012	340,58
2013	275,35
2014	275,35
2015	295,83
2016	305,69
2017	444,50
2018	217,70
2019	232,11
2020	515,80
2021	219,22
2022	342,10
2023	299,62
2024	2817,07

2003	2662327,3
2004	-30585139,4
2005	-7053,6
2006	-1935093,1
2007	-12539863,7
2008	247007,0
2009	-10959,0
2010	187618977,1
2011	-686234,5
2012	-300299,8
2013	-2310410,2
2014	-2310410,2
2015	-1394382,2
2016	-1056786,0
2017	50462,3
2018	-6842552,8
2019	-5399520,9
2020	1268679,1
2021	-6679824,5
2022	-280349,3
2023	-1257138,1
2024	13989263743,3

MÉTODO EXPONENCIAL DE DOIS PARÂMETROS					
TR	1/T	Xo	$\beta$	Vazão	Vazão Inst
2	0,5000	53,35	354,20	298,86	412,88
10	0,1000	53,35	354,20	868,92	1.200,44
50	0,0200	53,35	354,20	1.438,98	1.988,00
100	0,0100	53,35	354,20	1.684,50	2.327,18
500	0,0020	53,35	354,20	2.254,56	3.114,74
1.000	0,0010	53,35	354,20	2.500,07	3.453,92
10.000	0,0001	53,35	354,20	3.315,64	4.580,66

Vazões de Cheia PCH SALTO FORQUETA		
MÉTODO EXPONENCIAL DE DOIS PARÂMETROS		
TR	Q (m³/s)	Q <sub>inst</sub> (m³/s)
2	298,86	412,88
10	868,92	1.200,44
50	1.438,98	1.988,00
100	1.684,50	2.327,18
500	2.254,56	3.114,74
1.000	2.500,07	3.453,92
10.000	3.315,64	4.580,66

Figura 7 – Vazões de Cheia (máximas)

Sendo assim, o vertedouro e as demais estruturas da PCH foram dimensionadas para atender as cheias atualizadas com tempo de recorrência TR=1.000 anos que é 3.453,92 m³/s.

O vertedouro terá como **capacidade máxima em “ultimate capacity” de 5.491,24 m<sup>3</sup>/s, absorvendo assim a TR-10.000.**

#### 8.14 DIMENSÕES ÚTEIS DOS DISPOSITIVOS EXTRAVASORES

O vertedouro da barragem é o dispositivo extravasor principal do empreendimento. E possui as seguintes características:

Vertedouro tipo.....	soleira livre “perfil creager”
Lâmina máxima sobre o vertedouro calculada para TR = 1.000 anos.....	5,00 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro admitida ( Ultimate Capacity ).....	6,50 m
Comprimento total da crista do vertedouro (projeto original).....	95,00 m
Comprimento total da crista do vertedouro <b>após recuperação 2025</b> .....	152,00 m

A barragem possui uma comporta na Descarga de Fundo (DF), que poderá ser acionada eventualmente, com as seguintes características:

Comporta descarga de fundo .....	01 unidade
Tipo de comporta.....	vagão
Dimensões.(dimensões úteis) .....	3,50 m x 3,40 m (L x H)
Acionamento das comportas .....	hidráulico/manual

#### 8.15 PROJETO COMO CONSTRUÍDO

A TRSUL Engenharia Ltda, disponibilizou o projeto como construído “As Built” da Recuperação da PCH Salto Forqueta e a CERTEL mantém em arquivos digitais para futuras consultas.

#### 8.16 DESENHOS DE REFERÊNCIA

Todos os documentos da Usina estão apresentados no Anexo I do Plano de Segurança da Barragem – 01 - PSB\_Barragem\_Salto\_Forqueta\_Certel.





Figura 8 – Estruturas do Barramento Recuperada em 2025 da PCH Salto Forqueta



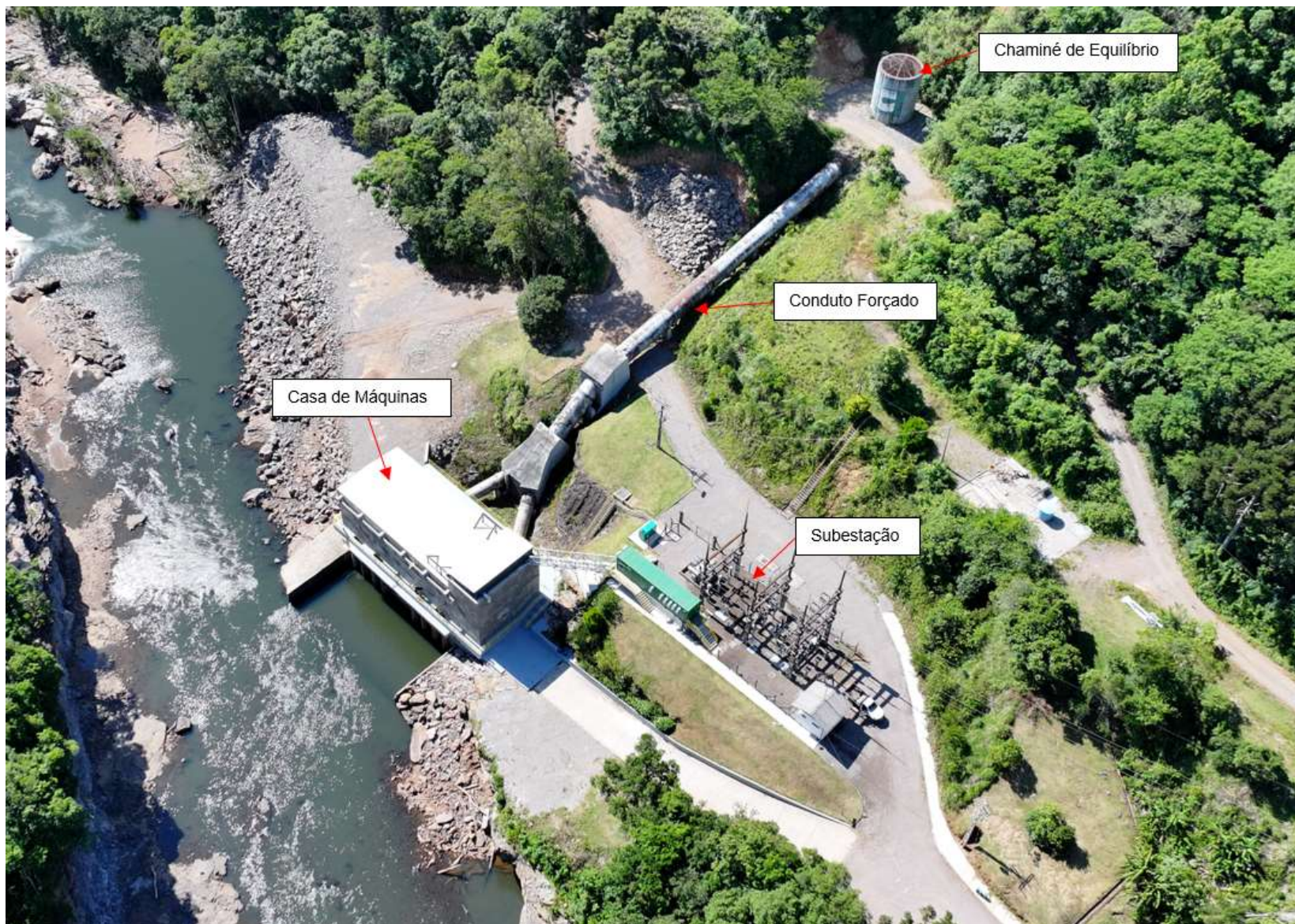


Figura 9 – Casa de máquinas recuperada em 2025 da PCH Salto Forqueta

## 8.17 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH Salto Forqueta está fixado na cota 206,80 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 3,40 hm<sup>3</sup> e ocupa uma área de 34,6 hectares ou 0,346 km<sup>2</sup>.

A figura a seguir apresenta a curva cota x área x volume do reservatório.

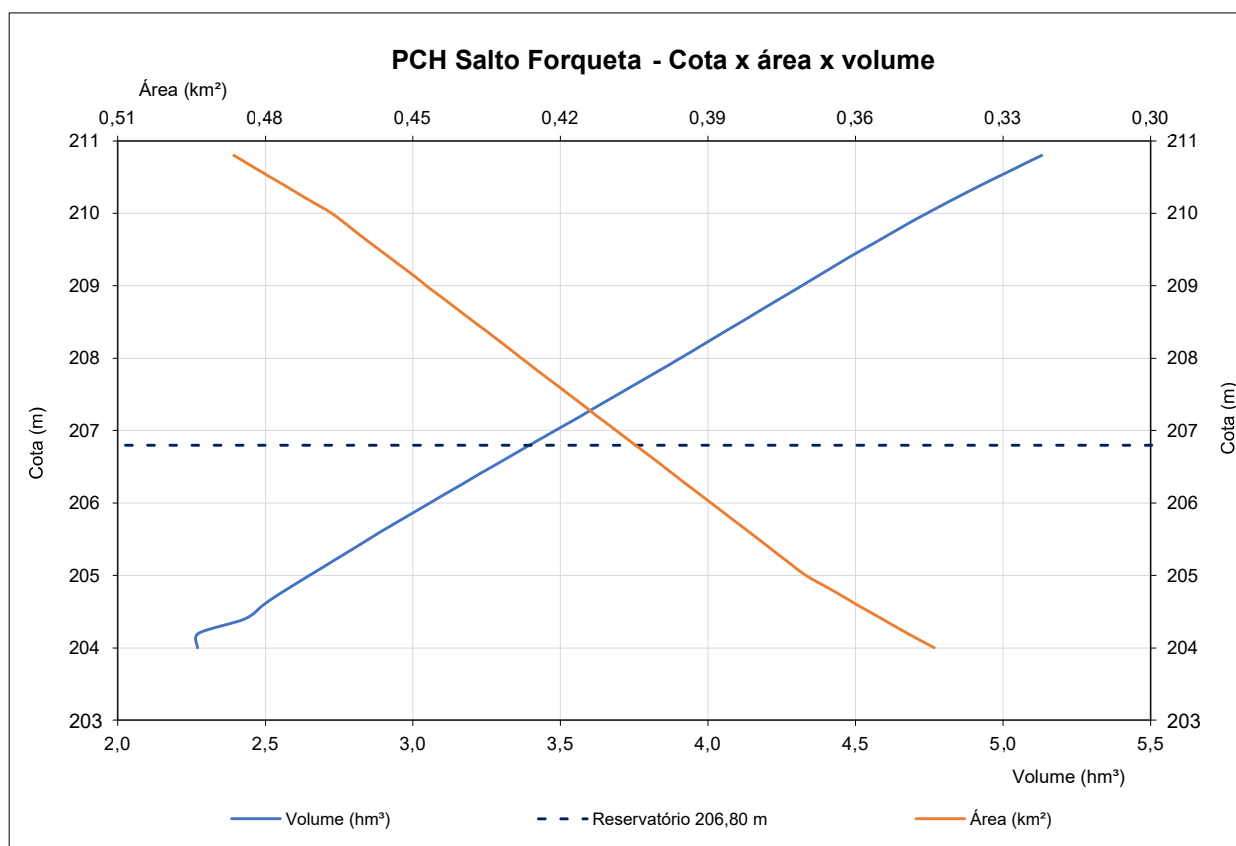


Figura 10 - Cota x Volume – Reservatório PCH Salto Forqueta

## 8.18 Aproveitamentos Hidrelétricos

A Figura 11 apresenta a localização relativa da PCH Salto Forqueta na divisão de quedas do rio Forqueta. Somente as PCHs Rastro de Auto e Salto Forqueta estão materializadas e em operação.

Figura 11 - Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta, próximos a PCH Salto Forqueta

Posição em relação à PCH Salto Forqueta	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário	Situação
Montante	CGH Pedras Brancas	4,30	CERFOX – Cooperativa de Geração e Desenvolvimento Fontoura Xavier	DRI
	CGH São Pedro	4,40	Cooperativa de Energia e Desenvolvimento Rurais Fontoura Xavier Ltda.	Eixo Inventariado
	PCH Foz do Jacutinga	5,50	CERTEL Desenvolvimento	DRS – Projeto Básico
	PCH Rastro de Auto	7,02	Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A	Operação
<b>PCH Salto Forqueta</b>		<b>6,08</b>	<b>Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL</b>	<b>Recuperada/Operação</b>
Jusante	PCH Moinho Velho	4,10	CERTEL Desenvolvimento	DRS – Projeto Básico
	PCH Vale Fundo	5,60		
	PCH Vale do Leite	6,00		
	PCH Olaria	4,00		

Fonte (Aneel, 2021)

- Não existe nenhuma usina a jusante da PCH Salto Forqueta em operação.





Figura 12 – Vertedouro da PCH Salto Forqueta

### 8.19 Instrumentação

Para instrumentação da barragem foi optado no uso de pares de pinos junto as juntas de dilatação para monitoramento e controle de deslocamentos superficiais, deslocamentos angulares, e deslocamentos relativos e absolutos, tendo como referência dois marcos de referência geodésicos instalados, sendo 01 (um) na margem direita e outro na margem esquerda da barragem.

## 9 LEI DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A resolução normativa ANEEL nº 1064, de 2 de maio de 2023, está de acordo com a Lei federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

Segue o Art. 1º da REN nº 1.064/2023, que estabelece critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas fiscalizadas pela ANEEL, e que apresentem qualquer uma das destas características:

*I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento da barragem, maior ou igual a 15m (quinze metros);=> **PCH Salto Forqueta altura do maciço sendo o ponto mais alto igual a 27,00 m (soleira da descarga de fundo até cota de proteção das ombreiras) e ponto mais alto da soleira vertente (vertedouro) igual a 21,50 m.***

*II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);=> **PCH SALTO FORQUETA capacidade total do reservatório no nível normal é igual a 3.396.000 m³.***

III - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º. Da Lei nº 12.334/2010 => **PCH Salto Forqueta apresenta dano potencial associado alto.**

IV - categoria de risco alto, nos desta Resolução, conforme definido no art. 7º da Lei nº 12.334/2010 => **PCH Salto Forqueta apresenta dano potencial associado alto.**

## 10 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM / ANO DE REFERÊNCIA 2025

As barragens fiscalizadas pela ANEEL serão divididas em classes, segundo a categoria de risco, dano potencial associado e volume do correspondente reservatório, em acordo com a matriz de classificação disposta no Anexo I.

Os critérios para classificação das barragens estão definidos no Anexo II da Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, de 2 de maio de 2023, onde são obtidos a Categoria de Risco e o Dano Potencial Associado, onde é obtido o Resultado final da Avaliação.

A área de abrangência para avaliação do Dano Potencial Associado (Anexo II.2) deverá compreender a região de amortecimento da cheia decorrente da ruptura, ou o reservatório da usina imediatamente a jusante.

Categoria de risco é a classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre e dano potencial associado à barragem é o dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais.

Da matriz elaborada para a PCH Salto Forqueta, conforme o Anexo I e II da REN nº 1.064/2023, obtivemos a **Categoria de Risco = Baixo**, e **Dano Potencial Associado = Alto e Classe B**.

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
Alto	A	B	B
Médio	B	C	C
Baixo	B	C	C

Figura 13 - Matriz de Classificação de Barragem (Anexo I – REN nº 1.064/2023)

As matrizes a seguir compõe o Anexo II da REN nº 1.064/2023:

## ANEXO - Matrizes de Classificação de Barragens

### MATRIZ PARA CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA

NOME DA BARRAGEM	PCH SALTO FORQUETA
NOME DO EMPREENDEDOR	COOPERATIVA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO TEUTÔNIA - CERTEL
DATA:	12/04/2025

II.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	15
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		18

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

(\*) 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	$\geq 16$
	MÉDIO	$10 < DPA < 16$
	BAIXO	$\leq 10$

#### RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:

CATEGORIA DE RISCO	BAIXO
DANO POTENCIAL ASSOCIADO	ALTO

Figura 14 – Matriz para Classificação de barragem / Categoria de Risco e Dano Potencial Associado



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 Decamlenar (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 = Σ (a até g):		15				

Figura 15 – Matriz Classificação Categoria de Risco / Características Técnicas

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 hidroeletrônicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e dispositivos hidroeletrônicos 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 hidroeletrônicas 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 vertical. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, parâmetros, 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 parâmetros, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo. (1)	Estruturas civis e hidroeletrônicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos 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 vertical. (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, parâmetros, 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 hidroeletrônicos com problemas identificados e com medidas corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos 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 escorregamentos expressivos, com 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 hidroeletrônicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
EC = Σ (h até m):		0			

Figura 16 – Matriz Classificação Categoria de Risco / Estado de Conservação

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)	Emite 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)	Emite 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)	-	-	-	-
<b>PS = <math>\sum</math> (o até s):</b>		<b>3</b>		

Figura 17 – Matriz Classificação Categoria de Risco / Plano de Segurança da Barragem - PS

## 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 m³ (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 m³ (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 m³ (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 m³ (5)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)	-	-
DPA = $\sum$ (a até d):		20	

Figura 18 – Matriz Classificação Dano Potencial Associado - DPA

O presente plano de segurança e estudos tem como objetivo garantir as condições adequadas de segurança das estruturas e pessoas. A área de abrangência dos estudos e para avaliação do Dano Potencial Associado (Anexo II.2) se estendeu até a região de amortecimento da cheia associada ou decorrente da ruptura, pois não existe reservatório de usina hidrelétrica a jusante do empreendimento.

## 11 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E QUALIFICAÇÃO TÉCNICA DOS PROFISSIONAIS DA EQUIPE DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Visando-se chegar a delimitação e definição de um corpo técnico mínimo a compor a “Equipe Técnica de Segurança da PCH” entendeu-se conveniente relacionar em um primeiro momento todos os profissionais e colaboradores envolvidos na operação direta e indireta da barragem.

A partir desta relação de profissionais mínimos, envolvidos com a operação da PCH, foi possível se delimitar tanto a estrutura organizacional, quanto a qualificação e as responsabilidades destes

profissionais, nos quais estão definidos também aqueles diretamente responsáveis pela segurança da PCH.

A estrutura organizacional foi separada em duas categorias de atuação: uma equipe núcleo (de atuação contínua e rotineira), sendo esta interna ao empreendedor e outra de apoio (de atuação eventual, nos casos de necessidade), normalmente externa. Esta segunda não foi delimitada em específico, uma vez, que conforme mencionado, tratam-se de equipes contratadas para as mais diversas demandas.

A equipe núcleo é formada pelo responsável técnico pela operação e segurança da PCH, pelo corpo de profissionais técnicos diretamente envolvidos nas atividades complementares da PCH e pelos técnicos auxiliares, todos assistidos pelas gerências superiores, inclusive pelo gerente geral.

A equipe de apoio é composta pelo pessoal que atua nas eventualidades, profissionais responsáveis pela manutenção elétrica e mecânica, consultores externos e projetistas.

Na estrutura organizacional da barragem a equipe núcleo é composta por funcionários do GRUPO CERTEL que prestam serviços para a PCH Salto Forqueta, sendo assim, são estes funcionários que fazem parte da equipe de operação e de segurança da barragem.

Visando, maior especificidade e delimitação de responsabilidades, a CERTEL, criou o Centro de Operação de Geração (COG), que tem a função de prestar serviço de operação das usinas, se responsabilizando pela operação da barragem. Mais especificamente, os operadores dos COG são responsáveis pelo despacho de carga na Usina, porém está alocado um operador em turno diário, em horário comercial na usina.

A PCH Salto Forqueta é totalmente monitorada por um sistema de CFTV que pode ser acessado de qualquer local, desde que com acesso a rede de internet, as câmeras podem ser acessadas por celulares, tablets, entre outros sistemas. Este sistema, além de servir de apoio para operação, serve para visualizar invasores, identificar problemas e especificar orientações de uma tomada de decisão baseada em imagens observadas até que seja possível de serem providenciadas ferramentas para a solução total do problema.

Dentro da COG a escala de responsabilidades foi definida de acordo com a função atribuída aos técnicos envolvidos com a operação e segurança do barramento.

O esquema de comunicação opera com a obrigatoriedade de o operador local, que na maioria das vezes é quem detecta o problema, comunicar o COG que passa a Ordem de serviços ou em caso de emergência envia a informação diretamente a tomada de decisão.

A seguir estão apresentados o organograma funcional da equipe técnica envolvida com a operação da PCH, as responsabilidades e qualificações dos técnicos, as diretrizes para treinamentos, e o esquema de comunicação interna do empreendedor.

### **11.1 Organograma Funcional**

Uma estrutura organizacional é indispensável para o bom desempenho das atividades relacionadas à segurança e operação de barragens. Esta estrutura é apresentada na forma de um organograma.

Tal organograma, que tem por intuito destacar os integrantes de uma equipe técnica, neste caso de segurança e operação da PCH Salto Forqueta, contempla a apresentação da função, o nome de cada operador e o telefone de contato, para que cada colaborador entenda suas funções dentro da equipe e para que todos os colaboradores tenham a informação de a quem recorrer em casos específicos. É fundamental que o organograma seja conhecido, divulgado e seguido.

Optou-se pela apresentação de um organograma genérico, com a descrição dos cargos, sem nomeação dos mesmos. Orienta-se que em um segundo momento deverá ser confeccionado/atualizado tal organograma, a fim de possibilitar sua divulgação e conhecimento pela equipe técnica, diretamente responsável pelas atividades de operacionais e de segurança da PCH.

Recomenda-se ainda que no organograma e/ou em uma tabela conste, pelo menos, dois contatos de cada profissional ou setor, permitindo acessar um segundo profissional em caso de ausência do primeiro.

Neste sentido, a Figura 19 apresenta o organograma funcional, da estrutura gerencial, com foco nas responsabilidades dos envolvidos. Neste organograma não foram especificados os profissionais responsáveis a fim de se manter a estrutura organizacional, podendo ao longo da vida útil do empreendimento sofrer alteração de profissionais responsáveis.

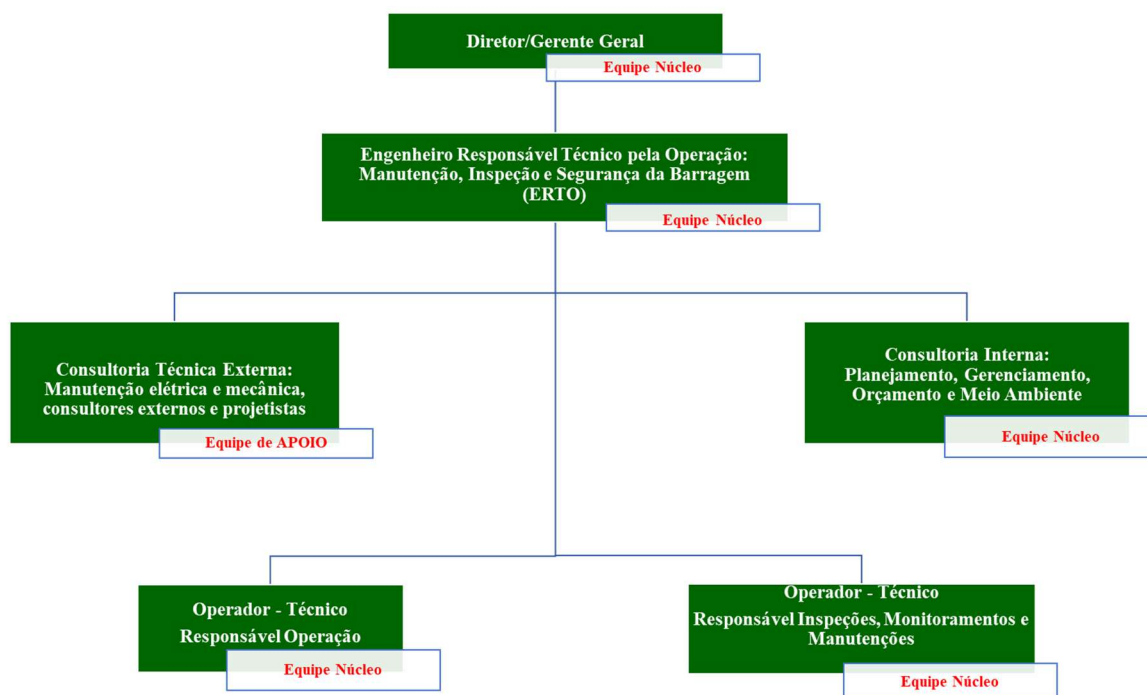


Figura 19 – Organograma da Equipe de Operação e Segurança da PCH Salto Forqueta

## 11.2 Relação de Equipe Técnica: Qualificação Técnica e Responsabilidades

Notadamente é de suma importância para o bom funcionamento de uma barragem, assim como para minimização de riscos potenciais, que tais empreendimentos disponham de uma equipe responsável pela segurança e operação da barragem e de uma estrutura organizacional definida. A equipe da PCH está relacionada na Figura 20.

Segue abaixo toda equipe interna de operação e manutenção da PCH Salto Forqueta.

Nome	Qualificação técnica	Função/Responsabilidade
Júlio Cesar Salecker	Engenheiro Agrícola/Técnico em Eletrotécnico	Diretor do Departamento de Geração
Felipe Drebes	Engenheiro Eletricista e de Controle Automação	Coordenador de Engenharia e Planejamento/ Responsável técnico Operação e Manutenção
Rodrigo Da Cas	Engenheiro Civil/MBA, em Projeto e Execução de Estruturas e Fundações / Pós-graduação em Segurança de Barragens	Responsável Técnico Operação, Manutenção, Inspeção e Segurança da Barragem
Samuel Vanderlei Delfeit	Engenheiro Eletricista Mestre em Engenharia	Coordenador de Engenharia e Planejamento
Tatiana da Costa Weber	Engenheira Ambiental Especialista em Avaliação de Impactos e Recuperação Ambiental	Analista Ambiental – Setor de Meio Ambiente

Nome	Qualificação técnica	Função/Responsabilidade
Ricardo Jasper	Engenheiro Agrônomo	Coordenador do setor Ambiental
Everaldo Belmonte André	Técnico em Eletromecânica	Manutenções, Inspeções
Vinicius Hermann da Silva	Auxiliar Técnico/Estudante de Engenharia Civil	Inspeções e Leituras de Instrumentação
Operadores de COG	Curso de Operador de Usinas Hidrelétricas e Operador de COS	Operacional

Figura 20 – Lista de profissionais e qualificação técnica destes vinculados a equipe de segurança e operação da PCH Salto Forqueta

Atualmente a totalidade da equipe com qualquer atividade relacionada a PCH Salto Forqueta tem acesso aos contatos de interesse e/ou pertinentes a operação, manutenção, inspeção e tomadas de decisão do empreendimento. A lista de contatos importantes atualizada encontra-se apresentada no quadro a seguir.

IDENTIFICAÇÃO	CONTATO (FONES)
1. Empreendedor: Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia - Certel	(51) 3762.5516 (horário comercial) (51) 3762.5542 (24 horas)
2. Operação na PCH Salto Forqueta	(51) 99993.5186 (horário comercial) ou (51) 3762.5542 (COG - 24 horas)
3. Operação no COG – Centro de Operação	(51) 3762-5542 (24 horas) ou (51) 99840-5299 (COG - 24 horas)
4. Operação e Manutenção da PCHSF	(51) 3762-5516 (horário comercial) (51) 3762-5542 (24 horas)
5. SESMT	(51) 3762-5500 (horário comercial)
6. Ambiental	(51) 3762-5500 (horário comercial)
7. Manutenção de obras civis	(51) 3762-5516 (horário comercial) (51) 3762-5542 (24 horas)
8. Setor Administrativo/Jurídico	(51) 3762-5516 (horário comercial)

Figura 21 – Quadro de contatos da PCH e do empreendedor

### 11.3 Responsabilidades

A função de cada cargo da PCH Salto Forqueta é bem específica e deve respeitar a hierarquia. Com isto, são apresentadas as funções específicas dos supervisores de operação da barragem e dos operadores.

Deve-se compreender a importância da equipe técnica completa para segurança da barragem, não apenas da existência do responsável técnico e diretor, diretamente ligados a tais atividades, mas também dos operadores e da equipe de consultoria interna, profissionais capacitados e com diversas responsabilidades indiretas para com a segurança da barragem.

#### **11.4 Diretor**

Além das responsabilidades de um diretor, este cargo em se tratando da equipe de segurança da barragem, tem foco no interno e prima pela melhor execução possível das tarefas da equipe. Deve ser um profissional essencial para a execução da estratégia, pois assume a responsabilidade pela entrega daquela missão. O mesmo terá função de aprovar estratégias elaboradas e propostas por sua equipe de trabalho, visando alcançar o objetivo final, além disto, terá função de viabilizar a realização de atividades e/ou melhorias junto ao presidente da CERTEL.

Em suma o diretor não operacionaliza a atividade, mas o que orienta, viabiliza e aprova. Sua principal missão é garantir que sua equipe esteja alinhada aos objetivos da empresa. Para isso, irá utilizar técnicas como o estabelecimento de objetivos estratégicos, metas departamentais e a orientação da cultura da empresa. Ele certamente será o ponto final de decisão de políticas de preços, investimentos a serem feitos e contratações.

#### **11.5 Responsável Técnico: Operação, Manutenção, Inspeção e Segurança da Barragem**

O engenheiro responsável técnico pela operação da barragem (ERTO) é quem assina a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da operação e da segurança da barragem.

Este profissional deve figurar no topo do organograma, imediatamente abaixo da Alta Gerência. Nem sempre esse profissional é quem efetivamente está encarregado da operação da barragem propriamente dita. Este profissional é que detém o controle de toda a operação da estrutura e, por intermédio dele, todas as ações e comunicações devem ser estabelecidas.

O responsável técnico deverá conhecer a legislação, as regulamentações pertinentes aos recursos hídricos e meio ambiente, emanados da ANA, ANEEL e demais órgãos. Este poderá, quando autorizado, tomar providências e representar a diretoria, junto a órgãos e entidades públicas e privadas, a exemplo de prefeituras, associações comunitárias e de usuários, grupos ambientalistas, ONG, defesa civil, dentre outros. O nível de instrução do supervisor deverá ser compatível com suas funções e ter experiência nas áreas de acompanhamento e fiscalização de obras, manutenção de equipamentos, fiscalização, monitoramento ambiental e recuperação de áreas degradadas. Está credenciado para executar as atividades de fiscalização e registro de qualquer ocorrência considerada irregular, podendo inclusive, sob consulta prévia, notificar os



infratores, prestar queixas, fazer denúncias ou esclarecimentos a outros órgãos públicos, encaminhando cópia da notificação das ocorrências a diretoria.

Deverá atuar, em sintonia com o Líder, no âmbito das instalações da PCH e em apoio aos técnicos, nas reuniões e ações sob a coordenação da Defesa Civil.

Portanto, o responsável técnico, além de exercer suas atividades funcionais da barragem, deverá colaborar com a equipe de segurança da barragem sempre que for solicitado, a fim de repassar informações sobre as condições da barragem e das estruturas complementares. Recomenda-se a participação do supervisor durante as realizações das inspeções da equipe de segurança de barragens. O supervisor terá responsabilidade direta e responderá pelas atividades e procedimentos do Operador.

### **11.6 Consultoria Interna**

A equipe de consultoria interna tem responsabilidade direta por todas as atividades de planejamento, orçamento, monitoramento e de cunho ambiental da PCH.

Desenvolve atividades necessárias desde as de operação até as de regularização legal da PCH.

Neste sentido, esta equipe reunirá diversas informações e orientações que tem interface com a segurança da barragem.

Este grupo de profissionais não tem responsabilidade direta sobre a segurança, mas tem sim, responsabilidade de forma indireta, tanto com a equipe de segurança como para com a própria segurança da PCH. Portanto, é de suma importância que haja comunicação funcional entre a equipe de consultoria interna e o responsável pela segurança da barragem. Sistema pelo qual aproveita-se o corpo técnico disponível para desenvolver e/ou aprimorar atividades de segurança.

### **11.7 Consultoria Externa**

Como define o nome, trata-se de equipes de consultores externos, contratados por demanda, a desenvolver atividades que não são possíveis de serem supridas pelas equipes disponíveis. Estas consultorias são necessárias nos mais diversos setores internos da PCH, desde manutenções e limpezas, até a elaboração de estudos e projetos vinculados a operação, segurança, manutenção, inspeção e monitoramento da PCH, visando atendimento as obrigações legais.

Algumas das necessidades de contratações de equipes externas estão melhores descritas nos manuais de procedimentos da PCH, pois tais manuais orientam as necessidades de execução de

manutenções, inspeções de segurança entre outras atividades que demandam de profissionais com maior especificidade de formação.

Pertinentes aos temas relacionados a este plano de segurança de barragem, pode-se citar a necessidade de contratação de equipe de consultoria externa, para responsabilidade pela elaboração dos estudos de inspeções especiais de segurança e estudos para revisões periódicas de segurança, ambas necessidades obrigatórias para conformidade com a Resolução Normativa ANEEL nº 1.064, de 2 de maio de 2023.

## 11.8 Operadores

As funções dos operadores, além das de rotina para o funcionamento da barragem, é o responsável pela operação dos equipamentos, fiscalização do reservatório e medição de instrumentos de monitoramento. O desenvolvimento de suas atividades fica restrito ao corpo do barramento, ao lago formado pelo reservatório, e à Área de Preservação Permanente (APP). Deverão ter nível de instrução compatível com suas funções e experiência nas áreas de operação, manutenção de equipamentos de barragens e monitoramento de instrumentos, além de estar habilitado para uso dos equipamentos normalmente utilizados nas atividades de operação e fiscalização tais como motocicleta e barco.

As principais atividades a serem desenvolvidas pelo operador estão relacionadas na figura a seguir.

PERIODICIDADE	ATIVIDADES
<b>Diária</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Acompanhar e monitorar as cotas do nível d'água do reservatório;</li><li>➤ Monitorar o funcionamento de todas as estruturas que compõe a PCH;</li><li>➤ Monitorar e inspecionar visualmente todos os equipamentos, principalmente no caso de algum alarme indicar;</li><li>➤ Inspecionar visualmente o maciço da barragem para detectar eventuais ocorrências de percolação indevidas, trincas, corpos estranhos, enfim qualquer observação digna de registro e/ou alerta;</li><li>➤ Inspecionar a jusante do barramento com as mesmas preocupações do item anterior, observando ainda a ocupação indevida da área por estranhos, animais, bota fora, entulhos, etc.;</li></ul>
<b>Semanal</b>	Pelo menos uma vez por semana, o operador deverá estender as funções diárias, realizando uma volta no contorno do reservatório, próximo as margens, inspecionando e anotando as irregularidades: ocupações indevidas, fontes poluidoras, novas captações d'água etc.
<b>Mensal</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Identificar pontos de poluição no reservatório;</li><li>➤ Identificar a ocupação não autorizada nas áreas do entorno do reservatório;</li><li>➤ Operação de abertura e fechamento das comportas de tomadas d'água;</li><li>➤ Registrar as ocorrências da operação anterior, anotando dificuldades no acionamento, falta de lubrificação, falta de reposicionamento de elementos móveis, mancais soltos, secos e/ou engripados, condições do maciço de concreto da tomada de água; e</li><li>➤ Inspeção visual em todas as estruturas.</li></ul>

Figura 22 – Atribuição dos Operadores

Vale ressaltar que a PCH Salto Forqueta conta com sistema de controle da operação, que permite sua operação de forma remota via COG. Ademais, o Sistema Supervisório da PCH tem os devidos controles e proteções impedindo a execução de falhas humanas e reduzindo as necessidades de atividades a serem realizadas pelo operador.

## **11.9 Treinamento**

A equipe designada para operacionalizar a barragem e demais estruturas deverá ser devidamente treinada seguindo os requisitos preconizados no Manual de Operação da estrutura. O treinamento na operação de barragens deve ser feito por meio da aplicação das diretrizes operacionais estabelecidas no Manual de Operação da barragem, de forma planejada, ao longo do tempo, e assistida por supervisores que detêm o conhecimento necessário a essa atribuição.

Não diferente, o responsável pela segurança da barragem deverá ser treinado em conformidade com as diretrizes legais de segurança, impostas pelo órgão regulador da barragem (ANEEL) e descritas neste Plano de Segurança. Portanto, este documento, assim como a legislação pertinente ao tema, deverão ser as principais fontes de orientação e informação para o treinamento tanto do responsável pela segurança, quanto da equipe direta ou indiretamente relacionada ao tema.

Sugere-se que o treinamento seja realizado em etapas, onde à medida que os componentes da equipe desenvolvam suas habilidades e passem a atuar de forma mais segura e experiente, o líder passe a coordenar as atividades de todos e reduz, gradualmente, o nível de supervisão. Atuando, portanto, mais como um gerente das ações de seu grupo e controlando os resultados atingidos e orientando em caso de dúvida. Paralelamente, ele atua na obtenção dos recursos necessários ao desenvolvimento dos serviços sobre o seu comando.

Desta forma, em pouco tempo os membros da equipe irão desempenhar suas tarefas com desenvoltura e relatar seus movimentos ao coordenador.

De qualquer maneira, orienta-se que toda e qualquer atividade desempenhada por qualquer membro da equipe deverá ser acompanhada e/ou verificada/vistoriada pelo responsável técnico da equipe de segurança, uma vez que o mesmo é quem detém a responsabilidade perante os órgãos reguladores.

A metodologia de treinamento por trás do esquema apresentado pressupõe que as responsabilidades da equipe sejam estabelecidas com o passar do tempo, e não de forma

imediate. Assim que, em um segundo momento, a equipe esteja completamente formada, ficará mais fácil formar apenas profissionais substitutos para cargos em específico.

Todo novo integrante da equipe de operação deverá receber o mesmo treinamento. Todo indivíduo da própria empresa ou de empresa externa que vier a exercer atividades ou serviços na área da barragem deverá receber instruções básicas sobre a rotina operacional dessa estrutura, bem como da importância da contínua observação do comportamento dela e deverá saber a quem comunicar qualquer observação anômala.

As pessoas que irão integrar a equipe de segurança da barragem deverão ser devidamente informadas e treinadas para executarem adequadamente as tarefas que lhes serão atribuídas. Elas também deverão receber instruções sobre as principais consequências decorrentes da ruptura da barragem. É fundamental que elas tenham conhecimento das implicações de uma operação inadequada, ou falha de monitoramento, para que possam operar com foco na minimização de riscos e o responsável técnico deverá contribuir para disseminar tais instruções.

O treinamento deve ser encarado como um meio para se atingir benefícios, como a redução no tempo de execução de uma atividade, a tomada de decisões mais rápidas e qualificadas, redução de custos, melhoria na qualidade e na confiabilidade, implementação de “melhores práticas”, maior nível de coordenação, aperfeiçoamento rápido de pessoal e melhor controle situacional (Kersner, 2006).

## **12 DOCUMENTOS TÉCNICOS DA IMPLANTAÇÃO, DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM**

Conforme Art. 17 da Lei Federal 12.334/2010, o empreendedor de uma barragem obriga-se a:

- I Prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;
- II Providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;
- III Organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;

Neste sentido, a CERTEL dispõe e atualiza anualmente de toda documentação de projeto, construção, operação, manutenção e segurança da barragem, seguindo todos os requisitos e obrigações citados anteriormente.

A relação da documentação da barragem deverá ser constantemente atualizada. Orienta-se que todo e qualquer documento que vier a acrescentar a lista de documentos importantes de projeto,

projeto como construído, operação e manutenção deverá ser adicionado na listagem apresentada a seguir e ser arquivado junto aos demais.

### **13 MANUAIS DE PROCEDIMENTOS DOS ROTEIROS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA E DE MONITORAMENTO E RELATÓRIOS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM**

A avaliação das condições de segurança das estruturas da barragem requer a realização de inspeções periódicas de campo, durante toda a vida útil da barragem. O programa geral de inspeção, para a PCH é exclusivamente de campo baseado nas inspeções visuais, gerando ao final das inspeções relatórios específicos.

No programa de inspeção descrito a seguir, abordam-se os procedimentos que devem orientar as inspeções de campo, que tem por objetivo detectar deteriorações em potencial e alertar sobre condições que podem conduzir as estruturas da barragem, progressivamente, ao comprometimento de suas condições de segurança. A realização de inspeções cuidadosas e regulares deve indicar tendências, e não apenas valores absolutos, pois as deteriorações tendem a ocorrer de modo progressivo ao longo do tempo.

Os técnicos responsáveis pelas inspeções deverão ser treinados para tal, no sentido de aproveitar as circulações diárias nas estruturas, barragem e outros locais, para o registro de eventuais deteriorações e/ou anomalias. Estes técnicos deverão ser instruídos sobre a importância do registro de toda observação relevante que fizerem.

As inspeções deverão ser classificadas em quatro categorias:

- **Inspeção Rotineira ou Informal:** é aquela que será conduzida pelos técnicos envolvidos na operação do empreendimento, consistindo em inspeções visuais efetuadas em suas visitas rotineiras às estruturas civis, ou para a execução de tarefas diversas ligadas a área de operação. Não necessita, normalmente, de planilha detalhada para o registro de dados. Não gera relatório específico, mas apenas o relato para os responsáveis imediatos, de anomalias ou eventuais problemas encontrados. Para tanto, é recomendável que tais operadores sejam submetidos periodicamente a treinamento, para alertá-los sobre os problemas que podem ocorrer em estruturas de barramento.
- **Inspeção Periódica:** deve ser realizada em datas específicas, podendo para isto utilizar a supervisão de um técnico especialista. Neste caso, tais técnicos devem estar devidamente treinados para a tarefa, incluindo um estudo sucinto dos documentos de projeto, dos registros existentes e um histórico das intervenções já realizadas, ou dos pontos relevantes de projeto, seguido das inspeções de campo. Requer o emprego de planilhas detalhadas para sua

execução, registro fotográfico, com os seus resultados sendo apresentados em um relatório apropriado.

- **Inspeção Formal:** deve ser executada por equipe multidisciplinar de especialistas, envolvendo engenheiros das áreas de hidráulica, geologia/geotecnia, estruturas, tecnologia do concreto e instrumentação (auscultação) de barragens. Há a necessidade de familiarização com o histórico das estruturas e com os procedimentos eventualmente empregados nas obras de reparo já realizadas. Para atender a estes requisitos é imprescindível que a equipe efetue um estudo detalhado dos documentos de projeto, dos registros existentes e do histórico das intervenções passadas, comparando-os com o atual estado do barramento. As inspeções de campo devem englobar todos os aspectos relevantes das estruturas, incluindo detalhes de operação dos equipamentos mecânicos relacionados com a segurança da barragem. Podem-se empregar planilhas detalhadas para sua execução e registro fotográfico. Os resultados desta inspeção devem constar de um relatório final, contendo uma análise das condições de segurança das estruturas, bem como com conclusões e recomendações sobre as obras de reparo eventualmente necessárias.
- **Inspeção Especial:** consiste na observação de aspectos particulares da barragem e suas estruturas anexas, por ocasião de eventos não rotineiros, tais como o rebaixamento do nível d'água do reservatório ou paradas dos equipamentos de geração. Encaixam-se neste item as inspeções subaquáticas e os levantamentos topobatimétricos. Esta inspeção requer relatório específico elucidando as conclusões e recomendações pertinentes.

A Figura 23 apresenta a frequência na qual devem ser realizadas as inspeções acima definidas.

Tipo de Inspeção	Freqüência	Observação
Rotineira	Diária a semanal	Associada às Atividades Rotineiras de Operação da PCH
Periódica	Anual	Obrigatoriamente Gerando Relatório Específico
Formal	5 anos	Obrigatoriamente Gerando Relatório Específico
Especial	--	Associada a Eventos Especiais, Obrigatoriamente Gerando Relatório Específico

Figura 23 – Frequência das Inspeções de Campo

As frequências de inspeção apresentadas devem ser entendidas como mínimas e serem intensificadas sempre que forem observadas anomalias ou outras ocorrências excepcionais.

Apresentam-se um conjunto de planilhas orientativas contendo a relação das providências a serem adotadas e uma descrição dos principais itens a serem inspecionados, os quais deverão

ser empregados para subsidiar as Inspeções Rotineiras e Periódicas. Estas planilhas visam padronizar o registro das eventuais anomalias constatadas nas inspeções de campo.

O empreendedor deverá tratar e dar encaminhamento adequado às recomendações e as exigências contidas nos relatórios de inspeção de segurança regular e especial e da revisão periódica de segurança. As recomendações e as exigências deverão ser atendidas nos prazos indicados nos relatórios da inspeção, de acordo com sua gravidade, urgência e tendência. As inspeções de segurança deverão ser realizadas por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados, contemplando responsável técnico e manifestação de ciência por parte do representante do empreendedor.

### **13.1 CADASTRO TÉCNICO**

É necessário que cada estrutura seja convenientemente cadastrada, de modo que se estabeleça o mais conveniente sistema de base de dados ao longo de sua história. Desta forma, os trabalhos de manutenção estratégica de dada estrutura contemplariam, pelo menos, as seguintes fases:

- cadastramento;
- inspeções periódicas;
- inspeções condicionadas;
- serviços de limpeza;
- reparos de pequena monta caso necessário;
- reparos de grande monta caso necessário;
- reforços caso necessário.

O cadastramento da estrutura é fundamental, para o acompanhamento através de planilhas, que deverão ser preenchidas pelo pessoal técnico responsável pela manutenção e/ou operacionalização da PCH. Com base no cadastramento da estrutura é possível manter-se um efetivo controle das atividades rotineiras de inspeção, programar e registrar, adequadamente, os reparos ou reforços porventura necessários durante sua vida útil.

O cadastro deverá ser centralizado no próprio local da PCH, e deverá ser mantido em arquivos bem organizados e de fácil acesso.

Assim, é imprescindível, para uma boa manutenção, que o cadastro contenha, pelo menos, os seguintes elementos:

- projetos arquitetônico, estrutural, de fundação, de instalações, etc.
- intervenções técnicas já realizadas;
- registro da vistoria cadastral (recebimento da obra);



- registro de vistorias de rotina porventura já realizadas;
- documentação fotográfica;

Além disto, e na medida do possível, deve ser preparada uma ficha-resumo, contendo os dados básicos da PCH, relativos a geometria, época da execução, materiais utilizados, ocorrências durante a construção, etc., onde devem também ser claramente anotados quais são os pontos ou locais da estrutura que poderão vir a ter problemas em virtude de falhas de projeto ou de execução, ou mesmo os que sejam considerados como os mais vulneráveis, para que sejam mais cuidadosamente observados quando da realização das inspeções periódicas e até venham a ser objeto de programação de inspeções especiais.

Na vistoria cadastral, que se segue imediatamente à conclusão da obra, devem ser anotadas possíveis anormalidades observadas, tais como fissuras, flechas excessivas, recalques já estabilizados (ou que ainda estejam em andamento), e outros, que devem ser mapeados e registrados através de desenhos esquemáticos e registros fotográficos, para posterior transcrição para a ficha-resumo do cadastro da estrutura. A vistoria e a ficha-resumo deverão ser realizadas por um engenheiro estrutural que, necessariamente, tenha comprovada experiência no campo da Patologia das Estruturas.

A CERTEL utiliza o "projeto como construído" para realização de um cadastro técnico detalhado das estruturas que compõem a PCH, em forma de planta geral, abordando localização, perfil hidráulico, acessos, etc.

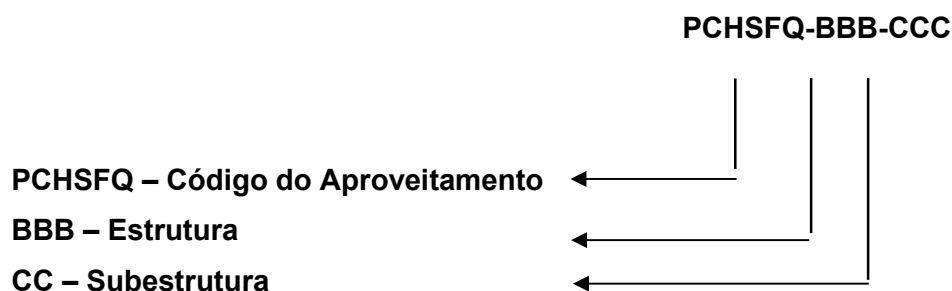
O objetivo do cadastro técnico na PCH:

- identificar rapidamente, a posição dos elementos que compõe a estrutura da PCH;
- no caso de qualquer anomalia, identificar com os pontos de referência, o local do mesmo;
- facilitar o levantamento de áreas atingidas no caso de sinistro;
- possibilitar a qualquer funcionário, a identificação e localização, para elaboração de relatório;
- facilita também as ações preventivas e/ou corretivas, bem como, a elaboração de notas de serviço.

Cada estrutura civil da usina foi cadastrada em unidades, subunidades e equipamentos. Para cada equipamento foi definido uma lista de verificação para inspeção e manutenção, de acordo com as características e necessidades de cada um.

Apresenta-se, a seguir, o cadastro das subunidades e equipamentos pertencentes à unidade PCHSFQ – Estruturas e Edificações, da PCH Salto Forqueta, bem como os respectivos atributos e sua descrição.

As estruturas civis do aproveitamento foram cadastradas em estruturas e subestruturas, conforme o seguinte padrão de identificação:



A seguir são apresentados os cadastros das estruturas e suas subestruturas com as respectivas características.

#### **13.1.1 PCHSFQ-BAD → BARRAGEM DIREITA**

PCHSFQ-BAD-PM - PARAMENTO DE MONTANTE

PCHSFQ-BAD-CR - CRISTA

PCHSFQ-BAD-PF – PARAMENTO DE JUSANTE

PCHSRDA-BAD-OM – OMBREIRA

#### **13.1.2 PCHSFQ-BAE → BARRAGEM ESQUERDA**

PCHSFQ-BAE-PM – PARAMENTO DE MONTANTE

PCHSFQ-BAE-CR - CRISTA

PCHSFQ-BAE-PJ – PARAMENTO DE JUSANTE

PCHSFQ-BAE-OM – OMBREIRA

#### **13.1.3 PCHSFQ-BAE → BARRAGEM ESQUERDA**

PCHSFQ-BAE-PM – PARAMENTO DE MONTANTE

PCHSFQ-BAE-CR - CRISTA

PCHSFQ-BAE-PJ – PARAMENTO DE JUSANTE

PCHSFQ-BAE-OM – OMBREIRA

PCHSFQ-BAE-DF – DESCARGA DE FUNDO

#### **13.1.4 PCHSFQ-VT → VERTEDOURO**

PCHSFQ-VT-FJ → FACE DE JUSANTE

PCHSFQ-VT-CR → CRISTA

PCHSFQ-VT-RE → RESTITUIÇÃO

#### **13.1.5 PCHSFQ-TA → TOMADA D'ÁGUA**

PCHSFQ-TA-CR → CRISTA

PCHSFQ-TA-EC → ESTRUTURA DE CONCRETO

#### **13.1.6 PCHSFQ-TU → TÚNEL DE ADUÇÃO**

PCHSFQ-TU-TU → TÚNEL

### **13.1.7 PCHSFQ-CH → CHAMINÉ DE EQUILIBRIO**

PCHSFQ-CH-AE → ÁREA EXTERNA

PCHSFQ-CH-AE → ÁREA INTERNA

### **13.1.8 PCHSFQ-CO → CONDUTO FORÇADO**

PCHSFQ-CO-BE → BERÇOS E BLOCO

PCHSFQ-CO-TU → TUBULAÇÃO

### **13.1.9 PCHSFQ-CF → CASA DE FORÇA**

PCHSFQ-CF-AE → ÁREA EXTERNA

PCHSFQ-CF-AI → ÁREA INTERNA

PCHSFQ-CF-CF → CANAL DE FUGA

### **13.1.10 PCHSFQ-GE → GERAL**

PCHSFQ-GE-AC → ACESSOS E LIMITES PROPRIEDADES

PCHSFQ-GE-SB → SUBESTAÇÃO

PCHSFQ-GE-TU → TALUDES DA USINA

PCHSFQ-GE-RE → RESERVATÓRIO

## **13.2 Planejamento das Inspeções**

### **13.2.1 Tipos e Frequência das Inspeções**

Resumo das inspeções anuais.

Tipo	Frequência	Total Anual	Executor
Inspeção Rotineira	1 x mês	12	Operação – Equipe Interna da Segurança da Barragem
Inspeção Regular	1 x ano	01	Consultor – Eng. Civil especialista em Segurança de Barragens
Inspeção Especial	Esporádico, de acordo com necessidade. Avaliado pelo responsável da segurança da Barragem		

Figura 24 - Tipo e frequência das inspeções de segurança

A seguir são descritas e detalhadas as inspeções necessárias para acompanhamento das estruturas civis da usina.

## **13.2 Manual de Procedimentos dos Roteiros de Inspeção**

Este item descreve e orienta o empreendedor quando as inspeções de segurança da barragem, verificada sua obrigação legal e tendo consciência de que as consequências de não se fazer as inspeções resultam na impossibilidade de apontar, com a devida antecedência ou urgência, a necessidade de reabilitar barragens em situação de risco. Estas situações representam grande

ameaça, pois o rompimento de uma barragem compromete a segurança e a vida da população e traz elevados prejuízos econômicos e ambientais às localidades afetadas.

As inspeções de segurança das barragens servem para avaliar as condições físicas das suas partes integrantes, visando identificar e monitorar anomalias que afetem potencialmente a sua segurança.

Em conformidade com o que estabelece a Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), em seu art. 9º, as inspeções de segurança regular, especial e revisão periódica de segurança terão a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador, em função da categoria do risco e do dano potencial associado à barragem.

Sendo assim, cientes de que o órgão fiscalizador de barragens de geração de energia é a ANEEL, serão descritas as obrigações legais, estabelecidas pela Resolução Normativa nº 1064, de 2 de maio de 2023, que em atendimento ao que determina a Lei nº 12.334/2010, estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão, Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL.

Portanto, este item traz consideração e instruções/orientações quanto às nomenclaturas, regras legais, conteúdos mínimos, responsabilidades técnicas e níveis de qualificação dos envolvidos. Está detalhado a parte da identificação das anomalias com a finalidade de reduzir a subjetividade do técnico na avaliação do nível de perigo das anomalias, quando da realização das inspeções regulares e especiais de segurança de barragens e, inclusive nas revisões periódicas de projeto.

Inicia-se abordando a **inspeção de segurança regular**, designando os procedimentos, o conteúdo, o nível de detalhamento, a qualificação dos inspetores, a periodicidade das inspeções e uma descrição breve dos produtos finais de inspeção. Além disto, apresenta-se brevemente uma listagem das anomalias, magnitude destas, fatores que estão na sua gênese, os meios de detecção, a progressão e as consequências das anomalias.

Já num segundo momento trata-se dos requisitos para realização das **inspeções de segurança especial**, seus procedimentos, o conteúdo, o nível de detalhamento, a estrutura do relatório de inspeção e a qualificação dos inspetores. Definindo-se em que situações as inspeções de segurança especial devem ser realizadas na sequência de ocorrências excepcionais, tais como cheias ou sismos com período de recorrência superior ao previsto, bem como de circunstâncias anômalas que possam influenciar a segurança ou a funcionalidade da obra.

Por fim, apresenta-se um item com os procedimentos, o conteúdo e o nível de detalhamento, a estrutura do relatório, a qualificação dos inspetores, quando para realização das Inspeções Periódicas de Segurança (RPS), em conformidade com o que orienta a legislação pertinente (Lei 12.334/2010 e Resolução Normativa 1064/2023).

Antes de se iniciar com as orientações é indispensável informar que a definição das obrigações legais relacionadas as inspeções (periodicidade) são definidas com base na classe da barragem em conformidade com os requisitos da ANEEL.

O ciclo de classificação deve respeitar orientação de periodicidade anual e, segundo resolução normativa 1064/2023, iniciar-se-á no primeiro dia útil do mês de novembro.

### 13.2.1 Itinerário e Materiais para Inspeções

A inspeção no campo tem por objetivo identificar anomalias ou condições que possam afetar a segurança da barragem. Assim é importante observar todas as regiões da barragem, designadamente o paramento de montante, paramento de jusante, crista, ombreiras, reservatório, etc. Deve também incluir as estruturas extravasoras, especialmente o vertedouro, a tomada de água e a descarga de fundo.

A técnica usual é caminhar ao longo da crista da barragem, pé de jusante e ombreiras, incluindo algum caminhamento sobre os taludes para a observação de alguma eventual particularidade.

A experiência vem mostrar que pequenos detalhes podem usualmente ser vistos a partir de uma distância de 3 a 10 metros, em qualquer direção. Não importa o tipo de trajetória, o importante é que, tanto quanto possível, toda a superfície da barragem seja coberta visualmente.

Durante as inspeções visuais devem ser fotografadas todas as regiões inspecionadas, particularmente as anomalias encontradas. Deve-se sempre procurar proceder a uma comparação das anomalias já observadas em inspeções anteriores, tais como fissuras, infiltrações e surgências nas ombreiras, para verificar se houve alguma evolução.

No caso das inspeções especiais o roteiro da inspeção depende da situação a ser investigada e da metodologia de trabalho da equipe de especialistas, podendo ser localizada ou envolver toda a barragem e áreas adjacentes, no caso de um sismo.

Destacam-se como equipamentos a serem levados nas inspeções de campo, sejam elas “Regulares” ou “Especiais”, os seguintes:

- Caderno de anotações e caneta;

- Câmera fotográfica;
- Trena (2,0 a 5,0 m);
- Martelo de geólogo (eventual);
- Fissurômetro.

### 13.2.2 Observações e Listas de Verificações

Relacionam-se a seguir os dados que deverão integrar os “Relatórios de Inspeção Regular” ou “Especial”, com uma relação dos principais tópicos a serem observados e registrados.

Pode-se consultar manual da ANA - Volume II – Guia Orientação Formulários Para Inspeções Segurança Barragem disponível em:

#### 13.2.2.1 Geral

##### CONDIÇÕES OPERACIONAIS

- Falta de manutenção sobre estruturas civis;
- Boas condições de acesso;
- Falta de cercas de proteção;
- Falta ou deficiência de placas sinalização;
- Mapas de risco e rotas de fuga;
- Condições de geração: NA Montante, NA Jusante, Vazão Vertida, Unidades em Operação;
- Residências nas ombreiras da barragem.

##### RESERVATÓRIO

- Sinalizadores para proteção Vertedouros;
- Materiais flutuantes junto as grades;
- Muita vegetação nas margens;
- Água com turbidez;
- Indícios de assoreamento;
- Ocorrência de fortes ondas.

#### 13.2.2.2 Estruturas de Terra

##### TALUDE DE MONTANTE

- Erosão do material;
- Recalque, depressão, escorregamento (sinkholes);
- Vegetação excessiva (arbustos, árvores).

## CRISTA

- Recalque, depressão, sinkhole;
- Desalinhamento da crista;
- Fissuras transversais ou longitudinais;
- Vegetação excessiva (arbustos, árvores);
- Erosão superficial.

## TALUDE DE JUSANTE

- Erosão;
- Cobertura de proteção inadequada;
- Fissuras longitudinais ou transversais;
- Recalque, depressão, escorregamento (sinkholes)
- Obstrução dos canaletas de drenagem
- Áreas úmidas ou com infiltração
- Tocas de animais (cupinzeiros, formigueiros)
- Vegetação excessiva (arbustos, árvores).

## TALUDES USINA

- Bom aspecto geral dos taludes;
- Deslocamentos de concreto projeto;
- Escorregamento e/ou erosões de taludes;
- Falta de proteção contra intempéries (proteção vegetal, proteção com telas e etc).
- Existência de dispositivos de drenagem e limpeza.

### 13.2.2.3 Estruturas de Concreto

#### PARAMENTO DE MONTANTE

- Deslocamento pronunciado entre blocos;
- Junta de vedação danificada entre blocos e/ou lajes;
- Desgaste superficial do concreto
- Fissuras superficiais ( $e > 0,5 \text{ mm}$ );
- Exposição do agregado;
- Exposição da armadura.

#### CRISTA

- Fissuras superficiais ( $e > 0,5 \text{ mm}$ );
- Fissuras tipo “mapa”;
- Juntas de contração bem abertas;
- Recalque diferencial pronunciado entre blocos;
- Desalinhamento do guarda-corpo;



- Deslocamento do concreto;
- Boa drenagem do trilho da talha.

#### PARAMENTO DE JUSANTE

- Deslocamento pronunciado entre Bloco;
- Juntas de contração com infiltração;
- Infiltração concreto;
- Carbonatação no concreto;
- Fissuras superficiais ( $e > 0,5 \text{ mm}$ );
- Deslocamento do concreto;
- Exposição da armadura;
- Vegetação excessiva no pé da barragem.

#### TOMADA DE ÁGUA

- Deslocamento superficial do concreto;
- Fissuração no concreto ( $e > 0,5 \text{ mm}$ );
- Exposição do agregado;
- Exposição da armadura;
- Deslocamento pronunciada entre blocos;
- Dispositivo de vedação da junta danificado;
- Infiltração através das juntas/fissuras;
- Trilho do pórtico em bom estado;
- Formação de vórtices a montante;
- Materiais flutuantes a montante;
- Equipamentos mecânicos em bom estado.

#### VERTEDOURO

- Fissuras superficiais ( $e > 0,5 \text{ mm}$ );
- Fissuras tipo “mapa”;
- Infiltração pelas juntas entre blocos;
- Erosão por abrasão;
- Erosão por cavitação;
- Arrancamento de reparos superficiais;
- Exposição da armadura;
- Carbonatação concreto;
- Boas condições hidráulicas.

#### CASA DE FORÇA INTERNA

- Fissuras no concreto;
- Infiltrações no concreto;

- Carbonatação no concreto;
- Água acumulada sobre o piso;
- Deslocamento do concreto;
- Cobertura em bom estado;
- Equipamentos/estrutura em bom estado;
- Boas condições de ventilação;
- Boas condições de iluminação.

#### CASA DE FORÇA EXTERNA

- Calçada lateral em bom estado;
- Canaletas de drenagem limpos;
- Água acumulada na lateral;
- Fissuras nas paredes
- Janelas em bom estado;
- Boas condições de acesso;
- Taludes laterais em bom estado;
- Boas condições de limpeza no entorno.

#### SUBESTAÇÃO

- Boas condições de drenagem;
- Piso em boas condições;
- Equipamentos em boas condições;
- Condições de acesso adequadas;
- Canaletas de drenagem limpos;
- Indícios de instabilidade de talude lateral;
- Infiltrações de água nas proximidades;
- Erosão superficial do terreno;
- Vegetação interna excessiva;
- Vegetação externa excessiva.

#### 13.2.2.4 Instrumentação de Auscultação

- Boa proteção;
- Acesso adequado;
- Limpeza adequada;
- Identificação adequada;
- Execução das leituras e tabulação;
- Instrumento em boas condições;
- Calibração das leitoras.

### 13.3 Resumo das Fichas de Inspeções

#### 13.3.1 Inspeções Regulares e Especiais

Apresenta-se, no quadro abaixo, um resumo das fichas de inspeção para realização das inspeções regulares e especiais e demais características associadas.

Itens a serem avaliados:

1- SITUAÇÃO	
NA	Este item Não é Aplicável
NE	Anomalia não existe
PV	Anomalia constatada pela Primeira Vez
DS	Anomalia desapareceu ou sofreu manutenção
DI	Anomalia Diminuiu
AU	Anomalia Aumentou
NI	Este item não foi inspecionado

2- MAGNITUDE	
I	Insignificante
P	Pequena
M	Média
G	Grande

3- NÍVEL DE PERIGO DA ANOMALIA (Risco Barragem)	
1	<b>Normal</b> - Não ocorre anomalia ou as que existem não compromete a segurança da barragem, mas devem ser monitoradas;
2	<b>Atenção</b> - Anomalia não compromete estrutura, mas exige monitoramento/controle ou reparo;
3	<b>Alerta</b> - Anomalia representa risco à segurança da barragem, exige providências para manutenção das condições de segurança;
4	<b>Emergência</b> - Anomalia representa risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais.

	Listas de Verificações	Estrutura	Frequência	Instruções de Trabalho
1	PCHSFQ-BAD	Barragem – Margem Direita	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
2	PCHSFQ-BAE	Barragem – Margem Esquerda	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
3	PCHSFQ-VT	Vertedouro	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
4	PCHSFQ-TA	Tomada d'Água	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
5	PCHSFQ-TU	Túnel Adutor	Conforme disponibilidade	IT6, IT7 e IT9

6	PCHSFQ-CH	Chaminé de Equilíbrio	Anual	IT1, IT3, IT7 e IT9
7	PCHSFQ-CF	Casa de Força	Anual	IT1, IT2, IT3, IT4, IT5, IT6, IT7 e IT9
8	PCHSFQ-SC	Sítio Circunvizinho	Anual	IT1, IT3, IT7, IT8 e IT9

Figura 25 – Resumo das Fichas Inspeção

### 13.3.2 Inspeções Rotineiras

Para as inspeções rotineiras (mensais), a serem executadas pelos operadores da Usina é realizada com Ficha de Inspeção em Excel.

A ficha de inspeção mensal está apresentada Anexo II – Fichas Rotineiras - Mensal.

### 13.3 Inspeções de Segurança Regulares - ISR

A inspeção de segurança regular é uma obrigação do empreendedor. A realização deste tipo de inspeção visa detectar a existência de anomalias e identificar perigos em potencial e iminentes da barragem. Esta inspeção deve ser feita regularmente e sua periodicidade é estabelecida em função da categoria do risco e do dano potencial associado à barragem.

As inspeções de segurança regulares deverão ser realizadas pela equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados. Esta deverá abranger todas as estruturas de barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação.

Para a realização da inspeção de segurança regular deverão serem seguidas algumas etapas, a saber:

- Planejamento da inspeção;
- Execução da inspeção no campo;
- Avaliação dos resultados e elaboração do relatório;
- Atendimento às recomendações do relatório.

	CLASSE DA BARRAGEM		
	A	B	C
PERIODICIDADE	6 meses	1 ano	2 anos

Figura 26 - Periodicidade da realização de Inspeções em barragens conforme Resolução Normativa ANEEL N° 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023.

Conforme denota-se na Figura 26, orienta-se que a equipe técnica responsável pela Segurança da PCH, realize inspeção regular da barragem, em conformidade com requisitos legais, anualmente,

uma vez que a PCH foi classificada como de **classe B**, conforme formulário de Segurança de Barragem.

### 13.4 Diretrizes e Orientações Gerais - ISR

O primeiro passo da inspeção de segurança regular consiste na análise de todos os documentos e relatórios anteriores, onde são apresentados o enquadramento legal das inspeções de segurança regular, as suas etapas e planejamento, a execução da inspeção no campo, a avaliação dos resultados e elaboração do relatório e o atendimento às recomendações do relatório.

Na detecção de situações perigosas interessa identificar o tipo das anomalias encontradas, seu impacto na segurança da barragem e as ações que devem ser implementadas. É importante a identificação dos fatores que estão na gênese de anomalias.

Os tipos de anomalias mais frequentes em barragens, definidos pela ANA, em seu Manual para Empreendedores Volume II, datado de 2015, são:

- fissuras;
- surgências de água;
- instabilidade de taludes;
- depressões;
- recalques localizados;
- afundamentos;
- proteção deficiente dos taludes;
- erosão superficial;
- ocorrência de árvores e arbustos e tocas de animais.

Sendo que as quatro últimas são diretamente relacionadas a falta de manutenção adequada.

O § 2º do art. 9º da resolução normativa nº 1.064/2023, dispõe que os **relatórios de inspeção de segurança regular** deverão ser emitidos em até 90 dias após a realização da inspeção e conter minimamente estas informações:

- I - identificação do representante do empreendedor;
- II - identificação do responsável técnico pela barragem;
- III - identificação dos profissionais envolvidos e responsáveis técnicos pela realização da ISR;
- IV - data da inspeção com a indicação das condições do tempo e do nível do reservatório;
- V - avaliação da instrumentação disponível na barragem, com avaliação das condições de acesso, operacionalidade, frequência de leitura, armazenamento de dados, calibração e aferição dos instrumentos, indicando necessidade de manutenção, calibração, alteração de frequência de



leitura, reparo ou ampliação da instrumentação, inclusive com avaliação sobre a necessidade de instrumentação caso a barragem não possua instrumentos;

VI - avaliação e interpretação do histórico das leituras dos instrumentos com conclusão sobre os resultados em relação aos valores de referência da instrumentação e critérios estabelecidos em projeto ou nos manuais de instrumentação para as condições atuais da estrutura, comportamento ao longo do tempo, bem como recomendações necessárias;

VII - avaliação das inspeções rotineiras da barragem;

VIII – avaliação dos dispositivos de controle do sistema extravasor, contemplando minimamente a análise dos testes de acionamento e a redundância no suprimento de energia, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelos documentos técnicos que regem as regras de operação e manutenção do empreendimento;

IX - identificação e avaliação de anomalias que acarretem mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da barragem e estruturas associadas, indicando o nível de gravidade advindo, a prioridade das intervenções e o cronograma de adequação e monitoramento para cada anomalia encontrada;

X - comparativo com inspeção de segurança regular anterior com relação às anomalias identificadas naquela inspeção, contendo avaliação das intervenções realizadas considerando os aspectos de eliminação das anomalias, com a indicação da respectiva data, e o cronograma proposto para aquelas ainda não solucionadas;

XI – avaliação, devidamente fundamentada, da necessidade de atualização do estudo da condição de estabilidade;

XII - diagnóstico do nível de segurança da barragem, de acordo com estas categorias:

a) normal: quando não houver anomalias ou contingências, ou as que existirem não comprometem a segurança da barragem, mas que devem ser controladas e monitoradas ou reparadas ao longo do tempo;

b) atenção: quando as anomalias ou contingências não comprometem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigem intensificação de monitoramento, controle ou reparo no médio ou longo prazos;

c) alerta: quando as anomalias ou contingências representam risco à segurança da barragem, exigindo providências em curto prazo para manutenção das condições de segurança;

d) emergência: quando as anomalias ou contingências representam risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais;

XIII - indicação de quais anomalias ou contingências identificadas conduzem ao diagnóstico de segurança da barragem constante das alíneas b, c e d do item XII.

XIV - indicação de recomendações e medidas de monitoramento e reparação necessárias à garantia da segurança da barragem e manutenção do nível de segurança na condição normal;

XV - avaliação quanto à categoria de risco da barragem, de acordo com o Anexo II.1 da REN nº 1.064/2023;

XVI - indicação quanto ao Dano Potencial Associado da usina, sempre que houver alteração do nível de segurança da barragem, ainda que observada por anomalias ou contingências temporárias, deverá ser comunicada imediatamente à ANEEL através da retificação do FSB.

O empreendedor deverá cumprir as recomendações e as exigências contidas na inspeção de segurança nos prazos nela indicados.

As inspeções de segurança regular deverão ser realizadas a cada ciclo de classificação da barragem, sendo que o ciclo de classificação tem periodicidade anual e iniciar-se-á no primeiro dia útil do mês de janeiro.

O empreendedor é responsável por atualizar as informações do formulário sempre que houver alteração da categoria de risco, do dano potencial associado ou do diagnóstico do nível de segurança, além das informações sobre a ocorrência de acidentes ou incidentes na barragem, sem prejuízo do envio regular do formulário, contendo as informações relativas às barragens, incluindo a classificação, que serão encaminhadas pelo empreendedor à ANEEL, por meio de preenchimento do Formulário de Segurança de Barragem – FSB, disponibilizado pela ANEEL, no prazo, frequência e forma divulgados pela ANEEL.

### **13.5 Estudos e Relatórios a Serem Consultados**

No sentido de recolher a maior quantidade e qualidade de informação, antes da realização das inspeções, recomenda-se, se possível, a consulta de estudos e relatórios que abordem:

- a) Projeto da barragem;
- b) Métodos construtivos e controle de qualidade;
- c) Relatórios das inspeções de segurança anteriores;
- d) Análise dos registros dos instrumentos instalados, quando existam;
- e) Operação e manutenção;
- f) Plano de Ação e de Emergência, quando exista; e
- g) Relatórios de eventuais reparações.

### **13.6 Qualificação dos Inspetores**

A lei nº 12.334/2010 determina que as inspeções de segurança regular devem ser efetuadas pela equipe de segurança de barragem, integrada por profissionais treinados e capacitados, responsáveis pelas ações de segurança da barragem, sendo preferencialmente composta por profissionais do próprio empreendedor. Na falta de profissional do próprio quadro deve-se contratar consultores ou uma empresa especializada.

No caso de profissional do próprio quadro, o preenchimento das fichas de inspeção deve ser realizado por engenheiro com capacitação e treinamento adequados. O relatório deve sempre ser assinado por um engenheiro com qualificação em barragens, de acordo com as normas do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA.

Também no caso de uma contratação, é necessário que o profissional que realize as inspeções e elabore o relatório seja engenheiro.

Adicionalmente ao(s) inspetor(es) responsáveis pela inspeção regular, deverá ser incluída, no caso de existirem equipamentos hidrelétricos para geração de energia, engenheiro especializado com conhecimento específico em estruturas hidrelétricas ou inspetor qualificado.

No caso dos grupos turbina-geradores, essas atividades devem ser realizadas, de preferência, pelos respectivos fabricantes.

Na realização de uma inspeção de usinas hidrelétricas o inspetor deve ter noções sobre os componentes eletromecânicos do empreendimento que possuem interface com as estruturas civis (como as comportas de um vertedouro, por exemplo) ou que em caso de anomalia possam afetar a operação e eventualmente a própria segurança da barragem (como bombas existentes em poços de drenagem, por exemplo).

O quadro atual de inspetores de barragens brasileiras é muito diversificado integrando profissionais de nível escolar superior e ainda técnicos de nível médio, pelo que é desejável que a Ficha de Inspeção padronizada seja objetiva, simples, e permita avaliações rápidas por parte do responsável técnico pela segurança da barragem e ainda verificações da entidade fiscalizadora.

Orienta-se que o relatório esteja sempre disponível na barragem e em meio eletrônicos para consulta em vistorias posteriores. Esse relatório, assinado pelo responsável técnico, deverá ser anexado ao Plano de Segurança da Barragem, sempre que em evento de atualização do mesmo, devendo ser, desde sua elaboração, arquivado e digitalizado na sede do empreendedor junto as demais fichas e relatórios de inspeção regular já realizados, atentando para arquivamento conforme chamada do Plano de Segurança da Barragem.

### **13.7 Inspeções de Segurança Especiais - ISE**

O art. 11 da Resolução Normativa nº 1064, de 02 de Maio de 2023 , da ANEEL, prevê que “A inspeção de segurança especial visa a manter ou restabelecer o nível de segurança da barragem à categoria normal e deverá ser realizada mediante constituição de equipe multidisciplinar de

especialistas, substitutivamente à Inspeção de Segurança Regular, sempre que o nível de segurança do barramento estiver nas categorias definidas nas alíneas c ou d do inciso XII do art. 9º, ou seja diagnóstico do nível de segurança da barragem, de acordo com estas categorias:

- c) **alerta:** quando as anomalias ou contingências representam risco à segurança da barragem, exigindo providências em curto prazo para manutenção das condições de segurança;
- d) **emergência:** quando as anomalias ou contingências representam risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais.

Acrescenta ainda, em seu § 1º do art. 11, da Resolução supra, que “a inspeção especial também deve ser realizada após ocorrência de evento excepcional, tais como abalo sísmico, galgamento, cheia ou operação hidráulica dos extravasores em condições excepcionais”.

Contudo, pode-se definir a inspeção especial de segurança como uma inspeção realizada por especialistas em condições específicas, tais como: após a ocorrência de uma anomalia ou de um evento adverso que possa colocar em risco a segurança da barragem, em situações críticas da vida da barragem, além da necessidade de realização durante a Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Complementarmente, a Agência Nacional de Águas (ANA), em seu Manual do Empreendedor Volume II, propõe, para barragens com dano potencial alto, independente do risco, alguns exemplos de situações em que se considera importante realizar uma inspeção de segurança especial. Neste sentido, apresentam-se estas situações para que a critério do empreendedor, possam ser utilizadas como orientadoras da necessidade das inspeções especiais, a saber:

- a) Quando verificada anomalia considerada grave durante uma inspeção regular ou equipe de operação e manutenção da barragem durante suas atividades de rotina;
- b) Sempre que se preveja um deplecionamento rápido do reservatório de barragens: em situações de descomissionamento ou abandono da barragem e/ou em situações de sabotagem.

Neste mesmo Manual a ANA, orienta ainda que para as barragens com altura de maciço superior a 15 m e capacidade total do reservatório superior a 3 milhões de metros cúbicos, independente do dano potencial associado, considera-se importante também se realizar uma inspeção especial nas seguintes situações:

- a) Antes do final da construção da barragem, quando, sem afetar a segurança e funcionalidade da obra, seja possível promover um enchimento parcial do reservatório;

- b) Após o primeiro enchimento do reservatório, ou durante esse enchimento, no caso de haver patamares de enchimento, quando eles são atingidos.

A inspeção especial deve ser realizada em até 10 dias contados a partir do dia em que o nível de segurança for alterado ou a partir do dia da ocorrência de evento excepcional.

A ANEEL poderá demandar realização de inspeção de segurança especial a partir de denúncia fundamentada, de resultado de fiscalização ou de recebimento de comunicado de ocorrência feito pelo próprio empreendedor.

Deverá ser elaborado relatório de inspeção especial e seu conteúdo mínimo abrange os itens do ISR, tendo como referência o evento motivador, que deve estar detalhado no relatório.

O produto da inspeção especial é um relatório com parecer conclusivo sobre a condição da barragem contendo recomendações e medidas detalhadas para mitigação e solução dos problemas encontrados e/ou prevenção de novas ocorrências.

As inspeções de segurança especial objetivam verificar se as condições de segurança da barragem estão garantidas, sendo assim possível continuar a operação do reservatório. Com isto procura-se minimizar a ocorrência de acidentes.

Nas inspeções de segurança especial, busca-se analisar situações indutoras de anomalias graves tais como obstruções aos escoamentos provocados por materiais transportados pela água, erosões a jusante, deteriorações dos órgãos extravasores, deteriorações de equipamentos do sistema de monitoramento que poderão interferir na correta avaliação de eventuais anomalias.

### **13.8 Diretrizes e Orientações – ISE**

Neste item aborda-se a qualificação dos inspetores, estudos e relatórios a consultar, recursos logísticos e materiais necessários e roteiro da inspeção. Identificados os objetivos e caracterizados os potenciais problemas das inspeções, o planejamento, irá possibilitar: definir a logística; selecionar os acessos; definir os meios humanos; definir os meios materiais; otimizar os itinerários; e selecionar a ficha de inspeção, se necessária.

### **13.9 Estudos e Relatórios - ISE**

Orienta-se como estudos e relatórios mínimos a serem consultados, com vista a dispor de uma informação adequada para realização das inspeções, aqueles abaixo relacionados:

- a) Plano de Segurança de Barragem;
- b) Relatórios de inspeções de segurança regular anteriores;
- c) Plano do 1º enchimento (se for o caso);
- d) Programa de deplecionamento da barragem (se for o caso);
- e) Plano de descomissionamento da barragem (se for o caso);
- f) A ocorrência de eventos extremos, designadamente cheias, sismos e secas (se for o caso);
- g) Análise dos registros dos instrumentos;
- h) Reparações anteriores (se for o caso).

### **13.10 Qualificação dos Inspetores - ISE**

A inspeção de segurança especial deve ser conduzida por equipe de especialistas, na presença do responsável técnico pela segurança da barragem, e ainda, eventualmente, de outros intervenientes no controle de segurança.

A equipe multidisciplinar de especialistas pode ter uma composição variável de um a vários especialistas, tendo em conta o evento causador da inspeção de segurança especial.

Esta proposição de equipe pode ser assumida pelo empreendedor, uma vez que outra não está definida na Lei Federal nº 12.334/2010 tampouco na Resolução Normativa ANEEL nº 1.064, de 2 de maio de 2023, sendo apenas requerido que a mesma seja desenvolvida por equipe multidisciplinar de especialistas. Cita ainda que em situações especiais, em função da natureza do evento ou da configuração da barragem, pode ser necessário acionar outros profissionais, como por exemplo, Eng. Mecânico, Eng. Eletricista e Geólogo.

Assim como para inspeções regulares os profissionais da equipe responsável pela inspeção de segurança especial deverão ter registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia-CREA, com atribuições profissionais para o projeto ou construção ou operação ou manutenção de barragens, compatíveis com as definidas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia-CONFEA.

### **13.11 Conteúdo Mínimo - ISE**

Conforme define a Resolução Normativa ANEEL nº 1.064, de 2 de maio de 2023, em seu art. 12 “O prazo para elaboração do relatório de inspeção especial e seu conteúdo mínimo é aquele disposto no § 2º do art. 9º, tendo como referência o evento motivador, que deve estar detalhado no relatório”.



Contudo, importa definir neste momento que os produtos da inspeção especial de segurança também são a ficha de inspeção preenchida e o relatório de inspeção especial.

Ainda, em conformidade com o proposto para as inspeções regulares, orienta-se o empreendedor pela utilização das Fichas de Inspeção, propostas pela ANA, para fins de realização das inspeções de segurança especiais. O conteúdo destas Fichas de Inspeção pode ser considerado como mínimo, devendo ser adaptado ou complementado em caso de verificação de déficit de informação.

Estes relatórios, produtos das inspeções especiais, também deverão serem adicionados nas atualizações do plano de segurança da barragem, devendo internamente ao plano, ser descrita um “extrato” das informações pertinentes e conclusões destas inspeções.

Como resultados dos relatórios, nos casos de situação de emergência, deve ser encaminhado, com a máxima urgência, à entidade fiscalizadora um parecer preliminar contendo as recomendações e medidas imediatas, assinado pelo especialista responsável de acordo com a área de especialidade requerida.

O relatório deve ser elaborado pela equipe especialista, contendo parecer conclusivo sobre a condição da barragem e o seu nível de perigo, recomendações e medidas detalhadas para mitigação e solução dos problemas encontrados e/ou prevenção de novas ocorrências, incluindo cronograma para implementação.

### **13.12 Coleta de Documentos e Dados Básicos da PCH - RPS**

Como primeiro procedimento em uma Revisão Periódica de Segurança de Barragem, o empreendedor deve colocar à disposição da equipe de técnicos que realizará a revisão a documentação disponível referente ao projeto, à construção e à operação/manutenção da barragem.

A listagem de documentos pertinentes, a serem disponibilizados pelo empreendedor, está abaixo descrita, a saber:

- a) Projeto Executivo da Barragem e/ou “As Built”.
- b) Documentação relativa à barragem, em particular, plano de monitoramento e instrumentação e registros da instrumentação e relatórios de inspeção de segurança;
- c) Relatórios de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, anteriormente elaborados;
- d) Planos de operação e de manutenção da barragem;
- e) Descrição de intervenções de reabilitação anteriormente realizadas; e
- f) Plano de Ação Emergencial (PAE).

Ademais, várias das análises realizadas no âmbito da Revisão Periódica, tais como estudos hidrológicos, geológicos, geotécnicos e sismológicos, fazem uso de dados e informações fornecidas por instituições públicas ou privadas, as vezes até aquelas produzidas e/ou levantadas pelo próprio empreendedor.

Após a análise da documentação deverá ser realizada uma inspeção de segurança detalhada. Tal inspeção pode tomar por base os modelos de documentos utilizados para fins de inspeções regulares e especiais, como a ficha de inspeção.

### **13.13 Revisão dos Procedimentos de Operação e Manutenção da Barragem**

Deve ser realizada uma avaliação dos seguintes itens baseada na informação dos documentos de projeto, da inspeção detalhada, nos documentos elaborados durante a construção e na experiência de operação ao longo da vida da obra:

- a) Plano e registros de operação;
- b) Área do reservatório e potencial ocorrência de deslizamentos e de assoreamento;
- c) Critérios de primeiro enchimento e procedimentos de operação associados;
- d) Barragens existentes a montante e a jusante;
- e) Plano e registros de manutenção das estruturas e dos equipamentos eletro e hidromecânicos;
- f) Análise da frequência dos testes dos equipamentos
- g) Análise de eventuais intervenções de reparação da estrutura da barragem;
- h) Planejamento de manutenção da barragem e dos órgãos extravasores;
- i) Sistemas de comunicação e sistemas de alarme

### **13.14 Revisão dos Procedimentos, Equipamentos e Registros de Instrumentação e Monitoramento**

Nas barragens onde existem instalados equipamentos e instrumentos de medição, deve ser realizada uma avaliação dos seguintes itens baseada na informação existente nos documentos de projeto, nos documentos elaborados durante a construção e nos relatórios de inspeções de segurança:

- a) Plano de monitoramento e instrumentação;
- b) Análise do estado de conservação da instrumentação da barragem e da fundação; e
- c) Análise dos registros dos instrumentos e sua interpretação.

## 14 RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA - HISTÓRICO

No ano de 2006, a CERTEL assinou um convênio com a Universidade de Passo Fundo, através de um projeto financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Com isto professores e alunos realizaram no dia 11 de maio de 2007, a primeira inspeção da barragem, onde foi classificada pelo método da Matriz Potencial de Risco, proposto pelo COGERH/CE, como uma barragem de baixo potencial de risco, devendo ter reavaliações de rotina a cada seis meses, periódicas cada dois anos e formais cada 15 anos.

Em 18 de março de 2008, a barragem se encontrava em operação há 5 anos, a pedido da ANEEL, a CERTEL contratou o Engenheiro João Francisco Alves Silveira para a realização de uma inspeção na PCH Salto Forqueta. No relatório escrito pelo engenheiro está especificado que as inspeções formais na barragem devem ser feitas a cada 10 anos. Os resultados apresentados confirmaram que a barragem de Salto Forqueta estava segura.

Em 2010, a barragem de Salto Forqueta passou por uma cheia superior a de projeto para o dimensionamento do vertedor, onde então foi necessária uma inspeção de emergência. Para esta inspeção foi contratada a empresa INFRA-GEO, sendo o responsável pela inspeção o seu sócio-diretor Engenheiro Antônio Thomé. A empresa realizou análises numéricas do comportamento da barragem submetida a tal carregamento, bem como uma vistoria completa de todos os elementos da barragem, chegando à conclusão que a barragem se comportou de forma excelente e encontrava-se em ótima condição de segurança.

Para a realização das inspeções formais a CERTEL resolveu optar para que as inspeções da barragem ocorressem a cada 10 anos, sendo assim, em 03 de dezembro de 2012 foi realizada a inspeção formal de 10 anos de operação da barragem de Salto Forqueta.

A inspeção formal de 10 anos foi realizada pela empresa INFRA-GEO, tendo como responsável o engenheiro civil Antônio Thomé, que apresentou resultados satisfatórios quanto à segurança da barragem e a evolução das anomalias apresentadas nas outras inspeções.

Em 05 de outubro de 2016 a ANEEL, em convênio com a AGERGS, realizou uma inspeção de fiscalização que, entre outros itens, aplicou o formulário de inspeção formal. Foram identificadas anomalias já apresentadas em outras inspeções formais da barragem.

Nos anos de 2016 e 2017 foram realizadas inspeções formais, com geração de relatório de inspeção, pela equipe interna da CERTEL, tendo como responsável o Engenheiro Civil Rodrigo da Cas. Nestas inspeções foi observado que a barragem está em boas condições e que as pequenas

anomalias observadas em inspeções anteriores permaneceram constantes ou reduziram de magnitude e perigo.

Após o acidente ocorrido em 2024 foram feitas inspeções formais para diagnóstico dos acontecimentos e projeto de recuperação.

A partir de 2025 o empreendimento conta com nova estrutura do barramento recuperada e reforçada.

## **15 REGRA OPERACIONAL DOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA DO VERTEDOURO DA BARRAGEM**

A segurança de uma barragem depende, em larga medida, da operacionalidade dos respectivos dispositivos extravasores, em especial dos vertedouros. Os dispositivos extravasores devem ser capazes de permitir a passagem da Cheia Afluente de Projeto (CAP), considerando-se o efeito do amortecimento de cheias, sem que o nível do reservatório ultrapasse a borda livre.

Durante a estação de cheias, a comporta de descarga de fundo e a soleira do vertedouro, necessárias para o descarregamento de vazões, até a Cheia Afluente de Projeto (CAP) devem ser mantidas em condições operacionais e especificados os procedimentos para a operação segura.

O reservatório deverá ser operado de tal modo que a Cheia Afluente de Projeto possa ser seguramente controlada. O esvaziamento, bem como quaisquer outras operações de controle do reservatório devem ser documentadas. Deve estar disponível uma descrição de todas as partes da barragem que afetem os requisitos acima expostos.

Instruções concisas de operação, tanto para os procedimentos de operação normal quanto para o caso de cheia extrema, devem estar disponíveis para operadores qualificados da PCH.

Os detalhes das condições normais de operação devem informar itens tais como:

- afluência e descargas;
- níveis normais;
- volume de acumulação;
- curvas de descarga do vertedouro e de jusante;
- parâmetros de operação do vertedouro;
- fornecimento de energia;
- restrições ambientais.

A capacidade de descarga do vertedouro e de outros dispositivos de descarga deve ser continuamente avaliada, com o estabelecimento da curva de descarga, que deverão ser aferidas com base nas condições existentes e com a operação das estruturas componentes. No caso de empreendimentos com casa de força, a usina deve ser considerada como fora de operação durante a passagem da CAP.

Na PCH Salto Forqueta não existe regra operacional, pois o dispositivo de descarga do vertedouro é do tipo soleira livre e foi dimensionado para cheias de projeto milenar, além disso o mesmo permite a passagem da Cheia Afluente de Projeto (CAP), considerando-se o efeito do amortecimento de cheias, sem que o nível do reservatório ultrapasse a borda livre.

O vertedouro da barragem é o dispositivo extravasor principal do empreendimento. E possui as seguintes características:

Vertedouro tipo.....	soleira livre “perfil creager”
Cota de proteção e/ou coroamento da barragem (ombreiras esquerda e direita).....	213,30 m
Cota da crista do vertedouro .....	206,80 m
Cota do nível máximo maximorum (TR = 1.000 anos).....	211,80 m
Cota do nível máximo maximorum (TR = 10.000 anos).....	212,56 m
Cota do nível máximo em Ultimate Capacity.....	213,30 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro calculada para TR = 1.000 anos.....	5,00 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro admitida ( Ultimate Capacity ).....	6,50 m
Comprimento total da crista do vertedouro (projeto original).....	95,00 m
Comprimento total da crista do vertedouro após recuperação 2025.....	152,00 m
Vazão no N.A. máximo maximorum (TR = 1.000 anos).....	3.453,92 m <sup>3</sup> /s
Vazão no N.A. máximo maximorum (TR = 10.000 anos).....	4.580,66 m <sup>3</sup> /s
Vazão no N.A. máximo em Ultimate Capacity.....	5.491,24 m <sup>3</sup> /s

A barragem possui uma comporta na Descarga de Fundo (DF), que poderá ser acionada eventualmente, com as seguintes características:

Comporta descarga de fundo .....	01 unidade
Tipo de comporta.....	vagão
Dimensões (dimensões úteis) .....	3,50 m x 3,40 m (L x H)
Acionamento das comportas .....	hidráulico/manual
Vazão DF no N.A. máximo normal (206,800 m).....	137,13 m <sup>3</sup> /s
Vazão DF no N.A. máximo maximorum (TR = 1.000 anos).....	154,29 m <sup>3</sup> /s
Vazão DF no N.A. máximo em Ultimate Capacity.....	159,08 m <sup>3</sup> /s

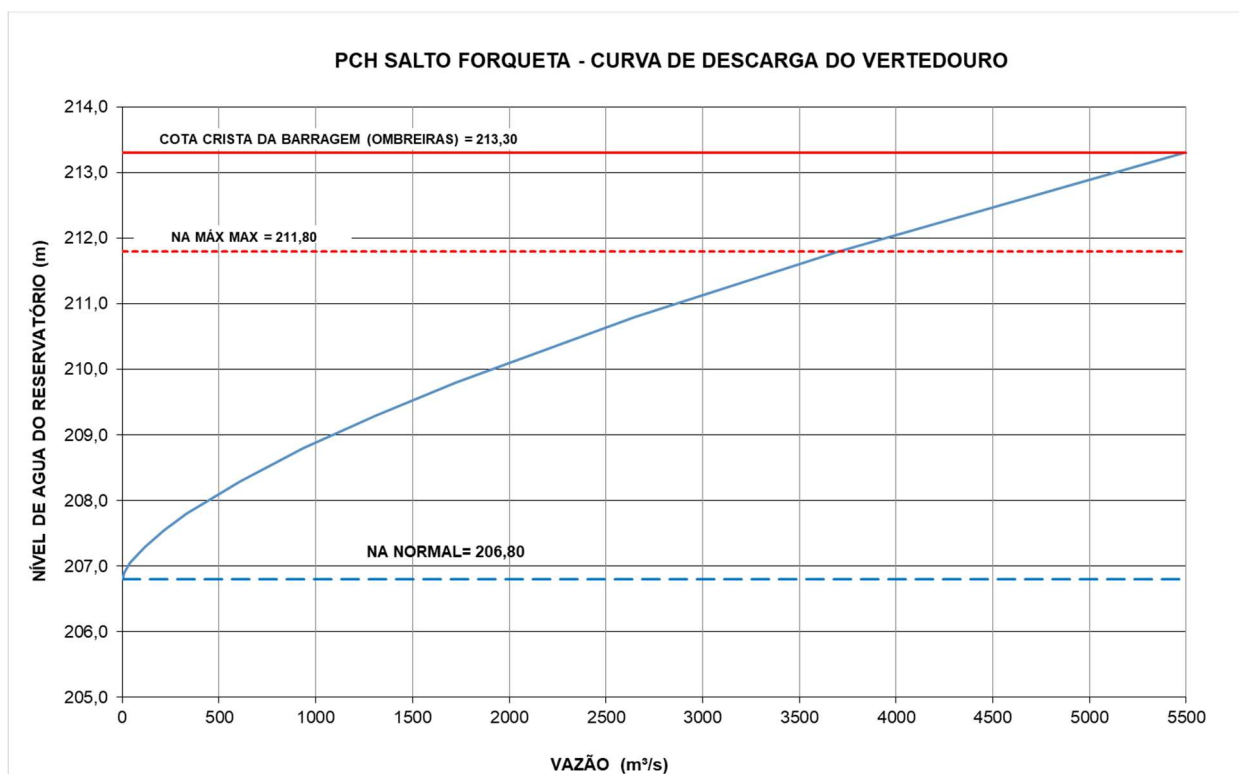


Figura 27 - Curva de Descarga do Vertedouro

## 15.1 Cotas Operacionais (Níveis Normais)

O controle das cotas operacionais (níveis de água), para operação e geração de energia da PCH é feito de maneira padronizada, mediante cálculos pré-estabelecidos de vazão.

O operador controla o reservatório com base nos níveis operacionais, sendo eles:

- Cota mínima operacional 205,30 m, abaixo deste valor pode ocorrer problemas mecânicos;
- Cota máxima operacional 206,80 m (NA máximo normal), acima deste valor ocorre vertimento, que por consequência, perda de geração;
- Mas normalmente a operação normal é feita entre as cotas 206,30 m como mínimo e 206,80 como máximo em dias normais com precipitação baixa.

Não havendo precipitação, elevação de cm/h com um grupo em carga, ocorre deplecionamento de 0,13cm/h. Com os dois grupos, ocorre deplecionamento de 0,26 cm/h.

## 15.2 Despacho de Carga

O despacho de carga normalmente é feito pelo operador entre as cotas operacionais mínimas e máximas, em medidas, tendo 1,90m para controle.

A geração instalada dos dois grupos é de 6,08 MW. Em dias úteis, de pouca precipitação, o deplecionamento é concentrado nos horários de pico, fora do horário de verão das 18h às 21h e



em horário de verão das 19h às 22h, onde a demanda é maior. Dependendo da precipitação só é deplecionado em um curto espaço de tempo para não afetar o dia seguinte. Em feriados e final de semana é deplecionado assim que a cota operacional estiver próxima da máxima sem a necessidade de controlar demanda.

### **15.3 Precipitação acima do Normal**

Devido aos grandes e médios volumes de chuva que podem ocorrer, e com consequente variações de nível acima do normal no barramento. Contudo, o operador se mantém atualizado com as previsões do tempo, via internet, em sites específicos para se antecipar e deplecionar o reservatório até a cota mínima operacional 205,30 m ou nível próximo a este. Sendo assim, ganha-se mais tempo de geração com a chegada da água até o possível vertimento da onda de “cheia” e retrocesso do nível a cotas normais.

#### **15.3.1 Enchentes**

A detecção de altos volumes de precipitação normalmente é efetuada via previsão do tempo. A verificação da previsão é realizada principalmente para os municípios de Soledade e Fontoura Xavier que se localizam a montante do barramento, pontos internos a área de contribuição da bacia do reservatório, de grande relevância na geração de escoamentos.

Importa relatar que desde o final de sua construção em 2002 e início da operação da PCH, em poucas oportunidades, ocorreram eventos extremos relevantes para o empreendimento. O primeiro evento ocorreu em janeiro de 2010 e teve por consequência o alagamento da parte interna da casa de máquinas, acarretando na indisponibilidade do sistema por aproximadamente 2 meses e em 2024 com rompimento da ombreira direita e destruição da casa de máquinas a indisponibilidade foi de aproximadamente 01 ano.

Na ocorrência de enchentes por volumes de chuva excepcionais, são tomadas medidas protetivas por segurança, para que haja o mínimo possível de prejuízo.

Em casos como dos eventos acima relatados, no primeiro momento é realizado o desligamento total da energia do complexo para evitar curto circuitos e possíveis explosões que podem causar um prejuízo maior, em seguida são protegidos equipamentos que contenham informações relevantes e por final, com tempo de ação, sempre preservando a segurança dos envolvidos salva-se móveis e demais equipamentos e instrumentos do empreendimento.

## 15.4 Manual de Procedimentos para Tomada de Água e Descarregador de Fundo

### 15.4.1 Esquema Operacional Emergencial

Em casos de emergência, ou de manutenção do reservatório, uma das opções será a de abertura do descarregador de fundo com o objetivo de minimizar as perdas a jusante da barragem e para controlar o nível do reservatório.

## 16 ÁREA DE ENTORNO DAS INSTALAÇÕES / ÁREAS RESGUARDADAS

A Figura 28 apresenta as áreas resguardadas (reservatório, APP e Estruturas da Usina). Estes desenhos estão apresentados no Anexo II – Área Resguardada e Acessos.

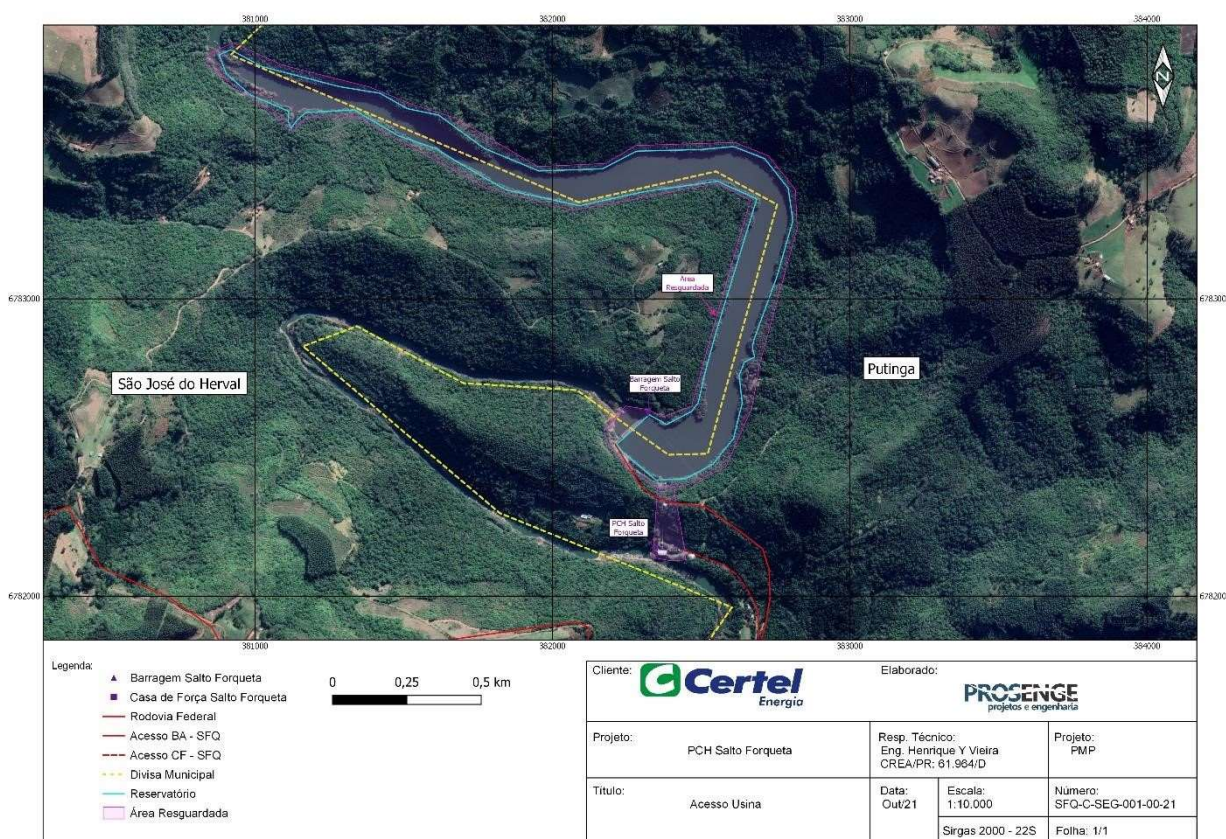


Figura 28 - Mapa da área resguardada

## 17 PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)

O PAE estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de emergência, bem como identifica os agentes a serem notificados dessa ocorrência.

O Plano de Ação Emergencial é a padronização de ações em condição de emergência, que prioriza a segurança e proteção dos bens e pessoas envolvidas, alertando a população em caso de eventual acidente com risco de ruptura ou desastre devido a inundações.

O PAE envolve toda a organização da empresa, a fim de garantir a sua execução, sendo que esta assume a responsabilidade de acionamento de órgãos como a defesa civil, corpo de bombeiros, prefeituras afetadas, FEPAM, ANEEL e ANA, a fim de atender aos requisitos legais, preservar a vida e minimizar possíveis desastres.

Informamos ainda que o PAE – Plano de Ação de Emergência e, demais documentos, foram desenvolvidos seguindo todas as recomendações da Lei nº 12.334, de setembro de 2010, alterada pela Lei nº 14.066/2020 e, da Resolução Normativa nº 1064 de 02 de maio de 2023.

O PAE é parte integrante do Plano de Segurança e estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem, em caso de situação de emergência, bem como, identifica as entidades a serem notificadas dessa ocorrência.

Sendo assim foi realizado o estudo de rompimento hipotético “dam-break” da barragem da PCH Salto Forqueta, considerando todos os cenários possíveis e respectivas manchas de inundação no rio Forqueta, no trecho de influência considerando as estruturas e benfeitorias implantadas e seus respectivos efeitos.

Sendo assim, foram disponibilizados os seguintes documentos:

- 1) Plano de Ação de Emergência (PAE) 2025, assinado pelo responsável técnico, com a indicação da data da última atualização do documento;
- 2) Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Eng. Elizeu Riba, recolhida pela revisão e atualização do PAE/2025;
- 3) Estudo de Rompimento da Barragem e desenhos realizados em 2025;
- 4) Os documentos acima citados, desenhos e arquivos digitais estão disponíveis para consulta, através do link:

[https://drive.google.com/drive/folders/1eWJhwUdvdf5AxuQUEEmACl00uslcpOF\\_?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1eWJhwUdvdf5AxuQUEEmACl00uslcpOF_?usp=sharing)

Seguindo a legislação em vigor, houve necessidade de interação junto às Defesas Civas Estadual e Municipal para efetiva implantação e operacionalização do PAE/2025, que inclui a realização de simulado externo. Diante disso, a CERTEL colocou-se à disposição para as ações necessárias junto ao órgão de proteção e defesa civil dos municípios envolvidos para promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes do PAE.

O PAE encontra-se disponível no site da CERTEL, <https://www.certel.com.br/geracao-de-energia/hidreletrica-salto-forqueta> (item Plano de Ação de Emergência em meio digital).

Informamos que algumas simulações especiais foram realizadas no PAE/2025 da PCH Salto Forqueta que envolveram a PCH Rastro de Auto com o objetivo de determinar a cota de segurança (cota de proteção) das estruturas e benfeitorias localizadas a jusante do barramento (área de influência):

- Simulação 1 – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto na condição de TR-10.000 anos (Usina localizada a montante da barragem da PCH Salto Forqueta);
- Simulação 3 – Pior Cenário Possível - Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta na condição de TR-10.000 anos – Efeito Cascata;

A Simulação 1 – é caracterizada pelo Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto na condição de TR-10.000 anos (Usina localizada a montante da barragem da PCH Salto Forqueta).

O Resultado desta simulação é que a barragem da PCH Salto Forqueta absorve o volume e as condições desta simulação, atendendo assim o §3º do Art. 3º da RNA nº 1.064, que cita que “A área de abrangência para avaliação do Dano Potencial Associado (Anexo II.2) que deverá compreender a região de amortecimento da cheia decorrente da ruptura, ou o reservatório da usina imediatamente a jusante, observado o disposto no Art. 6º”.

Vale acrescentar, que o PAE revisto e atualizado será disponibilizado no local do empreendimento e nas prefeituras envolvidas e/ou potencialmente afetadas, do entorno da PCH, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.

## **18 CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES**

O empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, pelos danos decorrentes de seu rompimento, vazamento ou mau funcionamento, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garantir a sua segurança e reparar seus danos, independentemente da existência de culpa.

O empreendedor obriga-se a prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem. As ações conduzidas pelo responsável técnico, compreendendo, entre outros, a elaboração e atualização do Plano de Segurança da Barragem, o Plano de Ação de Emergência,

e a realização das inspeções de segurança regular e especial e a Revisão Periódica, deverão ter recolhimento de anotação de responsabilidade técnica – ART específica.

Deverá ser recolhida ART específica ou de cargo e função para a responsabilidade pela segurança da barragem.

O empreendedor deve manter o Plano de Segurança da Barragem atualizado e operacional.

As informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, devem ser organizadas e mantidas em bom estado de conservação pelo empreendedor.

O empreendedor deve cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB, conforme diretrizes da ANEEL. Os documentos devem estar disponíveis para fiscalização da ANEEL e das Agências Estaduais conveniadas a qualquer tempo.

A ANEEL informará à autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama e ao órgão de proteção e defesa civil a ocorrência de desastre ou acidente nas barragens sob sua jurisdição, além de qualquer incidente que possa colocar em risco a segurança da estrutura. Também será dada ciência ao órgão de proteção e defesa civil das ações de fiscalização que constatarem a necessidade de adoção de medidas emergenciais relativas à segurança de barragens.

O empreendedor deverá informar à ANEEL qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga dos extravasores da barragem ou que possa comprometer a sua segurança.

O empreendedor deverá notificar imediatamente à ANEEL, à autoridade licenciadora do Sisnama e ao órgão de proteção e defesa civil qualquer alteração das condições de segurança da barragem que possa implicar acidente ou desastre.

As demais autoridades estabelecidas no plano de comunicação do PAE também poderão ser comunicadas, a critério do empreendedor, ou conforme estabelecido no PAE.

O Formulário de Segurança de Barragens (FSB) é uma plataforma baseada na Internet destinada a envio, recepção, consulta e gerenciamento de informações relacionadas à Segurança de Barragens no Setor Elétrico.



Ao final de cada ciclo avaliativo, no período de 1º de novembro a 31 de janeiro do ano seguinte, toda pessoa física ou jurídica que detenha outorga, licença, registro, concessão, autorização ou outro ato que lhe confira direito de operação de barragem e do respectivo reservatório associados a uma usina hidrelétrica deverão obrigatoriamente preencher o Formulário de Segurança de Barragens (FSB).

Para tanto, como primeiro passo, é necessário registro ou atualização da pessoa jurídica física ou jurídica relacionada à usina no Cadastro Institucional da Aneel (CDA2).

No caso de pessoa jurídica, devem-se vincular as pessoas físicas que atuam como seus representantes legais. Adicionalmente, é possível vincular quantas pessoas físicas (gestores e técnicos) forem necessárias.

Para mais detalhes, acesse aqui o Manual do CDA2.

Após o cadastro no CDA2, o representante legal poderá solicitar acesso ao FSB por meio do correio eletrônico [segurancadebarragens@aneel.gov.br](mailto:segurancadebarragens@aneel.gov.br), informando:

- CNPJ ou CPF vinculado à usina;
- Nome da usina;
- Código único de Empreendimento de Geração (CEG); e
- Indicação das pessoas físicas cadastradas no CDA2 que devem ter acesso ao FSB.
- Após a liberação do acesso, será possível realizar o preenchimento do FSB.

As barragens associadas às usinas hidrelétricas devem cumprir as disposições da Resolução Normativa (REN) nº 1.064/23. Atualmente, os dados dessas barragens são fornecidos pelos agentes do setor por meio do preenchimento anual do Formulário de Segurança de Barragens (FSB), que pode ser atualizado a qualquer momento. Esses dados são automaticamente compartilhados com o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Portanto, para atender ao art. 21 da REN nº 1.064/23, não é necessário que os agentes do setor elétrico atualizem os dados diretamente no SNISB, bastando manter os dados atualizados no FSB.

A partir de 1º de dezembro de 2024, o FSB disponibilizará um campo específico na seção "Obrigações Normativas" para o registro do endereço eletrônico de acesso ao arquivo digital do Plano de Ações de Emergência (PAE). Isso atende à exigência do art. 13, § 12, que requer a disponibilidade do PAE em meio digital no SNISB. Com essa medida, os agentes responsáveis pelas usinas enquadradas pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) deverão manter o arquivo digital do PAE atualizado e acessível pela internet e informar pelo FSB o seu endereço eletrônico de acesso, o qual será compartilhado automaticamente com o SNISB.



## 19 ARMAZENAMENTO DE DADOS

Como as inspeções de campo são registradas manualmente, as mesmas deverão ao final de cada evento de inspeção ser armazenadas em arquivos eletrônicos. O armazenamento deverá ser feito em planilhas eletrônicas do tipo Excel, da Microsoft, ou similar, com atualização imediata dos valores e gráficos. Nos registros magnéticos de rotina, deverá constar no mínimo a data, hora e os níveis de montante e jusante do barramento.

Durante os trabalhos diários, detecção de eventuais anomalias observadas em qualquer local da PCH devem ser registradas através de fotografias digitais. Tais informações deverão ser arquivadas em meio magnético, com apoio de programas do tipo Word, da Microsoft, ou similares.

Ao final de cada inspeção, devem ser feitos backup dos arquivos eletrônicos atualizados. O local de armazenamento (computador e pasta) deve ser de conhecimento de mais de uma pessoa, para permitir a fácil rastreabilidade dos dados.

## 20 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RISCOS, COM DEFINIÇÃO DAS HIPÓTESES E DOS CENÁRIOS POSSÍVEIS DE ACIDENTE OU DESASTRE

Foram simuladas diversas hipóteses e cenários possíveis de acidente ou desastre no rio Forqueta na **condição natural**, isto é, 05 (cinco) vazões: Vazão Turbinada (Dia de Sol), TR 10, TR-100, TR 1.000, e TR 10.000 anos, para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Salto Forqueta nas mesmas condições de vazão com o objetivo de comparação de resultados nos diversos cenários.

Algumas simulações especiais foram realizadas com o objetivo de determinar a cota de segurança (cota de proteção) das estruturas e benfeitorias localizadas a jusante do barramento (área de influência):

- Simulação 1 – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto na condição de TR-10.000 anos (Usina localizada a montante da barragem da PCH Salto Forqueta);
- Simulação 2 – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Salto Forqueta na condição de TR-10.000 anos;
- Simulação 3 – **Pior Cenário Possível** - Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta na condição de TR-10.000 anos – Efeito Cascata;

- Simulação 4 – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Salto Forqueta na condição de vazão turbinada (Dia de Sol);

Todos os estudos realizados estão disponibilizados e contidos nos seguintes documentos:

- 1) Plano de Ação de Emergência (PAE) 2025, assinado pelo responsável técnico, com a indicação da data da última atualização do documento;
- 2) Estudo de Rompimento da Barragem e desenhos realizados em 2025;
- 3) Os documentos acima citados, desenhos e arquivos digitais estão disponíveis para consulta, através do link:

[https://drive.google.com/drive/folders/1eWJhwUdvdf5AxuQUEEmACl00uslcpOF\\_?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1eWJhwUdvdf5AxuQUEEmACl00uslcpOF_?usp=sharing)

## 21 MAPA DE INUNDAÇÃO, CONSIDERANDO PIOR CENÁRIO IDENTIFICADO

Todos os mapas de inundação estudados e também do pior cenário identificado estão no Anexo V – Mapas de Inundação, do PAE conforme link:

[https://drive.google.com/drive/folders/1eWJhwUdvdf5AxuQUEEmACl00uslcpOF\\_?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1eWJhwUdvdf5AxuQUEEmACl00uslcpOF_?usp=sharing)

## 22 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS VISTORIADAS

A fim de estabelecer um plano de ação para mitigação das anomalias observadas, as recomendações devem ser separadas por Nível de Criticidade. Sendo utilizada metodologia baseada na matriz GUT, que prioriza as ações mais críticas para serem realizadas primeiro.

Essa metodologia permite a priorização da solução de ocorrências e suporta a tomada de decisões, considerando os seguintes parâmetros: Gravidade, Urgência e Tendência (G-U-T). Conforme detalhado na Figura 29 cada ocorrência recebe uma classificação. A Gravidade é o impacto da ocorrência, a Urgência é o tempo necessário para que a ocorrência possa trazer algum impacto relevante e a Tendência é o potencial de agravamento da ocorrência. A cada ocorrência é atribuída uma pontuação de 1 a 5 para cada um dos três parâmetros.

GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
1=SEM GRAVIDADE	1=NÃO TEM PRESSA	1=NÃO VAI PIORAR
2=POUCO GRAVE	2=PODE ESPERAR UM POUCO	2=VAI PIORAR EM LONGO PRAZO
3=GRAVE	3=O MAIS CEDO POSSÍVEL	3=VAI PIORAR EM MÉDIO PRAZO
4=MUITO GRAVE	4=COM ALGUMA URGÊNCIA	4=VAI PIORAR EM POUCO TEMPO
5=EXTREMAMENTE GRAVE	5=AÇÃO IMEDIATA	5=VAI PIORAR RAPIDAMENTE

Figura 29 – Descrição dos níveis dos parâmetros GUT

As pontuações de cada vertente são multiplicadas entre si ( $G \times U \times T$ ) para definir a priorização, e o horizonte de prazo máximo para intervenção. Os produtos resultantes da matriz GUT são relacionados a Graus de Hierarquização (GH) ou a Nível de criticidade para a execução de cada ação recomendada.

De forma a complementar a metodologia GUT utilizada para a classificação das anomalias conforme nível de criticidade, foi adicionado um novo nível de criticidade (4) de forma a contemplar, também, as recomendações relacionadas a manutenção periódica/rotineira ou monitoramento da estrutura, porém não será classificada conforme Matriz GUT por ser atividade de rotina.

A Figura 30 indica o nível de Criticidade conforme Graus de Hierarquização e deverão seguir o grau de prioridade de execução:

**Imediato NC 0** – Recomendações relacionadas a aspectos que comprometem em curto prazo a estabilidade das estruturas → Manutenção/Reparo imediato em até 6 meses;

**Curto Prazo NC 1** – Recomendações relacionadas a aspectos que não comprometem em curto prazo a estabilidade das estruturas, entretanto a evolução pode vir a comprometer → Manutenção/Reparo em até 1 ano;

**Médio Prazo NC 2** – Recomendações relacionadas a aspectos que comprometem a médio prazo a estabilidade das estruturas → Manutenção/Reparo até 2 anos;

**Logo Prazo NC 3** – Recomendações relacionadas a aspectos que comprometem a médio prazo a estabilidade das estruturas → Manutenção/Reparo até 5 anos;

**Rotineiro NC 4** – Recomendações relacionadas a manutenções e acompanhamentos periódicos e rotineiros importantes para o monitoramento das estruturas → Periódico/Rotineiro.

GRAU DE HIERARQUIZAÇÃO (GH)	PRAZO	NÍVEL DE CRITICIDADE
Imediato: $GH \geq 75$	6 meses	0
Curto Prazo: $36 \leq GH < 75$	1 ano	1
Médio Prazo: $25 < GH < 36$	Até 2 anos	2
Longo Prazo: $GH \leq 25$	Até 5 anos	3
Rotineiro / Periódico *	-	4

Figura 30 - Níveis do Grau de Hierarquização e Prazos máximos correspondentes

## Plano de ação de melhorias e cronograma de implantação das ações

As recomendações destacadas deverão seguir o grau de prioridade de execução:

**Imediato NC 0** – Recomendações relacionadas a aspectos que comprometem em curto prazo a estabilidade das estruturas → Manutenção/Reparo imediato, até 6 meses;

**Curto Prazo NC 1** – Recomendações relacionadas a aspectos que não comprometem em curto prazo a estabilidade das estruturas, entretanto a evolução pode vir a comprometer → Manutenção/Reparo em até 1 ano;

**Médio Prazo NC 2** – Recomendações relacionadas a aspectos que comprometem a médio prazo a estabilidade das estruturas → Manutenção/Reparo até 2 anos;

**Logo Prazo NC 3** – Recomendações relacionadas a aspectos que comprometem a médio prazo a estabilidade das estruturas → Manutenção/Reparo até 5 anos;

**Rotineiro NC 4** – Recomendações relacionadas a manutenções e acompanhamentos periódicos e rotineiros importantes para o monitoramento das estruturas → Periódico/Rotineiro.

## 23 CRITÉRIOS DE ESTABILIDADE GLOBAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

As seguintes condições de carregamentos devem ser considerados nos estudos de estabilidade global e respectivos cálculos dos esforços internos (tensões).

### **Condição de Carregamento Normal ( CCN )**

Corresponde a todas as combinações de ações que apresentem grande probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, durante a operação normal ou manutenção de rotina da obra, em condições hidrológicas normais.

### **Condição de Carregamento Excepcional ( CCE )**

Corresponde a uma situação de combinação de ações com baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura. Em geral, estas combinações consideram a ocorrência de somente uma ação excepcional, tais como, condições hidrológicas excepcionais, defeitos no sistema de drenagem, manobras de caráter excepcional, efeitos sísmicos, etc. com as ações correspondentes a condição de carregamento normal.

### **Condição de Carregamento Limite ( CCL )**

Corresponde a uma situação de combinação de ações com muito baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura. Em geral, estas combinações consideram a ocorrência de mais de uma ação excepcional, tais como, condições hidrológicas excepcionais, defeitos no sistema de drenagem, manobras de caráter excepcional, efeitos sísmicos, etc. com as ações correspondentes a condição de carregamento normal.

### **Condição de Carregamento de Construção ( CCC )**

Corresponde a todas as combinações de ações que apresentem probabilidade de ocorrência durante a execução da obra. Podem ser devidas a carregamentos de equipamentos de construção, a estruturas executadas apenas parcialmente, carregamentos anormais durante o transporte de equipamentos permanentes, e quais quer outras condições semelhantes, e ocorrem durante períodos curtos em relação à sua vida útil.

### **Critérios Sismológicos**

A região do sítio da PCH Salto Forqueta está compreendida em uma zona historicamente assísmica, conforme pode ser verificado pelos dados IAG-Boletim Sísmico Brasileiro.

Portanto, tendo em vista a baixa sismicidade foram adotadas as premissas de cálculo preconizadas pela Eletrobrás 2003, Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas, sendo adotada análise pseudo-estática na avaliação de estabilidade das estruturas de barramento em concreto, empregando acelerações de 0,05 g na direção horizontal e 0,03 g na direção vertical.

Considerações sobre ocorrência de evento sísmico induzido pela formação do reservatório da usina devem ser desconsideradas, face as dimensões do reservatório e as condições geológicas que compreendem o sítio da usina.

### **Segurança e Verificação da Estabilidade do Barramento**

Este roteiro de cálculo tem por objetivo apresentar a verificação da estabilidade global das estruturas de concreto, Vertedouro e Barragens da PCH Salto Forqueta, com relação ao tombamento, deslizamento e flutuação, bem como as tensões na base das fundações.

Sendo que todas as premissas e coeficientes de segurança devem obedecer os limites impostos pelos Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas – Eletrobrás.

### **Parâmetros Adotados**

Os seguintes parâmetros são sugeridos para realização dos cálculos:

Peso específico do concreto ciclópico/convencional ( $\gamma_c$ ):	24 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico da água ( $\gamma_a$ ):	10 kN/m <sup>3</sup>
Ângulo de atrito concreto-rocha ( $\phi$ ):	40°
Coesão (c):	100 kN/m <sup>2</sup>
Tensão admissível rocha ( $\tau_{adm}$ ):	300 kN/m <sup>2</sup>

### **Cargas a serem Consideradas**

Deverão ser consideradas as seguintes cargas nas análises de estabilidade:

- Peso-próprio das estruturas de concreto armado.
- Pesos de água a montante e jusante.
- Empuxos de água a montante e jusante.
- Subpressão na base da fundação.

Os valores resultantes dos esforços acima serão obtidos por modelagem dos diagramas no programa AutoCAD, obtendo também as correspondentes posições dos centros de gravidade de aplicação das cargas.

### **Caso de drenos inoperantes**

Sempre considerar os drenos como inoperantes e a subpressão varia linearmente entre os valores extremos de  $H_m$  e  $H_j$  de montante e de jusante, respectivamente.

### **Condições de Carregamento**

Resumo dos Carregamentos a serem considerados:

Carregamento	CCN	CCE1	CCE2	CCL
Peso-próprio	X	X	X	X
NA máx. normal montante	X			
NA máx. max. montante		X	X	X
NA máx. normal jusante	X			
NA máx. max. jusante		X	X	X
Assoreamento Reservatório				X

### **Crítérios para Verificação da Estabilidade**

A estabilidade das estruturas deve ser verificada com relação ao tombamento, deslizamento e flutuação, verificando-se, também, as tensões nas bases das fundações.

Os critérios a serem utilizados nessas verificações são apresentados a seguir, com os correspondentes valores mínimos exigidos para os fatores de segurança nos diversos casos de carregamento.

### **Segurança ao Tombamento**

$$FST = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_t}$$



Onde:

$FST$  = fator de segurança ao tombamento;

$\sum M_r$  = somatório dos momentos resistentes;

$\sum M_t$  = somatório dos momentos de tombamento.

Os valores calculados para  $FST$  devem satisfazer os seguintes valores mínimos:

CCN	CCE	CCL
1,5	1,2	1,1

### **Segurança a Flutuação**

$$FSF = \frac{\sum V}{\sum U}$$

Onde:

$FSF$  = fator de segurança à flutuação;

$\sum V$  = somatório das forças gravitacionais;

$\sum U$  = somatório das forças de subpressão.

Os valores calculados para  $FSF$  devem satisfazer os seguintes valores mínimos:

CCN	CCE	CCL
1,3	1,1	1,1

### **Segurança ao Deslizamento**

$$FSD = \frac{\frac{\sum F_v \cdot \tan \phi}{FSD_\phi} + \frac{\sum c \cdot A}{FSD_c}}{\sum F_h} \geq 1,0$$

Onde:

$F_v$  = força normal à superfície de deslizamento em análise;

$F_h$  = força paralela à superfície de deslizamento;

$\phi$  = ângulo de atrito característico da superfície de deslizamento em análise;

$c$  = coesão característica ao longo da superfície de deslizamento;

$A$  = área efetiva de contato da estrutura no plano em análise;

$FSD_\phi$  = fator de segurança relativo ao atrito;

$FSD_c$  = fator de segurança relativo à coesão.

Os valores dos fatores de segurança relacionados aos parâmetros da superfície de deslizamento são:

	CCN	CCE	CCL
$FSD_\phi$	1,5	1,1	1,1
$FSD_c$	3,0	1,5	1,3

## Tensões na Base das Fundações

Para uma primeira análise, as tensões na base das fundações são calculadas pela seguinte expressão da Resistência dos Materiais:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

Onde:

$N$  = força resultante normal à superfície;

$M$  = momento resultante;

$A$  = área efetiva de contato da estrutura no plano em análise;

$W$  = módulo elástico da área da base da fundação.

Não são admitidas tensões de tração na base das fundações para os casos CCN. Para os demais casos, se houver tensões de tração, deve ser estudada a abertura da junta.

## **24 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA**

O monitoramento de segurança se dará por duas condições: Hidrológica e Estrutural.

### **24.1 Condição Hidrológica**

A condição hidrológica será controlada no Barramento, deverá ser monitorado os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem.

O vertedouro de soleira livre é a estrutura que controlará as cheias na PCH Salto Forqueta. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme o gráfico abaixo.

A **EMERGÊNCIA 2** poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento em conjunto com o rompimento da barragem.

Na Figura 31 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia de 1.000 anos já fica definido o nível de emergência 1.

A Tabela 1 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

## **24.2 Condição Estrutural**

A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento conforme critérios estabelecidos no Plano de Segurança da Barragem.

Este Plano tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional da barragem e vertedouro, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

O Plano de Segurança da Barragem contém os Manuais de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI) para a Barragem.

A manutenção das boas condições estruturais do barramento da PCH Salto Forqueta garante sua integridade e reduz drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.

A Tabela 1 apresenta os níveis de segurança para as condições estruturais, na alínea b), juntamente com as providências a serem tomadas pela equipe de operação.

### **24.2.1 Monitoramento das Estruturas**

O sistema de monitoramento está contemplado nos manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e monitoramento do relatório de segurança da barragem, sendo que este faz parte do Plano de Segurança da Barragem. Este Manual contém:

- Procedimentos de inspeções civis visuais informando onde e o que se deve observar;
- Listas de verificações a serem utilizadas nas inspeções civis;
- Instruções de trabalho para procedimentos de manutenções mais comuns de reparos nas estruturas.

Não menos importantes são os programas de inspeções visuais classificadas em três níveis:

#### **24.2.1.1 Inspeções Rotineiras**

São aquelas que devem ser executadas pela equipe de operação. A frequência dessas inspeções deverá ser definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas. Deverão ser preenchidas as listas de verificações de acompanhamento para cada estrutura civil.

#### 24.2.1.2 Inspeção de Segurança Regular

A inspeção de segurança regular será realizada por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas do barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação. A frequência destas inspeções deverá ser **anual** conforme a classificação do barramento. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados nas listas de verificações anuais. Também deverão ser analisados os dados das inspeções rotineiras.

Os relatórios de inspeção de segurança regular deverão conter minimamente estas informações:

- Identificação do representante legal do empreendedor;
- Identificação do responsável técnico;
- Avaliação da instrumentação disponível na barragem ou necessidade de instalação, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;
- Avaliação de anomalias que acarretem mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da barragem;
- Comparativo com inspeção de segurança regular anterior;
- Diagnóstico do nível de segurança da barragem;
- Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

#### 24.2.1.3 Inspeções Segurança Especial

As inspeções especiais serão realizadas quando convocadas. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente ou onde se detecte algum problema que mereça atenção especial.

Depois de cheias e chuvas torrenciais com recorrência maior que 100 anos, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas. Aumento da vazão nos medidores de vazão sem motivo aparente e principalmente com carreamento de material é motivo para acionamento de alerta e de inspeção especial.

### 24.2.2 Fluxo de Informação e Equipe de Inspeção

O fluxograma apresenta as atividades da equipe de inspeção e manutenção das estruturas civis e a interface com a Gerência da Usina sendo de inspeções e de ações.

O fluxograma de inspeções (Fluxograma 1) indica a sequência dos procedimentos para as inspeções nas estruturas de acordo com a periodicidade necessária.

O fluxograma de segurança da barragem (Fluxograma 2) indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados obtidos nas inspeções e no relatório das inspeções.

O fluxograma de ações de emergência (Plano de Ação de Emergências) indica a sequência na tomada de decisões com base nos níveis de emergência.

Caso o fluxograma de ações entrar em **EMERGÊNCIA 1** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergência.

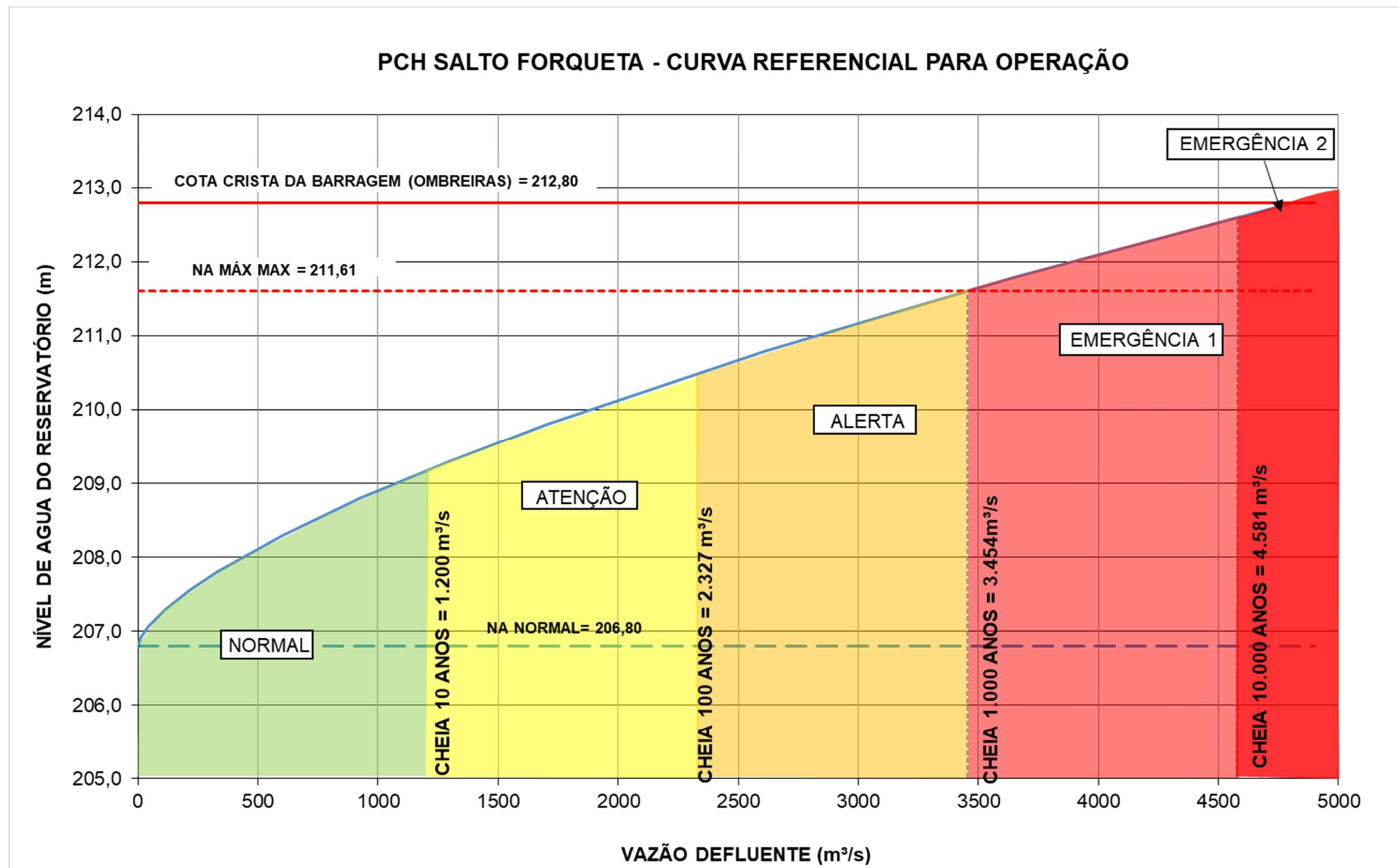


Figura 31 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura



Tabela 1 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

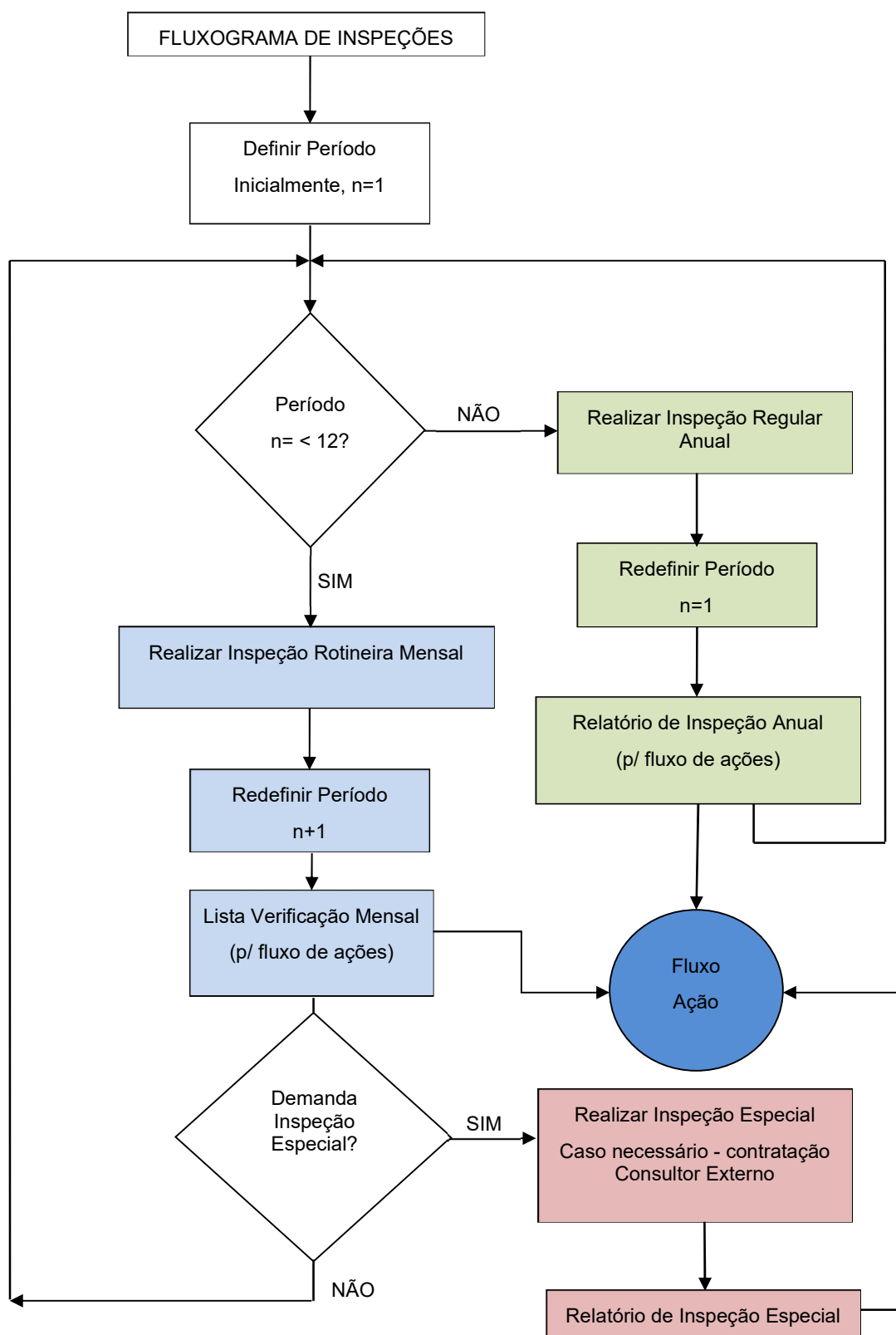
Nível de Segurança	Condições e Situações
<b>Nível Normal (VERDE)</b> a) Operação normal do vertedouro	a) Vertimentos até 1200 m³/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório, ocorre o alagamento da ponte de jusante, alertar população de grandes volumes de água no rio e alagamentos começam a ocorrer
<b>Nível Atenção (AMARELO)</b> a) Operação em atenção do vertedouro b) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS	a) Vertimentos de 1200 até 2327 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica e alagamento ponte de jusante.
<b>Nível Alerta (LARANJA)</b> a) Operação em alerta do vertedouro b) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS e NA Máx Max c) Monitorar com drones as principais estruturas	a) Vertimentos de 2327 até 3454 m³/s (TR entre 100 e 1000 anos ) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento na ZAS, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas. Alagamento da ponte de jusante e alagamento de muitas propriedades, com potencial de atingir algumas edificações. Iniciar alerta geral para a população ribeirinha.
<b>Nível Emergência 1 (VERMELHO CLARO)</b> a) Localidades com alagamento municípios de jusante, abrir comporta da descarga fundo para aumentar capacidade de descarga b) Infiltração sem controle e aumento do Nível do reservatório	a) Vertimentos de 3454 até 4581 m³/s (TR entre 1.000 e 10.000 ano ) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento na ZAS, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas. b) Abrir a comporta da descarga de fundo de maneira a ajudar rebaixar o nível do reservatório → retirar pessoas dos pontos localizados na ZAS e atingidos de jusante;
<b>Nível Emergência 2 (VERMELHO ESCURO)</b> a) Risco de galgamento das ombreiras de proteção ou possibilidade de Ruptura / Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	a) Vertimentos acima de 4581 m³/s - risco de galgamento das ombreiras de proteção e possibilidade de rompimento da barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS e atingidos de jusante.

a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

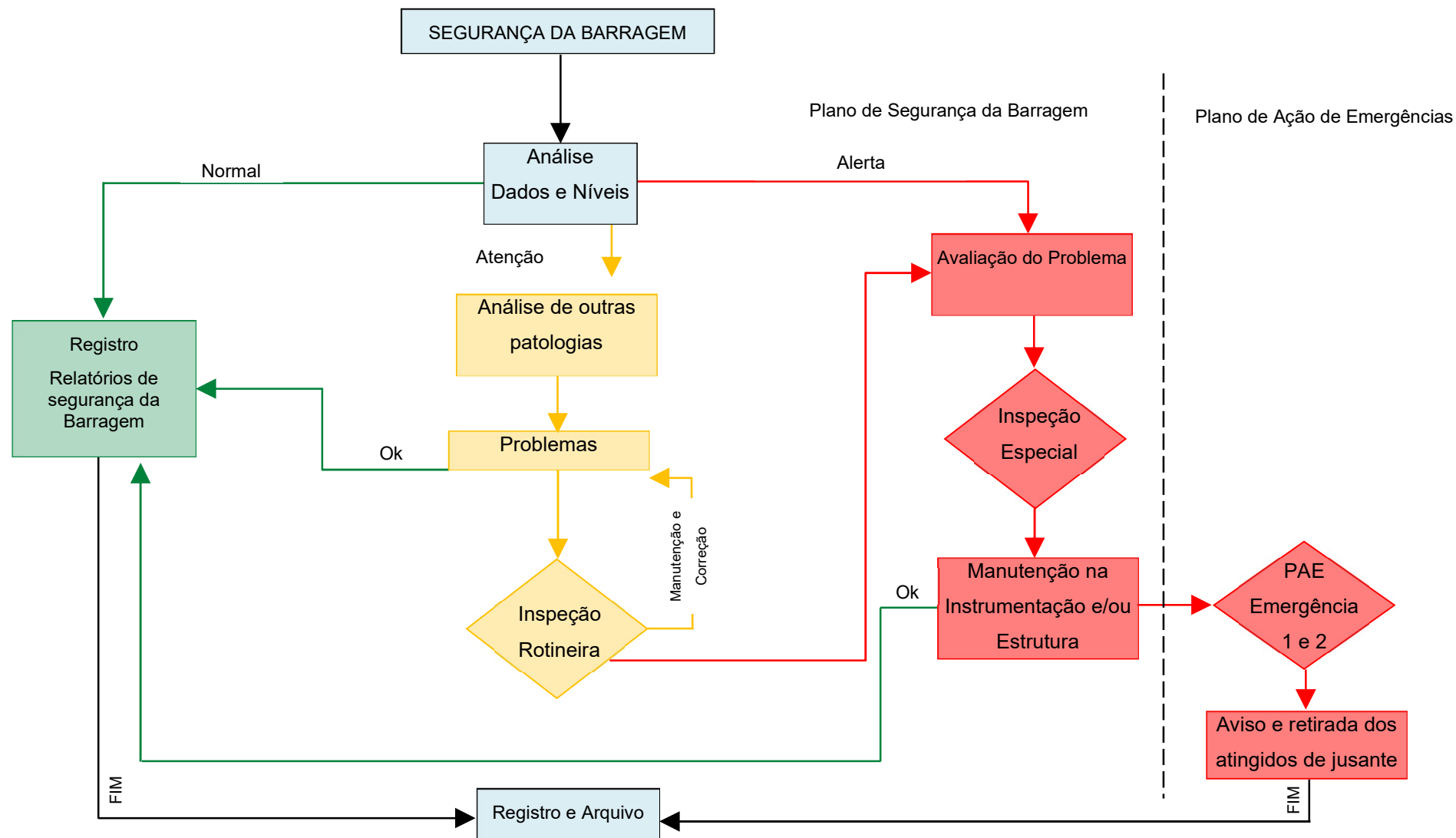
b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.

**EMERGÊNCIA 2** – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica formação de brecha ou em eventos extremos. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

**IMPORTANTE** – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem. Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das comportas das máquinas o que reduz substancialmente o impacto da onda de cheia em um eventual rompimento.



Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções – n = mês

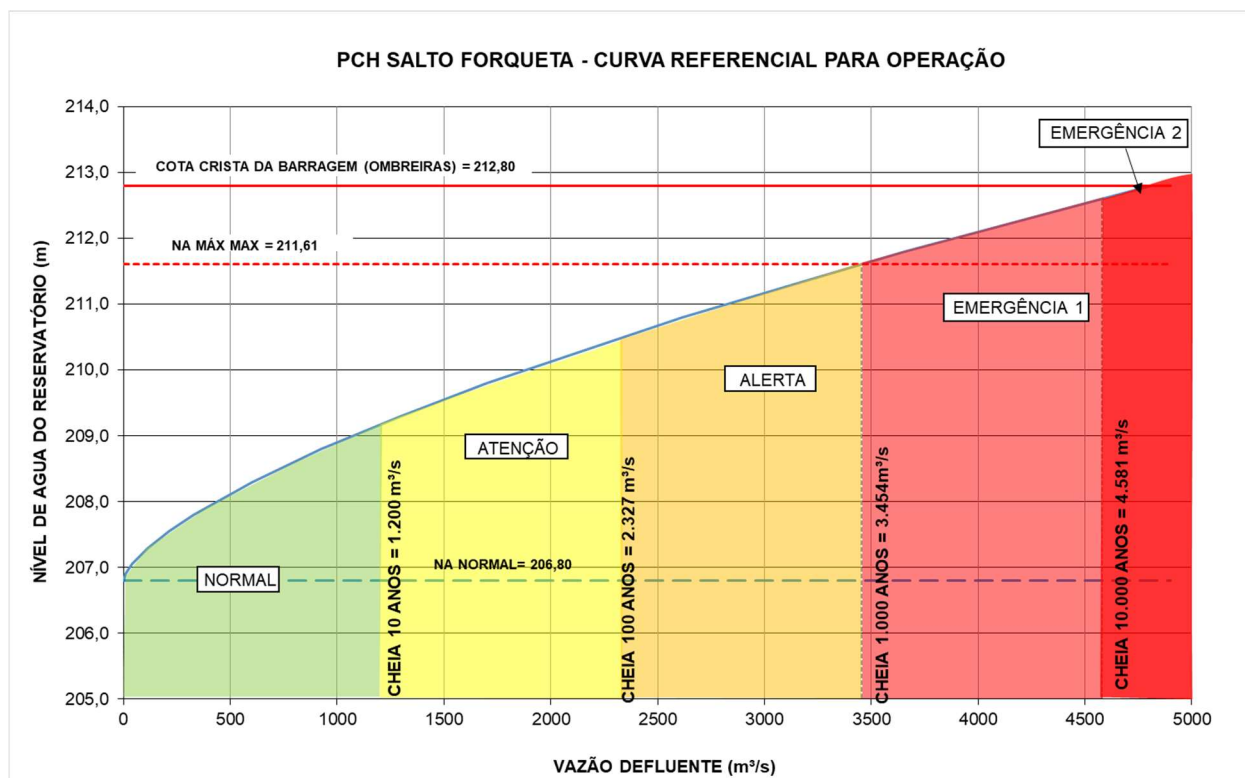


Fluxograma 2 – Fluxograma de Segurança da Barragem - manutenção estruturas

### 24.3 Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem

O sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem é realizado pelos itens 24.1- Condição Hidrológica e 24.2-Condição Estrutural já descritos acima e resumidos abaixo:

- Condição Hidrológica – será controlada no Barramento, deverá ser monitorado os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem. A Figura 31 apresenta as condições: Normal, Atenção, Alerta, Emergência 1 e 2.



- Condição Estrutural - A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento das inspeções rotineiras, regulares e especiais. O item 24.2.1 apresenta sistema de monitoramento.

## 25 EQUIPE TÉCNICA

Nome	Formação	Função
Elizeu Riba	Engenharia Civil	Responsável Técnico dos Estudos / Hidráulica / Estruturas – Segurança de Barragens
Gabriel E. Riba	Engenharia Civil	Estudos Hidrológicos
Alexandre B. Tortato	Engenharia Civil	Estruturas Hidráulicas

A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Responsável Técnico da Revisão do PSB encontra-se no Anexo V.

## 26 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Relatório SFQ-BA-PAE-001-01\_PAE\_PCH Salto Forqueta – PROSENGE** – Projetos e Engenharia – 08/12/2021

**Plano de Segurança de Barragem – PSB** – elaborado para PCH Salto Forqueta - INFRA-GEO Engenharia, Geotecnia e Meio Ambiente - 20/06/2018

**Revisão Plano de Segurança de Barragem – PSB** – elaborado para PCH Salto Forqueta – INFRA-GEO Engenharia, Geotecnia e Meio Ambiente, revisado pela CERTEL 20/10/2023

**ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS** - Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Versão final 02 para editoração – Abril de 2016.

- Manual do empreendedor da Ana relativo a revisão periódica, plano de segurança de barragens, plano de ação de emergência e inspeções de segurança de barragens (<http://www.snish.gov.br/portal/snish/downloads/ManualEmpreendedor>).

**ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA** – Resolução Normativa Nº 1064, de 02 de maio de 2023 - Estabelece critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Alterada pela Lei Federal nº 14.066/2020.

**Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas** – Eletrobrás – Outubro/2003

Site **SNISB** – Documentos e Capacitações - <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes?tipo=documento&id=68>

**AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA).** Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Volume I: Instruções para Apresentação do Plano de Segurança da Barragem. Superintendência de Regulação (SRE). Brasília, 2016. Disponível em:  
<http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/ManualEmpreendedor/InstrucoesParaApresentacaoPlanoSegurancaBarragens.pdf>>.

## **27 ANEXOS**

Anexo I – Documentos de Projeto

Anexo II – Fichas de Inspeções

Anexo III – Instruções de Trabalho

Anexo IV – Treinamento Equipe Interna

Anexo V – ART

Anexo VI – ISR-ISE

Anexo VII – Declaração Estabilidade Barragem

