COOPERATIVA DE DESENVOLVIMENTO TEUTÔNIA – CERTEL ENERGIA

BARRAGEM SALTO FORQUETA

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Elaboração:

INFRA-GEO
ENGENHARIA, GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE

SETEMBRO/2023

EQUIPE DA CONTRATANTE: COMISSÃO TÉCNICA DE ACOMPANHAMENTO, FISCALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM DA PCH SALTO FORQUETA

Coordenador Geral
Diretor de Geração de Energia
Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – Certel
JULIO CESAR SALECKER
Engenheiro Agrícola/Técnico em Eletrotécnica.

Coordenador Geral Revisão
Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – Certel
FELIPE DREBES
Engenheiro Eletricista/Engenheiro de Controle e Automação

Responsável Técnico Revisão
Analista de Projetos Civis de Usinas
Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – Certel
RODRIGO DA CAS
Engenheiro Civil

Responsável Técnico Revisão
Analista Ambiental
Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – Certel
TATIANA DA COSTA WEBER
Engenheiro Ambiental

FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DAS ATUALIZAÇÕES DO PSB DA BARRAGEM SALTO FORQUETA

Atualização	Data	Descrição/Atividade	Responsável
-	20/01/2018	Elaboração	INFRA-GEO
-	21/03/2018	1ª Entrega	INFRA-GEO
-	01/06/2018	Aprovação	CERTEL
	20/06/2018	Entrega Final	INFRA-GEO
	20/10/2023	Revisão	CERTEL

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 11

2 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM 14

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO A RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO 14

2.2 CARACTERIZAÇÃO/IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR 14

2.3 CARACTERIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS DO EMPREENDIMENTO 16

2.3.1 Localização e Acessos 16

2.3.2 Indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes 21

2.3.3 Descrição e Caracterização dos Elementos da PCH e das Estruturas Associadas 23

2.3.3.1 Ficha Técnica da Barragem Encaminhada a AGERGS 23

2.3.3.2 Barramento/Barragem 28

2.3.3.3 Crista 28

2.3.3.4 Ombreiras ou Encontros 29

2.3.3.5 Fundações 31

2.3.3.6 Reservatório 34

2.3.3.7 Vertedouro ou Extravasor 37

2.3.3.8 Comportas 38

2.3.3.9 Canal de Fuga 43

2.3.3.10 Canal da Ictiofauna 45

2.3.3.11 Tomada d'água 46

2.3.3.12 Túnel de Adução 48

2.3.3.13 Chaminé de Equilíbrio 49

2.3.3.14 Conduto Forçado / Tubulação Adutora 50

2.3.3.15 Casa de Máquinas 51

2.3.3.16 Subestação Transformadora/Elevadora 53

2.3.3.17 Equipamentos 54

2.3.3.18 Equipamentos de apoio motorizados 55

2.3.3.19 Equipamentos de uso, fardamento e EPIs 56

2.3.3.20 Instrumentação 56

2.3.4 Características Hidrológicas, Geológicas e Sísmicas 58

2.3.4.1 Características Hidrológicas e Climáticas 58

2.3.4.2 Geológicas 61
2.3.4.3 Sismos 62
2.3.5 Resumo das Características Gerais da Barragem e das Estruturas Associadas 63
2.4 INDICAÇÃO DA ENTIDADE RESPONSÁVEL PELA REGRA OPERACIONAL DO RESERVATÓRIO 66
3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E QUALIFICAÇÃO TÉCNICA DOS PROFISSIONAIS DA EQUIPE DE SEGURANÇA DA BARRAGEM 67
3.1 ORGANOGRAMA FUNCIONAL 68
3.2 RELAÇÃO DE EQUIPE TÉCNICA: QUALIFICAÇÃO TÉCNICA E RESPONSABILIDADES . 70
3.3 RESPONSABILIDADES 71
3.3.1 Diretor 71
3.3.2 Responsável Técnico: Operação, Manutenção, Inspeção e Segurança da Barragem 72
3.3.3 Consultoria Interna 72
3.3.4 Consultoria Externa 73
3.3.5 Operadores 73
3.4 TREINAMENTO 74
4 DOCUMENTOS TÉCNICOS DA IMPLANTAÇÃO, DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM 77
4.1 DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO, DA CONSTRUÇÃO E DA OPERAÇÃO 78
5 MANUAIS DE PROCEDIMENTOS: OPERAÇÃO, INSPEÇÕES DE SEGURANÇA, MANUTENÇÃO E EQUIPAMENTOS DA BARRAGEM 80
5.1 MANUAL DE OPERAÇÃO DA PCH SALTO FORQUETA 80
5.2 MANUAL E/OU PLANO DE MANUTENÇÃO DA PCH SALTO FORQUETA 80
5.3 MANUAL DE EQUIPAMENTOS DA PCH SALTO FORQUETA 81
5.4 MANUAL DE PROCEDIMENTOS DOS ROTEIROS DE INSPEÇÃO 81
5.4.1 Inspeções Regulares 82
5.4.1.1 Diretrizes e Orientações Gerais 83
5.4.2 Inspeções Especiais ou Emergenciais 87
5.4.2.1 Diretrizes e Orientações 89
5.4.3 Revisões Periódicas de Segurança 91
5.4.3.1 Diretrizes e Orientações 93
5.4.4 Rotinas de Inspeção/Monitoramento Periódicas Aplicadas na PCH Salto Forqueta 102

6 REGRA OPERACIONAL DOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA DA BARRAGEM 105

6.1 COTAS OPERACIONAIS 105

6.1.1 Despacho de Carga 106

6.1.2 Precipitação acima do Normal 106

6.1.3 Enchentes 106

6.2 MANUAL DE PROCEDIMENTOS PARA TOMADA DE ÁGUA E DESCARREGADOR DE FUNDO 107

6.2.1 Esquema Operacional 107

6.2.2 Esquema Operacional Emergencial 107

6.2.3 Procedimentos de Proteção 107

6.2.4 Acompanhamento de Assoreamento do Reservatório 107

7 PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE) 109

8 RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA 111

9 REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA 112

10 QUADRO RESUMO DA DOCUMENTAÇÃO COMPLETA DO EMPREENDIMENTO 113

11 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS 116

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo no rio Forqueta. 17
Figura 2 - Mapa de localização da PCH Salto Forqueta desde a BR 386. 18
Figura 3 - Mapa em detalhe da PCH Salto Forqueta sobre imagem de satélite. 19
Figura 4 - Esquema de acesso a PCH Salto Forqueta. 20
Figura 5 – Esquema de identificação e localização das principais estruturas da PCH Salto Forqueta. 22
Figura 6 - Vista frontal da barragem datada de 2012. 28
Figura 7 - Vista frontal do barramento desde o acesso principal a estrutura. 28
Figura 8 - Registro de montante para jusante do barramento - detalhe da crista. 29
Figura 9 - Ilustração do material e das características visuais da ombreira esquerda. 30
Figura 10 - Ilustração do material e das características visuais da ombreira direita. 30
Figura 11 - Vista geral com caracterização visual da geomorfologia local. 31
Figura 12 – Detalhe do perfil geológico na ombreira esquerda (montante p/ jusante). 31
Figura 13 – Detalhe do perfil geológico do local de execução da ombreira direita (anterior ao início das obras). 32
Figura 14 - Visualização do avanço da execução da ombreira esquerda do barramento sobre rocha alterada. 33
Figura 15 - Características do perfil geológico no ponto de execução do túnel de tomada d'água. 33
Figura 16 - Visão aérea do lago/reservatório da PCH Salto Forqueta. 37
Figura 17 - Lago/reservatório e barramento da PCH Salto Forqueta em condição de nível normal (sem extravasar pelo vertedouro). 37
Figura 18 - Ilustração do vertedouro em sua face de jusante. 38
Figura 19 - Pistão de acionamento da comporta de fundo. 39
Figura 20 - Registro fotográfico das adufas, sendo que a da esquerda se transformou em comporta de fundo e a direita foi selada. 40
Figura 21 – Adufa, posteriormente utilizada como comporta de fundo, fechada para início do enchimento da barragem. 40
Figura 22 - Registro fotográfico da comporta de tomada d'água em fase de execução. 41
Figura 23 - Registro fotográfico da execução do túnel de tomada d'água. 42
Figura 24 - Registro fotográfico do canal de fuga, junto a casa de força, onde pode-se verificar pelo menos uma das comportas. 43
Figura 25 - Registro fotográfico do canal de fuga em execução. 44
Figura 26 - Registro fotográfico geral da localização do canal de fuga sob a casa de máquinas. 44

Figura 27 - Registro fotográfico da vista completa do canal da ictiofauna, executado na PCH Salto Forqueta. 45
Figura 28 - Vista frontal identificando dimensões do canal da ictiofauna PCH Salto Forqueta. 46
Figura 29 - Vista frontal identificando as características na saída do barramento do canal da ictiofauna. 46
Figura 30 - Registro fotográfico de localização e situação do ponto de tomada d'água e da sua casa de comando. 47
Figura 31 - Registro fotográfico de ilustração da casa de comando e dos equipamentos instalados junto ao ponto de tomada d'água. 47
Figura 32 - Registro fotográfico do dispositivo de Tomada D'água. 48
Figura 33 - Registro fotográfico do túnel de adução, obtido durante uma visita de inspeção. 49
Figura 34 - Registro fotográfico da chaminé de equilíbrio executada para a PCH Salto Forqueta. 50
Figura 35 - Registro fotográfico da tubulação de adução. 51
Figura 36 - Registro fotográfico da casa de máquinas da PCH Salto Forqueta (Fundos). 52
Figura 37 - Registro fotográfico da casa de máquinas da PCH Salto Forqueta (Frente). 52
Figura 38 - Registro fotográfico de ilustração da subestação de energia. 53
Figura 39 - Medidor de vazão com vertedouro retangular. 57
Figura 40 - Medidor de deslocamento tri-ortogonal instalado na PCH Salto Forqueta. 58
Figura 41 - Gráfico da curva de permanência de vazões mensais elaborada para fins do projeto da PCH Salto Forqueta. 60
Figura 42 – Organograma da Equipe de Operação e Segurança da PCH Salto Forqueta. 69

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de identificação do empreendedor, do empreendimento e do responsável técnico. 15

Quadro 2 - Ficha técnica da barragem. 24

Quadro 3 - Características do clima na área de estudo. 58

Quadro 4 – Dados para construção da Curva de Permanência de Vazões. 60

Quadro 5 – Resumo das informações de Caracterização da PCH Salto Forqueta. 63

Quadro 6 - Qaudro de contatos da PCH e do empreendedor. 71

Quadro 7 - Atribuições dos operadores. 74

Quadro 8 - Quadro resumo da disponibilizadade de estudos, projetos e documentos pertinentes a operação da PCH Salto Forqueta. 78

Quadro 9 - Quadro de classes de classificação de Risco e Dano da ANEEL. 82

Quadro 10 - Periodicidade da realização de Inspeções em barragens conforme Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023. 83

Quadro 11 - Periodicidade da realização de Revisões Periódicas de Segurança em barragens conforme Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023. 92

Quadro 12 - Quadro de atividades a serem desenvolvidas em estudos hidrológios. 94

Quadro 13 - Atividades a desenvolver nos estudos do comportamento da fundação e do reservatório. 95

Quadro 14 - Avaliação dos elementos disponíveis relativos às estruturas extravasoras e de operação a desenvolver em função do porte da barragem. 96

Quadro 15 - Avaliação de aspectos específicos de barragens de concreto a desenvolver em função do porte da barragem. 98

Quadro 16 - Revisão dos procedimentos de operação e manutenção a desenvolver em função do porte da barragem. 99

Quadro 17 - Dimensionamento da equipe técnica em função do porte da barragem. 101

Quadro 18 - Quadro resumo da disponibilizadade de estudos, projetos e documentos pertinentes a operação da PCH Salto Forqueta. 114

INDÍCE DE TABELAS

Tabela 1 - Dados para elaboração da cota x volume e cota x área inundada. 34

Tabela 2 - Lista de profissionais e qualificação técnica destes vinculados a equipe de segurança e operação da PCH Salto Forqueta. 70

Tabela 3 - Equipe Técnica mínima a ser alocada para desenvolvimento de inspeções especiais de segurança em função do tipo de anomalia e/ou evento. 90

1 APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o Plano de Segurança de Barragem (PSB) elaborado para a PCH Salto Forqueta (PCHSF), de concessão da CERTEL (Cooperativa de desenvolvimento Teutônia). A elaboração do PSB é objeto do Contrato Nº CE 1.012/2017.

A segurança de barragens é um aspecto fundamental para todas as entidades envolvidas, como as autoridades legais e os empreendedores, bem como os agentes que lhes dão apoio técnico nas atividades relativas à concepção, ao projeto, à construção, ao comissionamento, à operação e, por fim, ao descomissionamento (desativação), as quais devem ser proporcionais ao tipo, dimensão e risco envolvido.

A segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros, sendo o empreendedor o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la. Neste sentido, surge como instrumento de segurança a elaboração de um Plano de Segurança de Barragem.

Para garantir condições de segurança em barragens, ao longo da sua vida útil, devem ser adotadas medidas de prevenção e controle dessas condições. Essas medidas asseguram uma menor probabilidade de ocorrência de acidentes e, quando complementadas com medidas de defesa civil, tendem a minorar também as consequências de possíveis acidentes, especialmente em casos em que se associam danos potenciais mais altos.

Desta forma, visando a segurança de barragens, diversos instrumentos foram criados/definidos na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), dentre eles tem-se previsto no art. 6º, inciso II, da Lei nº 12.334/2010, o Plano de Segurança de Barragem (PSB), cujo objetivo é auxiliar o empreendedor na gestão da segurança. O PSB é de implementação obrigatória pelo empreendedor que opera barramentos que apresentem volume de água acumulado superior a 3 milhões de metros cúbicos, ou que tenha 15 metros de altura de barramento, ou ainda classificada como de “Dano Potencial Associado” na categoria Alto.

Neste sentido, a elaboração deste PSB teve por objetivo padronizar, organizar e planejar os procedimentos que auxiliarão na gestão de segurança da barragem, facilitando as tomadas de decisões que influenciam diretamente a segurança de barragem da PCH Salto Forqueta. Sua elaboração, está em acordo com as determinações e critérios para formulação do Plano de Segurança de Barragens fiscalizadas pela ANEEL, satisfazendo as exigências da LEI 12.334 de 20 de setembro de 2010 e a Resolução Normativa Nº 696, de 15 de dezembro de 2015.

A implantação do PSB proporcionará ao empreendedor e ao órgão regulador (ANEEL) uma melhor organização das informações sobre a barragem, facilitando o trabalho dos técnicos para o monitoramento da barragem, garantindo à segurança da população a jusante.

O PSB da PCH Salto Forqueta, apresentado neste documento, traz os dados técnicos da barragem referente a construção, operação, manutenção. Além disso traz o panorama do estado atual da segurança por meio das inspeções realizadas, os manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e o Plano de Ação Emergencial (PAE) existente.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizados diversos levantamentos de documentos, entrevistas informais com os responsáveis e operadores da barragem, além da aplicação de conhecimentos técnicos sobre a estrutura obtidos em visitas técnicas.

A reunião de informações, a caracterização e o planejamento de procedimentos vinculados a segurança da PCH Salto Forqueta culminaram na elaboração de um PSB que reúne um conjunto de diretrizes técnicas apresentadas com objetividade, simplicidade e linguagem clara, que auxiliará o corpo técnico envolvido na elaboração de procedimentos de avaliação de segurança da barragem.

O Plano de Segurança da PCH Salto Forqueta, conforme determinação da resolução normativa 696/2015, deverá ser atualizado em decorrência das inspeções regulares e especiais e das Revisões Periódicas de Segurança da Barragem, incorporando suas exigências e recomendações e sempre que forem alteradas ou inseridas informações pertinentes ao Plano.

Este PSB foi segmentado em seis **VOLUMES,** conforme metodologia elaborada e difundida pela ANA (Manual do Empreendedor Volume I, 2016), a fim de adequar-se a formatação estabelecida e já reconhecida nas discussões e meios técnicos pertinentes ao tema. Portanto, o documento encontra-se segmentado da seguinte maneira:

VOLUME I - Informações Gerais, Classificação da Barragem e Documentos e Informações Técnicas do Empreendimento;

VOLUME II – Documentação Técnica do Empreendimento;

VOLUME III - Planos e Manuais de Procedimentos: Operação, Manutenção e Segurança da PCH;

VOLUME IV – Registros e Controles;

VOLUME V – Plano de Ações de Emergência (PAE); e

VOLUME VI – Relatórios de Inspeção e Revisões Periódicas de Segurança da Barragem.

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PCH SALTO FORQUETA

VOLUME I

Informações Gerais, Classificação da Barragem e Documentos Técnicos do Empreendimento

COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TEUTÔNIA - CERTEL ENERGIA

2 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

Neste item estão apresentadas informações de caracterização do empreendedor, diversos dados gerais do empreendimento, sua ficha técnica encaminhada a AGERGS com a classificação de risco da PCH Salto Forqueta, a localização do empreendimento, os acessos ao empreendimento e as características dos principais elementos e estruturas da barragem e da usina.

2.1 Classificação da Barragem quanto a Risco e Dano Potencial Associado

A barragem da PCH Salto Forqueta foi classificada com base na Matriz de Classificação apresentada no Anexo II da Resolução Normativa n° 696, de 15 de dezembro de 2015 da ANEEL. O formulário de classificação avalia os riscos em alto, médio e baixo e o dano potencial em alto, médio e baixo, com base nas características técnicas, no estado de conservação, no plano de segurança da barragem e em informações e estimativas de danos em potencial.

A partir do preenchimento do formulário técnico da ANEEL definiu que a barragem da PCH Salto Forqueta está classificada como de **Baixo Risco** e **Médio Dano Potencial Associado**, sendo, portanto, classificada como **CLASSE C**. Essa classificação foi realizada pelo Engenheiro Civil Rodrigo da Cas, CREA RS 212.636 (Responsável Técnico pela segurança da PCH Salto Forqueta), e foi realizada em 25/01/2018 e encaminhada para ANEEL em 31/01/2018.

Contudo, este PSB está sendo entregue na forma de um documento formal onde estão estabelecidas as ações a serem executadas visando à manutenção da integridade física da barragem, bem como, em caso de emergência, as considerações e obrigações impostas pela ANEEL, através da Resolução Normativa n° 696/2015, para a classe em que se encontra a PCH Salto Forqueta, ou seja, CLASSE C.

2.2 Caracterização/Identificação do Empreendedor

A totalidade das informações de identificação do empreendedor estão apresentadas no Quadro 1. As informações apresentadas estão em acordo com o cadastro do empreendedor realizado junto a ANEEL e disponibilizado pelo contratante.

Quadro 1 - Quadro de identificação do empreendedor, do empreendimento e do responsável técnico.

I - EMPREENDEDOR:		
Razão Social: Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – CERTEL		
Denominação da Empresa Outorgada: Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – CERTEL		
Identificador ANEEL do Agente: 9416		
CNPJ: 09.257.558/0001-21		
Nome Representante Legal da Empresa: Erineo José Hennemann		
Figura Jurídica:		
☐ Pessoa Física		
☐ Empresa Privada		
☐ Empresa Pública		
☐ Sociedade de economia		
☐ Autarquia		
☐ Administração direta		
■ Outros: **COOPERATIVA**		
Endereço: Rua Pastor Hasenack	**n°:** 370	**Bairro:**
CEP: 95890-000	**Município/UF:** Teutônia/RS	
Telefone: (51) 3762-5516	**E-mail:** geração@certel.com.br	
II - EMPREENDIMENTO/IDENTIFICAÇÃO BARRAGEM:		
Nome da Usina: Salto Forqueta		
Identificador ANEEL da Usina: 27713		
Curso d'água Barrado: Rio Forqueta		
Latitude: -29°04'47,61" S	**Longitude:** 52°12'34,56"	
Datum: SAD-69		
Ano Conclusão da Obra: 05/10/2002		
Ano Início Operação: 2002		
Projetista: Empresa Rischbieter		
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		
Nº Total de barramentos da Usina: 01		
III – RESPONSÁVEL TÉCNICO:		
Nome: Rodrigo da Cas		
Anotação de Responsabilidade Técnica (ART nº 9488727)		

Cargo: Analista de Projetos Civis de Usinas – Engenheiro Civil – Responsável Técnico pela Segurança da Barragem, com Registro no CREA/RS nº 212.636	
Telefone: (51) 3762-5516	E-mail: rodrigo_cas@certel.com.br

2.3 Caracterização e Dados Técnicos do Empreendimento

A Pequena Central Hidrelétrica Salto Forqueta (PCHSF) é uma barragem do tipo soleira livre, outorgada para a Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – CERTEL, que entrou em operação no mês de dezembro de 2002 (oficialmente no dia 06/12/2012).

Segundo as diretrizes da Resolução Normativa Nº 673 de 4 de agosto de 2015, PCH são empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio. Uma vez que a barragem de Salto Forqueta tem sua produção estimada em 6,08 MW ela se enquadra como PCH, nomenclatura que será adotada neste documento.

A montante da PCH Salto Forqueta, está executada e operando a PCH Rastro de Auto (também de propriedade da CERTEL). Ela está situada a aproximadamente 8,0 km acima da PCH Salto Forqueta pelo eixo do curso d'água. Já, a jusante, não existem outras barragens executadas, pelo menos até a confluência do rio Forqueta com o Rio Taquari.

Ao longo deste item de caracterização são descritas, comentadas e ilustradas por registros fotográficos, de forma singular e em itens específicos, diversas características da PCH Salto Forqueta, contemplando desde sua localização e acessos, até a descrição de suas principais características, que posteriormente são resumidas em um QUADRO RESUMO (Quadro 5), apresentado no item 2.3.5.

2.3.1 Localização e Acessos

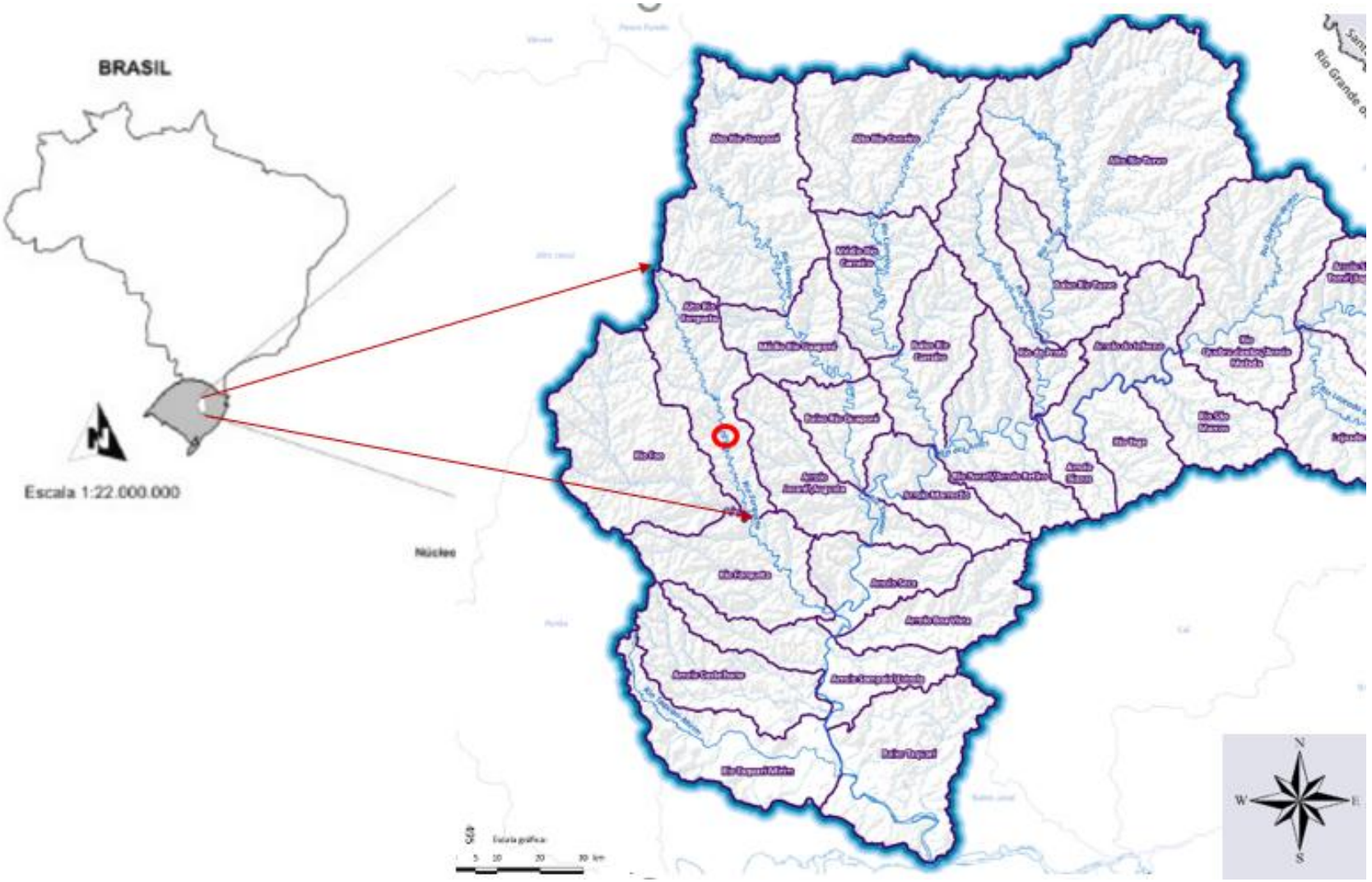
A PCH Salto Forqueta, localiza-se nos municípios de Putinga (margem esquerda) e São José do Herval (margem direita), com as coordenadas S -29°04'47,61" S e -52°12'34,56" W (SIRGAS 2000).

O principal acesso para a PCH Salto Forqueta é através da BR – 386, tomando-se a direita para quem vai no sentido Lajeado/RS – Soledade/RS nas proximidades do km 286.

Os acessos para a barragem Salto Forqueta são por estradas vicinais de terra (aproximadamente 10km), em condições razoáveis. Diz-se isto, pois em eventos de precipitações torrenciais, o nível da barragem se eleva e a ponte de acesso pode ficar submersa.

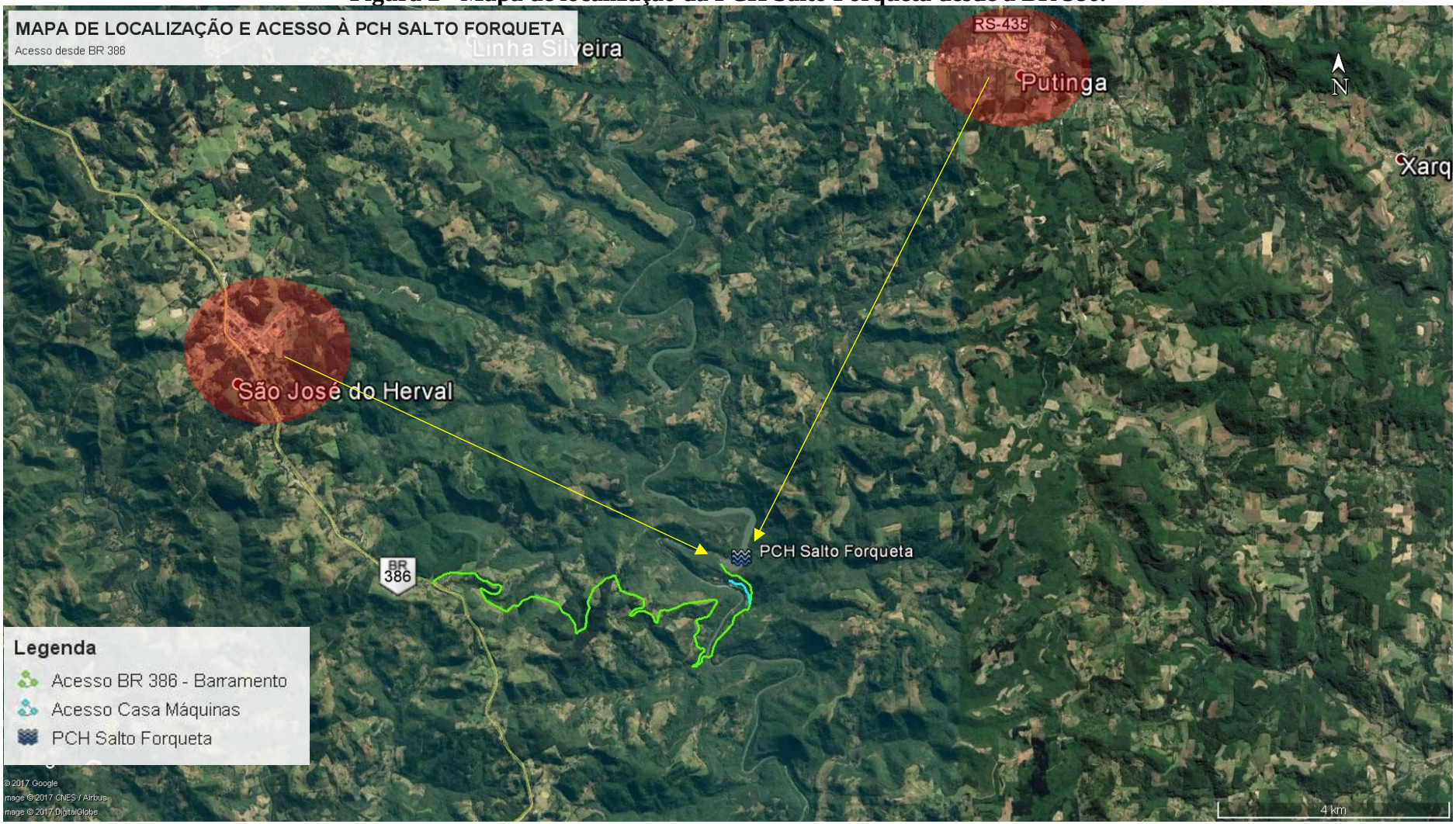
A Figura 1 apresenta a macrolocalização da barragem sobre a Bacia Hidrográfica do Taquari Antas, microbacia do Rio Forqueta. A Figura 2 apresenta a localização da PCH Salto Forqueta em uma imagem de satélite de alta resolução e a Figura 3 apresenta um detalhe do barramento também em imagem de satélite de alta resolução, ambas imagens disponibilizadas pelo Google Earth. As imagens são datadas de 22/07/2016.

Figura 1 - Localização da área de estudo no rio Forqueta.



Fonte: INFRA-GEO, 2018.

Figura 2 - Mapa de localização da PCH Salto Forqueta desde a BR 386.



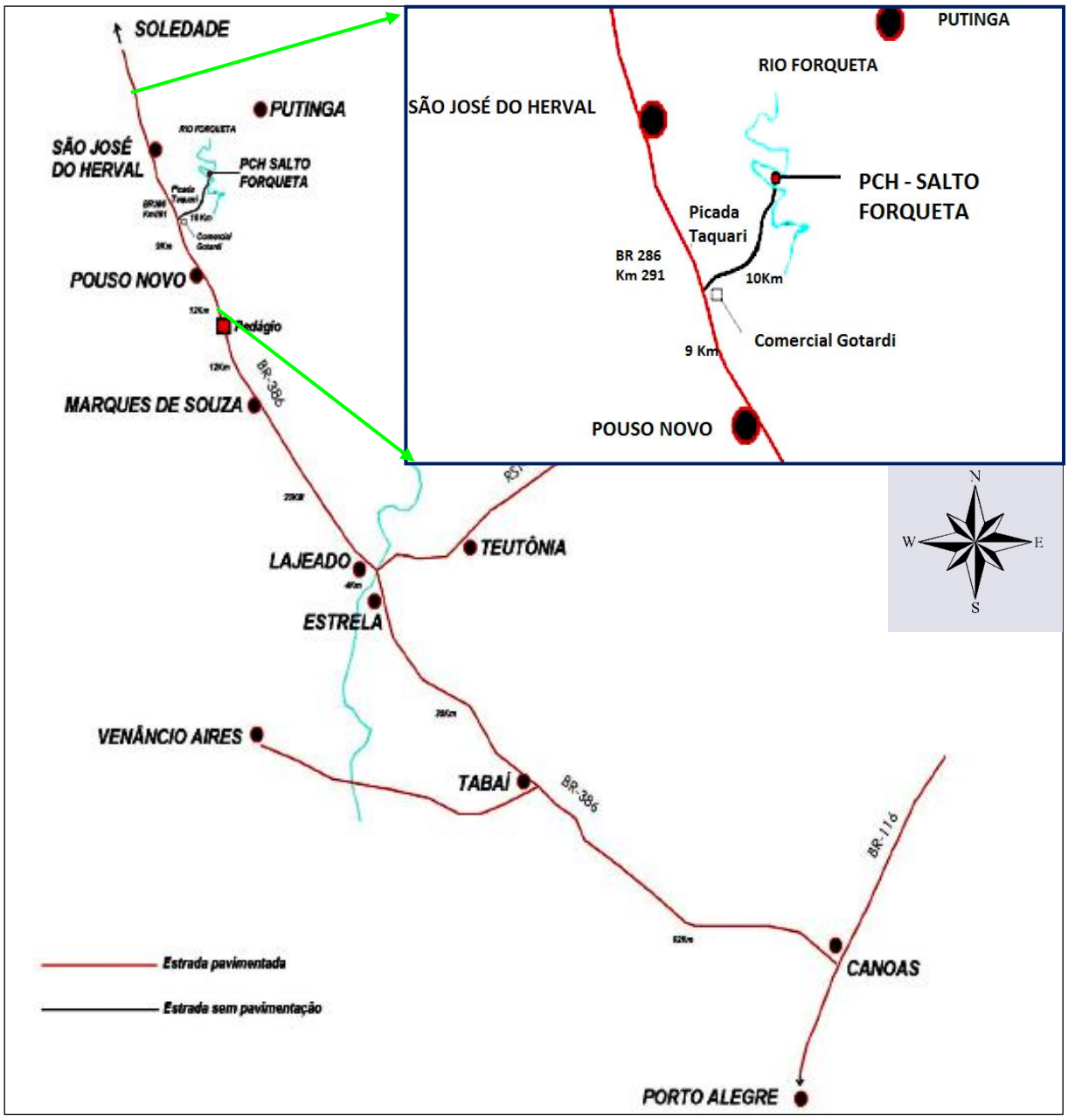
Fonte: Google Earth (imagem datada de 22/07/2016).

Figura 3 - Mapa em detalhe da PCH Salto Forqueta sobre imagem de satélite.

Fonte: Google Earth (imagem datada de 22/07/2016).

Além das imagens de satélite, apresenta-se na Figura 4, um mapa conceitual esquemático da via de acesso a PCH.

Figura 4 - Esquema de acesso a PCH Salto Forqueta.



Fonte: Manual de Operação – PCHSF CERTEL.

2.3.2 Indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes

O levantamento da área de entorno da barragem está baseado no manual de operação existente, em informações disponibilizadas pelo empreendedor, em visitas a barragem, além de verificações através de imagens de satélite. Também, está descrita a localização e delimitação da área do entorno das instalações físicas da barragem e os respectivos acessos para máquinas e equipamentos em casos de emergências.

O arranjo selecionado para o aproveitamento hidrelétrico é constituído pelas seguintes estruturas principais:

- Barragem localizada a aproximadamente 29,5 km a montante da foz do rio Fão, com coroamento na elevação 206,80 m.
- Adução constituída pelas seguintes estruturas:
  - Tomada d'água encaixada no maciço rochoso na lateral esquerda do reservatório;
  - Túnel, revestido, de seção arco-retângulo;
  - Chaminé de equilíbrio em concreto armado, com diâmetro interno de 6,00m.
  - Conduto forçado a céu aberto; e
  - Casa de máquinas situada a aproximadamente 2,5 km a jusante da barragem, aproveitando uma queda bruta de 33,54 m, com uma potência instalada total de 6,08 MW, na saída do gerador, subdivididas em duas unidades de 3.800 kVa.
    (Esta mesma casa de máquinas comporta o escritório de operação e sala de treinamentos)

A Figura 5 apresenta um esquema ilustrativo dos elementos da PCH e sua localização aproximada sobre uma fotografia aérea da área do empreendimento.

Figura 5 – Esquema de identificação e localização das principais estruturas da PCH Salto Forqueta.

Fonte: PAE, CERTEL, 2016.

O lago da barragem ocupa uma área de 34,60ha. Tem-se definição de que a área de preservação permanente da PCH Salto Forqueta é de 100m para cada lado do reservatório, com extensão total de aproximadamente 2,0km. 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, desenvolvido pela empresa Hack Soluções Ambientais, na data de 08/2014 e encaminhado a FEPAM, para conformidade com requisito da LO 7684/2010.

2.3.3 Descrição e Caracterização dos Elementos da PCH e das Estruturas Associadas

O empreendimento em questão possui a atividade licenciada para a geração de hidroeletricidade. A energia é gerada devido ao represamento do rio, com altura normal média de 19,5m (vertedouro em nível normal) e máxima de 25,5m (altura máxima das ombreiras nas faces de montante, após obras de 2011).

A queda da água provoca a movimentação das turbinas e estas, por sua vez, movimentam os geradores que produzem a energia elétrica.

Nos itens subsequentes serão apresentados os dados técnicos da barragem, ou seja, serão especificadas as principais características de cada um dos elementos já definidos como partes da estrutura da PCH Salto Forqueta, contemplando a descrição de suas respectivas informações técnicas.

2.3.3.1 Ficha Técnica da Barragem Encaminhada a AGERGS

A ficha técnica apresentada no Quadro 2 contém alguns dos principais dados de caracterização da PCH Salto Forqueta, citados de forma resumida, e na sequência as estruturas são descritas e caracterizadas singularmente.

Quadro 2 - Ficha técnica da barragem.

FICHA TÉCNICA			DATA DE INSPEÇÃO: 22/06/2007
IDENTIFICAÇÃO			
Nome da Usina:	SALTO FORQUETA	Empresa:	Cooperativa de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL
Situação:	Em Operação	Potência Instalada (MW):	6,08
Idade da barragem (anos)	21 anos	Tipo de material utilizado na barragem	Concreto ciclópico
Tipo de fundação	Rocha Alterada com injeção	Equipamentos de comunicação	Comunicação via rádio e Celular
Instrumentação usada e quantidade	Dois medidores de deslocamento tri–ortogonais e um medidor de vazão		
LOCALIZAÇÃO			
Município	Putinga/Margem esquerda e São José do Herval/Margem Direita	Estado	RS
Curso d'agua	Rio Forqueta	Latitude -29°4'47,61" S	Longitude 52º12'34,56"W
Sub-Bacia Nome/Código	Taquari/Antas / 86		
Bacia Nome/Código	Rio Forqueta / 8		
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS			
VAZÕES CARACTERÍSTICAS			
Vazão MLT (m³/s)	18,4	Vazão Sanitária (m³/s)	0,240
Vazão Firme 95% (m³/s)	2,62	Período do Histórico Completo:	1940 - 2000
Vazão Mínima Média Mensal (m³/s)	0,31	Área de Drenagem do Barramento (km²):	600,000
VAZOES EXTREMAS			
Vazão Máxima de Projeto (m3/s) (10.000 anos)	1802,1		
Vazão Máxima de Desvio (m*/s) (25/50 anos)	-		

FICHA TÉCNICA — DATA DE INSPEÇÃO: 22/06/2007

RESERVATÓRIO

NIVEIS D'ÁGUA DE MONTANTE

NA Máximo Excepcional (m)	210,80
NA Máximo Normal (m)	206,8
NA Mínimo Normal (m)	205,3

NIVEIS D'ÁGUA DE JUSANTE

NA Máximo Excepcional (m)	180,76
NA Máximo Normal (m)	173,26
NA Mínimo Normal (m)	172,76

ÁREAS INUNDADAS

No NA Máximo Excepcional (km³)	0,471
No NA Máximo Normal (km³)	0,346
No NA Mínimo Normal (km³)	0,319

VOLUMES

No N.A. Máximo Normal (hm³)	3,232
No N.A. Mínimo Normal (hm³)	2,810
Útil (hm³)	0,422
Abaixo da Soleira Livre do Vertedouro (hm³)	

BARRAGEM PRINCIPAL

CARACTERÍSTICAS

Tipo	Gravidade
Comprimento Total da Crista (m)	175,43
Altura Máxima (m)	29,5
Cota da Crista (m) (Antes 2011)	210,8
Cota da Crista (m) e Altura Máxima (m) - (Após obra de 2011)	211,8 e 30,5

VERTEDOURO

Características COMPORTAS

Tipo	KREAGER	Tipo	Vagão/Fundo
Capacidade (m³/s)		1802,1	
Largura (m)		3,5	
Cota da Soleira (m)		206,8	

TOMADA D' ÁGUA

Características COMPORTAS

Tipo	Tipo VAGAO
Altura (m)	12,0
Acionamento	Automático c/ Pistão Hidráulico
Comprimento Total (m)	6,0

FICHA TÉCNICA			DATA DE INSPEÇÃO: 22/06/2007
Altura (m)	3,4	Largura (m)	4,0
Comprimento Total (m)	95,5	Altura (m)	3,9
CANAL/TÚNEL DE ADUÇÃO/DESARENADOR		**CONDUTO FORÇADO**	
Características		**Características**	
Comprimento (m)	124,00	Diâmetro Interno (m)	2,85
Seção	Arco Retângulo	Número de Unidades	1,00
Base (m)	3,80	Comprimento (m)	76,00
Arco (m)	1,95		
CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO		**CASA DE FORÇA**	
Características		**Características**	
Diâmetro (m)	6,0	Tipo	Abrigada
Altura (m)	9,6	Unidades Geradoras	2,0
		Largura (m)	10,0
		Comprimento (m)	30,0
TURBINAS		**GERADOR**	
Tipo	FRANCIS DUPLA	Potência Nominal Unitária (MVA)	3,8
Quantidade 2	2,0	Tensão Nominal (kV)	6,6
Potência Nominal Unitária (MW)	3,2	Rotação Nominal (rpm)	514,0
Vazão Nominal Unitária (m3/s)	11,3	Fator de Potência	0,8
Rotação Síncrona (rpm)	514,0	Rendimento Máximo (%)	96,0
Rendimento Máximo (%)	92,0		
ESTUDOS ENERGÉTICOS E SISTEMA DE TRANSMISSÃO			
Potência da Usina (MW)	6,080	Tensão (kV)	69,0
Energia Firme (MW)	3,34	Extensão (km	30,0
Queda Bruta Máxima (m)	33,54	Local de Conexão	Subestação Canudos do Vale

FICHA TÉCNICA		DATA DE INSPEÇÃO: 22/06/2007
Queda Liquida de Referenda (m)	31,75	

FONTE: Relatório de Inspeção AGERGS, 2017.

2.3.3.2 Barramento/Barragem

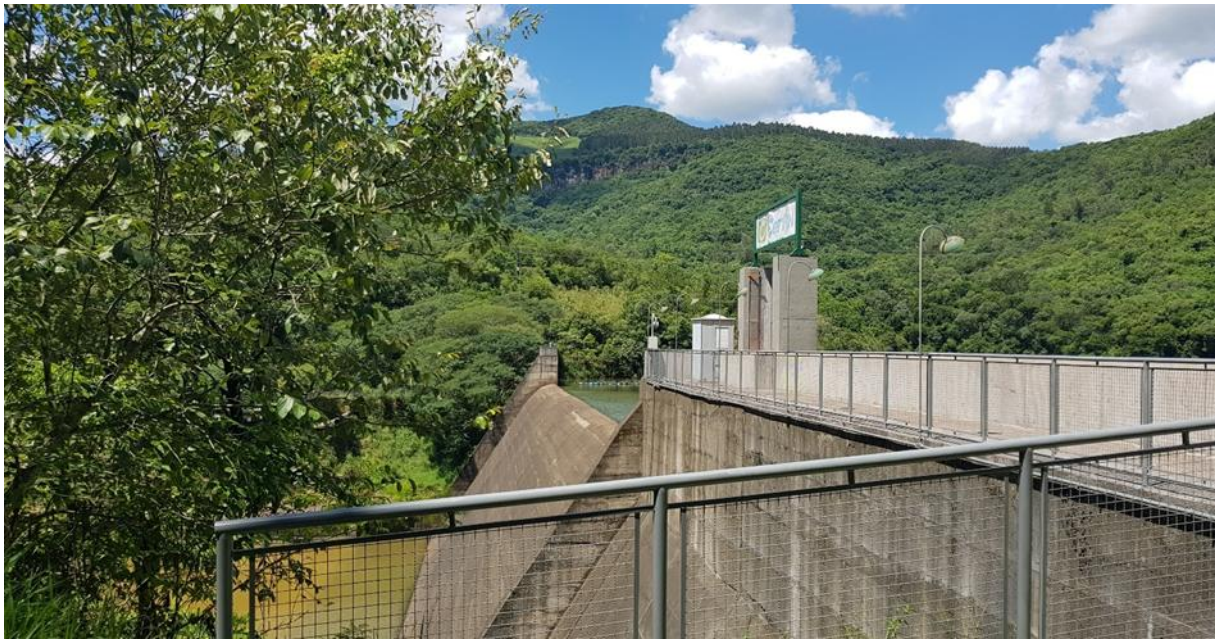
Dentre os elementos de uma barragem, o barramento é a estrutura principal de retenção. Como é de conhecimento geral, as barragens podem ser classificadas em diferentes tipos, de acordo com o seu objetivo, seu projeto hidráulico e os tipos de materiais empregados na sua construção.

A PCH Salto Forqueta, construída com objetivo de aproveitamento hidrelétrico, com seu barramento construído em concreto ciclópico do tipo gravidade e vertedouro de soleira livre do tipo Creager, é classificada como Barragem de Concreto de Gravidade. A ilustração do barramento pode ser observada nos registros fotográficos das Figura 6 e Figura 7.

Figura 6 - Vista frontal da barragem datada de 2012.

Fonte: CERTEL, 2012.

Figura 7 - Vista frontal do barramento desde o acesso principal a estrutura.



Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.3 Crista

Como a crista da barragem é também utilizada como vertedouro, esta não foi construída com objetivo de passagem de veículos ou função afim.

A crista da barragem da PCH Salto Forqueta, possui 175,43m de comprimento total, sendo 95,0m o comprimento total do vertedouro. Foi executada com altura máxima de 29,5m e altura do vertedouro de 25,50m, porém sofreu um acréscimo de 1,0m nas ombreiras após evento extremo ocorrido em 2010, chegando a altura máxima de 30,5m. A cota da crista da barragem, no vão de vertedouro é de 206,80m e nas ombreiras é 211,80m. A Figura 8, apresenta um registro fotográfico da estrutura vista de montante para jusante, onde observa-se o comprimento do barramento.

Figura 8 - Registro de montante para jusante do barramento - detalhe da crista.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.4 Ombreiras ou Encontros

As ombreiras ou encontros da PCH Salto Forqueta com a encosta local são compostas de material rochoso.

Ambas as ombreiras possuem 5,0m de altura acima do nível do vertedouro.

Os níveis da ombreira esquerda são:

- N.A máximo a montante: **211,80m**;
- N.A normal a montante: **211,80m**;
- N.A máximo a jusante: **210,80**;
- N.A normal a jusante: **210,80**;
- Nível médio da base (variável ao longo do comprimento total): **196,80m.**

Os níveis da ombreira direita estão descritos abaixo:

- N.A máximo a montante: **211,80m**;
- N.A normal a montante: **211,80m**;
- N.A máximo a jusante: **210,80m**;
- N.A normal a jusante: **210,80m**;
- Nível médio da base (variável ao longo do comprimento total): **200,30m.**

Os esquemas montados na Figura 9 e na Figura 10 ilustram o material da encosta das ombreiras esquerda e direita, quando na execução das mesmas e suas características visuais atuais.

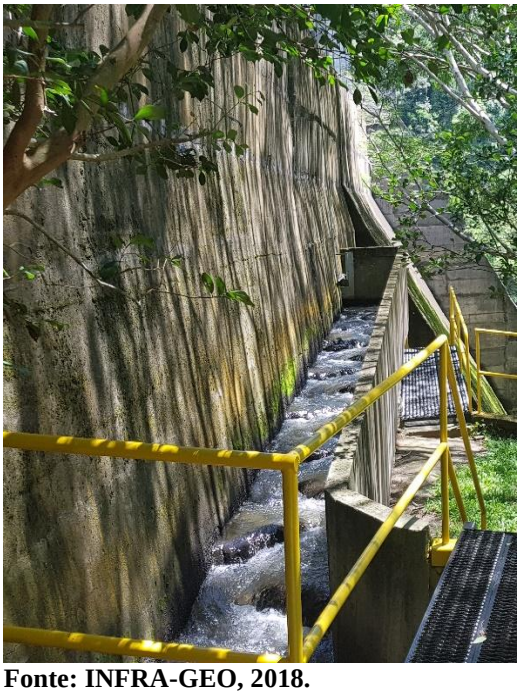
Figura 9 - Ilustração do material e das características visuais da ombreira esquerda.

Fonte: CERTEL, 2002.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

Figura 10 - Ilustração do material e das características visuais da ombreira direita.

Fonte: CERTEL, 2002.



Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.5 Fundações

A fundação da PCH Salto Forqueta foi executada sobre rocha alterada com injeção de nata de cimento. Os registros fotográficos históricos apresentados da Figura 11 até a Figura 15 dão conta de ilustrar as características da geomorfologia e geologia do local de execução das fundações da barragem. As figuras 12 até 18 são datadas de 2001 e 2002, obtidas na fase de execução das obras e apresentam um histórico da construção.

Figura 11 - Vista geral com caracterização visual da geomorfologia local.

Fonte: CERTEL, 2001.

Figura 12 – Detalhe do perfil geológico na ombreira esquerda (montante p/ jusante).

Fonte: CERTEL 2001.

Figura 13 – Detalhe do perfil geológico do local de execução da ombreira direita (anterior ao início das obras).

Fonte: CERTEL, 2001.

Figura 14 - Visualização do avanço da execução da ombreira esquerda do barramento sobre rocha alterada.

Fonte: CERTEL, 2002.

Figura 15 - Características do perfil geológico no ponto de execução do túnel de tomada d'água.

Fonte: CERTEL, 2001.

Entende-se como relevante para caracterização geológica local que sejam apresentados os perfis geológicos dos locais da execução das obras da PCH Salto Forqueta. Portanto, visando não reproduzir na integra a totalidade do relatório das sondagens executadas na área da barragem, apresenta-se no ANEXO 04 deste PSB (Pasta de documentos intitulada Estudos Hidrológicos e Geotécnico), os perfis, os registros fotográficos, assim como o relatório técnico contendo os resultados e a análise técnica das sondagens executadas para PCH Salto Forqueta pela Tecnosolo, empresa contratada para realizar o estudo.

2.3.3.6 Reservatório

O reservatório da Hidrelétrica Salto Forqueta abrange uma pequena área, pois, encontra-se encaixado na topografia montanhosa da região.

Seguindo a ordem cronológica de disponibilidade de dados e informações técnicas a respeito do reservatório, apresenta-se na Tabela 1 os dados de "cota *x* volume" e "cota *x* área alagada" do reservatório. Estes dados são oriundos dos estudos hidrológicos utilizados para fins da elaboração do projeto básico da PCH, desenvolvidos e entregues pela consultora.

Tabela 1 - Dados para elaboração da cota x volume e cota x área inundada.

Cota (m)	Área (m²)	Volume (m³)
204,00	344.000,00	2.700.000,00
204,20	349.500,00	2.274.000,00
204,40	354.600,00	2.430.000,00
204,60	359.800,00	2.495.000,00
204,80	364.900,00	2.570.000,00
205,00	370.100,00	2.650.000,00
205,20	374.000,00	2.730.000,00
205,40	377.800,00	2.810.000,00
205,60	381.700,00	2.890.000,00
205,80	385.500,00	2.974.000,00
206,00	389.400,00	3.057.000,00
206,20	393.200,00	3.141.000,00
206,40	397.100,00	3.226.000,00
206,60	400.900,00	3.311.000,00
206,80	404.800,00	3.396.000,00
207,00	408.600,00	3.482.000,00

Cota (m)	Área (m²)	Volume (m³)
207,20	412.500,00	3.568.000,00
207,40	416.400,00	3.653.000,00
207,60	420.200,00	3.738.000,00
207,80	424.100,00	3.822.000,00
208,00	427.900,00	3.906.000,00
208,20	431.700,00	3.989.000,00
208,40	435.600,00	4.071.000,00
208,60	439.500,00	4.153.000,00
208,80	443.300,00	4.234.000,00
209,00	447.200,00	4.317.000,00
209,20	451.000,00	4.399.000,00
209,40	454.900,00	4.481.000,00
209,60	458.800,00	4.567.000,00
209,80	462.600,00	4.652.000,00
210,00	466.500,00	4.742.000,00
210,20	471.500,00	4.834.000,00
210,40	476.400,00	4.930.000,00
210,60	481.400,00	5.029.000,00
210,80	486.400,00	5.131.000,00

Fonte: Estudos Hidrológicos e Dados do Projeto Básico.

Visando complementar as informações técnicas sobre o reservatório, solicitou-se a contratante por dados mais atuais do mesmo. Com isto, a contratante (CERTEL) disponibilizou dados atualmente tratados como mais precisos, sendo estes dados inclusive apresentados em documentos técnicos direcionados aos órgãos fiscalizadores e reguladores da atividade.

Desta forma, tem-se, segundo CERTEL, 2018, que a área alagada, total é de 34,60ha, informa ainda que a área da calha do Rio é de 10,32ha. O dado de área alagada provavelmente foi obtido em análise sobre imagem de satélite em cota próxima ou igual a normal do reservatório, ou seja, área obtida sobre vetorização em imagem de satélite do reservatório em cota aproximada de 206,80m, visto que uma avaliação rápida se utilizando de tal metodologia, com imagens datadas de 07/2016, retornou valor semelhante.

Ainda, em conformidade com as informações repassadas pela contratante (CERTEL), tem-se que a capacidade média máxima de acumulação do reservatório, a nível normal (cota 206,80m – crista do vertedouro), é de 3.232.000,00m³, conforme Formulário de Segurança de Barragem (FSB), encaminhado à ANEEL em 31/01/2018.

Já o volume máximo maximorium, não foi atualizado para cota 211,80m, sendo está a cota de capacidade máxima de reserva atual do reservatório (considerando altura das ombreiras). Porém, considerando a cota máxima anterior a obra de elevação de 1,0m de

ombreira, ou seja, considerando-se como cota máxima aquela de 210,80m, tem-se a estimativa pelos dados do estudo de projeto (conforme Tabela 1), de um volume máximo acumulado de 5.131.000,00m³.

Por fim, a cota mínima de operação da usina, ou seja, cota mais baixa em que se tem continuidade da adução para geração de energia é de 205,3m, ou seja, consiste na depleção de 1,5m em relação a cota normal do vertedouro. Nesta cota a estimativa de volume acumulado no reservatório é de 2.616.000,00m³, uma vez que o empreendedor estima que a redução de 1,5m, tem por consequência a redução do volume do reservatório aproximadamente 616.000,00m³.

Contudo, visto da grande disparidade dos dados e informações técnicas de projeto para com os dados atualmente utilizados como consistentes, sugere-se que a totalidade dos dados de "cota x volume" e "cota x área alagada", sejam atualizados, contemplando minimamente cotas ligeiramente abaixo das cotas mínimas operacionais e minimamente superiores as cotas máximas operacionais.

Em se tratando da operação de exploração hidrelétrica do reservatório, a PCH trabalha com as seguintes cotas operacionais:

- Cota de Nível Mínima Operacional: 205,3m em relação ao nível do mar;
- Cota do Nível Normal Operacional: 206,8m em relação ao nível do mar;
- Cota do Nível Máximo Normal: 206,8 em relação ao nível do mar; e
- Cota do Nível Máximo Maximorium: 211,8m em relação ao nível do mar (Cota alterada em função de acréscimo de 1,0 na face de montante do barramento em meados de 2011).

Em cota máxima de acumulação a largura máxima do reservatório da PCH é estimada em 180 m, muito em função do já descrito, que o lago se desenvolve encravado no relevo local montanhoso.

Porém, em virtude da forma de acumulação, tem-se profundidades mais relevantes, sendo que a Profundidade máxima é de 28,50m e a profundidade média é de 15,23 m.

Alguns dados técnicos ainda não relatados sobre o reservatório são apresentados resumidamente nos itens a seguir:

- Regularização diária no período seco: **5h50min;**
- Largura máxima: **180m; e**
- Vazão remanescente: **0,24m³/s.**

A Figura 16 ilustra o lago da PCH em uma vista aérea, por uma imagem de satélite, já a Figura 17 ilustra em detalhe o lago do reservatório e o barramento da PCH Salto Forqueta, em seu nível normal, sem extravasar para o vertedouro.

Figura 16 - Visão aérea do lago/reservatório da PCH Salto Forqueta.

Fonte: Google Earth, 22/07/2016.

Figura 17 - Lago/reservatório e barramento da PCH Salto Forqueta em condição de nível normal (sem extravasar pelo vertedouro).

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.7 Vertedouro ou Extravasor

O vertedouro da PCH Salto Forqueta é do tipo Creager. A altura da soleira do vertedouro da PCH Salto Forqueta é classificada como soleira livre, ou seja, o nível de água de jusante é inferior a crista.

O vertedouro foi construído até o nível máximo de projeto de 206,80m e possui comprimento total de 95,00m, altura de 25,00m, suportando até 5,0m de lâmina d'água acima de sua cota máxima.

Os níveis de caracterização do vertedouro são:

- N.A máximo a montante: **206,80m**;
- N.A normal a montante: **203,80m**;
- N.A máximo a jusante: **190,80m**;
- N.A normal a jusante: **189,80m**;
- Nível da base: **185,80m.**

O vertedouro da PCH Salto Forqueta localiza-se ao longo da extensão do barramento. A dissipação da energia da água, importante para reestabelecer o fluxo no rio, de forma a evitar erosões criadas pela velocidade excessiva ou pela formação de ondas, para quando o vertedouro está operante, se dá através de uma laje de concreto executada junto ao pé do barramento.

O vertedouro foi dimensionado para suportar lâmina d'água de até 4,0m acima de sua cota de crista. A vazão máxima do vertedouro nesta cota de 210,8m é de 1.802,10 m³/s, representando a vazão com período de retorno (TR) de 1000 anos (milenar). Já capacidade máxima de descarga do vertedouro ou também "*ultimate capacity*" é de 2.648,55 m³/s.

Uma ilustração do vertedouro em janeiro de 2018 está apresentada na Figura 18.

Figura 18 - Ilustração do vertedouro em sua face de jusante.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.8 Comportas

A PCH Salto Forqueta conta com comporta de fundo, comporta na Tomada d'água e comporta no canal de fuga.

A comporta de fundo é do tipo Stop-Log/vagão, modelo CAH 11,90 e possui as dimensões de 3,4m x 4,0m. Esta comporta nunca foi operada desde a inauguração da barragem. A Figura 19 ilustra o pistão de acionamento da comporta de fundo, instalado sobre a crista da barragem, a Figura 20 ilustra o local de execução da comporta de fundo, quando ainda aberto durante as obras da barragem (antiga adufa do lado direito na imagem) e a Figura 21 ilustra a comporta instalada junto a base do barramento.

Figura 19 - Pistão de acionamento da comporta de fundo.

Fonte: CERTEL, 2002.

Figura 20 - Registro fotográfico das adufas, sendo que a da esquerda se transformou em comporta de fundo e a direita foi selada.

Fonte: CERTEL, 2002.

Figura 21 – Adufa, posteriormente utilizada como comporta de fundo, fechada para início do enchimento da barragem.

FONTE: CERTEL, 2002.

A comporta da Tomada D'Água é do tipo Stop-Log, modelo CAH 16,0 com as dimensões de 4,0mx4,0m. A Figura 22, ilustra as características visuais da comporta, registradas durante a execução das obras do empreendimento e a Figura 23 ilustra a estrutura, também em fase de execução da obra, porém sem a grade de proteção, onde pode-se verificar as dimensões do túnel.

Figura 22 - Registro fotográfico da comporta de tomada d'água em fase de execução.

Fonte: CERTEL, 2002.

Figura 23 - Registro fotográfico da execução do túnel de tomada d'água.

Fonte: CERTEL, 2002.

Por fim, o canal de fuga, possui duas comportas do tipo Stop-Log, modelo CAH 10,65 e com as dimensões de 3,55m x 3,00m.

O registro fotográfico apresentado na Figura 24 apresenta as características do canal de fuga e suas comportas.

Figura 24 - Registro fotográfico do canal de fuga, junto a casa de força, onde pode-se verificar pelo menos uma das comportas.

Fonte: CERTEL.

2.3.3.9 Canal de Fuga

O canal de fuga, com função de devolver a água utilizada ao leito natural do rio é do tipo escavado. Este canal possui 23,50m de largura e 10,50m de comprimento e é dotado de dois stop-log's.

O nível de água internamente ao canal é variável em função do nível de água da própria barragem e das regras de operação.

A Figura 25 apresenta um registro fotográfico da época de execução do barramento, ilustrando o canal de fuga em execução. Já na Figura 26, apresenta-se um registro fotográfico do mesmo já finalizado e operando, quando em atividades de manutenção da casa de força. Por fim, vale a chamada do registro fotográfico apresentado na Figura 24, que ilustra o canal de fuga durante atividades de manutenção e limpeza do mesmo.

Figura 25 - Registro fotográfico do canal de fuga em execução.

Fonte: CERTEL, 2002.

Figura 26 - Registro fotográfico geral da localização do canal de fuga sob a casa de máquinas.

Fonte: INFRA-GEO, 2010.

2.3.3.10 Canal da Ictiofauna

O canal da ictiofauna tem por objetivo atuar como passagem dos peixes do reservatório para a continuação do rio.

O canal da ictiofauna da barragem de Salto Forqueta tem 300 metros de comprimento, 2,20m de largura, com vão de 1,20m de altura num desnível total de 20,0m. Para sua execução foram necessários 378,54m³ de concreto.

O canal pode ser visualizado pelos registros fotográficos apresentados na Figura 27, Figura 28 e Figura 29.

Figura 27 - Registro fotográfico da vista completa do canal da ictiofauna, executado na PCH Salto Forqueta.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

Figura 28 - Vista frontal identificando dimensões do canal da ictiofauna PCH Salto Forqueta.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

Figura 29 - Vista frontal identificando as características na saída do barramento do canal da ictiofauna.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.11 Tomada d'água

A Tomada d'água instalada junto à Barragem da PCH Salto Forqueta tem a função de captar a água que é conduzida às turbinas e direcioná-la ao túnel de adução.

O elemento de tomada d'água é do tipo vagão e possui no total 12,0m de altura por 5,0m de largura e foi executado sobre aplicação de 441,73m³ de concreto. A comporta, pesando 6,4 toneladas, com passagem livre da água possui 4,0m x 4,0m e tem acionamento via pistão. O elemento ainda é dotado de uma grade fina de 4,0m x 7,0m com sistema limpa-grade automático.

A tomada de água conta também com uma casa de comando, medindo aproximadamente 5,0m x 4,0m, totalizando 20,0m² de ambiente.

Com as dimensões supracitadas, a tomada d'água é realizada até a cota superior de 211,80m. E a mínima de tomada de água é de 205,30m.

A vazão de engolimento da Tomada de água é de 22,60m³/s, com velocidade de passagem de água pela grade de 0,8m/s.

As Figura 30 e Figura 31 dão conta de ilustrar a localização e a situação do ponto de tomada de água, dos equipamentos instalados e da casa de comando de operação da tomada d'água. Já a Figura 32 ilustra o dispositivo executado na PCH Salto Forqueta, através de um registro fotográfico.

Figura 30 - Registro fotográfico de localização e situação do ponto de tomada d'água e da sua casa de comando.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

Figura 31 - Registro fotográfico de ilustração da casa de comando e dos equipamentos instalados junto ao ponto de tomada d'água.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

Figura 32 - Registro fotográfico do dispositivo de Tomada D'água.

FONTE: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.12 Túnel de Adução

Este túnel é responsável por ligar a Tomada D'Água a chaminé de equilíbrio e posteriormente a tubulação adutora que leva a Câmara de Carga. A PCH Salto Forqueta conta com um túnel do tipo Arco Retângulo Escavado em Rocha, protegido com concreto projetado.

O diâmetro médio do túnel é de 3,80m e o comprimento total é de 127,0m. A construção do túnel demandou a aplicação de aproximadamente 283,0m³ de concreto.

A água aduzida passa pelo túnel a uma velocidade média de 2,0m/s.

Para ilustrar as características visuais do túnel, apresenta-se na Figura 33, um registro fotográfico do túnel, durante a realização de uma inspeção das condições de manutenção das estruturas civis.

Figura 33 - Registro fotográfico do túnel de adução, obtido durante uma visita de inspeção.

Fonte: CERTEL.

2.3.3.13 Chaminé de Equilíbrio

A chaminé de equilíbrio, basicamente, tem a função de reduzir o excesso das pressões internas das tubulações de adução no momento da parada das turbinas.

A chaminé de equilíbrio executada para a PCH Salto Forqueta é do tipo Circular, construída em concreto armado. Para sua construção foi necessária aproximadamente 235,0m³ de concreto e 14,87 toneladas de ferro.

A chaminé com 14,0m de altura e 6,0m de diâmetro, possui capacidade para volume médio de 254,0m³ de água.

A ilustração da Chaminé de Equilíbrio da PCH Salto Forqueta está apresentada na Figura 34.

Figura 34 - Registro fotográfico da chaminé de equilíbrio executada para a PCH Salto Forqueta.

Fonte: CERTEL, 2010.

2.3.3.14 Conduto Forçado / Tubulação Adutora

A tubulação adutora, que tem função de direcionar a água para a casa de máquinas, possui 76,0m de comprimento com diâmetro de 2,85m e após bifurcação outros 30,0m de comprimento com diâmetro de 1,95m. Para execução desta tubulação foi necessária escavação de volume de 3.062,0m³ de solo, aplicação de 970,69m³ de concreto e 8,35t de ferro de construção.

A tubulação de adução é de aço (CO-SAR-COR) com alto teor de cobre em 5/16” e ¼”, pesando 64,89t.

A tubulação opera com uma velocidade do fluido internamente de 3,54m/s no diâmetro de 2,85m e de 3,77m/s no diâmetro de 1,95m.

A Figura 35 apresenta um registro fotográfico para ilustrar as características da tubulação, próximo à entrada da casa de máquinas.

Figura 35 - Registro fotográfico da tubulação de adução.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.15 Casa de Máquinas

A casa de máquinas é o local onde encontram-se as turbinas hidráulicas, geradores elétricos e demais dependências e equipamentos para controle elétrico e mecânico necessários para a geração de energia.

A casa de máquinas da barragem de Salto Forqueta, do tipo abrigada, com geradores de potência instalada de 6,08 MW e foi construída em concreto armado. Sua construção demandou 1.900,0m³ de concreto e 47,9 toneladas de ferro para construção.

A casa de máquinas, somada a sala de comando e a área de montagem possuem uma área superficial útil de 264,8 m², porém, a edificação possui um total de aproximadamente 450,0m² de área construída. A edificação de forma geral possui aproximados 20,10m de altura.

A sala de comando é anexa com a casa de máquinas e possui área de aproximadamente 154,0m² de 5,50m x 28m e altura de 2,75m.

A edificação foi construída levando em consideração a cota de proteção contra enchentes com período de retorno de 1.000 anos. A cota de proteção da construção é de 181,26m, porém o piso da sala de máquinas encontra-se na cota 173,76m e o piso da sala de comando a 181,26m.

A ilustração da parte externa da sala de máquinas faz-se apresentada nos registros fotográficos da Figura 36 e Figura 37.

Figura 36 - Registro fotográfico da casa de máquinas da PCH Salto Forqueta (Fundos).

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

Figura 37 - Registro fotográfico da casa de máquinas da PCH Salto Forqueta (Frente).

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.16 Subestação Transformadora/Elevadora

A especificações técnicas da subestação da PCH Salto Forqueta estão descritas nos itens a seguir.

- Tensão Primária: **6.600Volts;**
- Tensão Secundária: **69.000Volts;**
- Nº de Transformadores**: 01;**
- Fornecedor: **TRAFO;**
- Potência Instalada**: 7.600kVA;**
- Volumes de Escavação: **2.148,00m³;**
- Dimensões: **27m x 13m; e**
- Altura dos Pórticos: **13,8m.**

A Figura 38 ilustra a localização e as características visuais da subestação de energia operante nas proximidades da casa de máquinas.

Figura 38 - Registro fotográfico de ilustração da subestação de energia.

Fonte: INFRA-GEO, 2018.

2.3.3.17 Equipamentos

Os equipamentos da casa de máquinas estão listados a seguir, onde são descritas quantidades e suas especificações técnicas.

2.3.3.17.1 Turbinas Hidráulicas

A informações técnicas das turbinas instaladas na PCH Salto Forqueta estão descritas nos itens a seguir.

- Nº de unidades: **02 unidades;**
- Tipo: **Francis Dupla;**
- Potência Unitária: **3190Kw;**
- Queda líquida: **31,75m;**
- Rotação: **514rpm;**
- Vazão por turbina: **11,256m³/s;**
- Posição do Eixo: **Horizontal;**
- Diâmetro Válvula Borboleta: **1,95m;**
- Regulador de Velocidade: **eletrônico;**
- Diâmetro turbina: **4,47m;**
- Diâmetro volante: **2,26m;**
- Peso: **40t cada turbina;**
- Fornecedor: **HISA Hidráulica Industrial.**

2.3.3.17.2 Gerador Elétrico Síncrono

A informações técnicas do gerado elétrico da PCH Salto Forqueta estão descritas nos itens a seguir.

- Nº de unidades: **02 unidades;**
- Tipo: **Brushless;**
- Potência Unitária: **3800kVA;**
- Frequência: **60Hz;**
- Posição do Eixo: **Horizontal;**
- Largura: **3,60m;**
- Comprimento: **4,40m;**
- Altura: **3,50m;**
- Tensão: **6.600V;**
- Regulador de Tensão: **Eletrônico Reivax modelo RVX400;**
- Rotação: **514rpm;**
- Peso: **29t cada gerador;**
- Fornecedor: **Gevisa S/A.**

2.3.3.17.3 Hidromecânicos

A especificações técnicas dos equipamentos hidromecânicos da PCH Salto Forqueta estão descritas nos itens a seguir.

- Fornecedor: **Hacker;**
- **Ponte Rolante 25t, talha elétrica modelo PRH 25000;**
- **Comporta Vagão Fundo de Barragem, modelo CAH 11,90, 3,40mx3,50m;**
- **Comporta Stop-Log Tomada D'Água, modelo CAH 16,0, 4mx4m;**
- **Comporta Stop-Log Canal de Fuga, modelo CAH 10,65, 02 unidades de 3,55mx3,00m;**
- **Tubulação de aço SAC50, 30m Ø 1,95m, 76m Ø 2,85m;**
- **Limpa-grade automático hidráulico.**

2.3.3.17.4 Automação

- Supervisório principal/ retundante;
- Operação manual;
- Operação por potência gerada;
- Operação por gestão do reservatório;
- CLP (Controlador lógico programável) Central;
- CLP Tomada D'água / Limpa-Grade;
- CLP Regulador de Velocidade;
- CLP Regulador de tensão;
- Aquisição e verificação total de dados on line, status dos equipamentos, alarmes, medições e relatórios;
- Relés de proteção com comunicação com CLP Central; e
- Número de pontos monitorados: 300 pontos digitais e 50 pontos analógicos.

2.3.3.17.5 Telecomando

A hidrelétrica está equipada com sistema de telecomando a distância, a partir do Centro de Operação do Sistema (COS), sediado em Teutônia, com transmissão de dados via rádios de banda larga. Todas as operações e informações estão disponíveis no computador supervisório a disposição dos operadores a 90km de distância da hidrelétrica.

2.3.3.18 Equipamentos de apoio motorizados

A PCH Salto Forqueta não possui veículos específicos em seu nome, porém, em caso de necessidade, são utilizados, para deslocamento até a barragem ou para atividades junto ao barramento e seu entorno, veículos pertencentes à CERTEL.

2.3.3.19 Equipamentos de uso, fardamento e EPIs

Os funcionários/colaboradores que atuam junto ao barramento (casa de máquinas) da PCH, utilizam dos devidos uniformes e EPI's de acordo com a atividade que será realizada. Como trata-se de atividades vinculadas a equipamentos mecânicos e elétricos, os principais EPI's utilizados são:

- Capacete de segurança com isolamento para eletricidade;
- Meia bota isolada;
- Protetor auricular/auditivo tipo plug e/ou tipo concha;
- Óculos de segurança incolor e com proteção contra raios ultravioletas;
- Roupas de algodão;
- Luvas de borracha isolantes BT e AT;
- Luvas de pelica para proteção das luvas de borracha;
- Luvas de raspa para trabalhos rústicos; e
- Cinto de segurança com talabarte para trabalhos em grandes alturas (em situações específicas).

2.3.3.20 Instrumentação

A PCH Salto Forqueta conta com um medidor de vazão e dois medidores tri-ortogonais de juntas. Os elementos têm suas informações técnicas descritas a seguir:

2.3.3.20.1 Medidor de vazão

O medidor de vazão triangular, representado na Figura 39, encontra-se instalado na galeria de inspeção, onde existe uma calha de drenagem com uma régua medindo a vazão atuante em função da altura do nível da água que passa pelo medidor.

A água que passa na calha de drenagem provém dos drenos e da percolação do corpo da barragem.

A vazão medida é anotada concomitante a realização das inspeções, ou em casos de necessidades de informações.

Figura 39 - Medidor de vazão com vertedouro retangular.

2.3.3.20.2 Medidores de deslocamento Tri – ortogonais

Foram instalados medidores tri – ortogonais de deslocamento em duas das juntas dos blocos da barragem.

Os deslocamentos são medidos com um extensômetro, que indica o movimento ocorrido entre os blocos, tal qual é comparado as outras medições realizadas durante inspeções de segurança.

A Figura 40 ilustra o tipo dos medidores tri-ortogonais instalado no barramento da PCH Salto Forqueta.

Figura 40 - Medidor de deslocamento tri-ortogonal instalado na PCH Salto Forqueta.

Fonte: CERTEL.

2.3.4 Características Hidrológicas, Geológicas e Sísmicas

Os dados de caracterização hidrológica, geológica e sísmica foram, em sua totalidade, extraídos de documentos disponibilizados pela CERTEL. Porém, a apresentação destas informações é indispensável por sua relevância e pertinência ao tema de segurança da barragem.

2.3.4.1 Características Hidrológicas e Climáticas

Este item apresenta os resultados dos estudos hidrológicos realizados para a PCH Salto Forqueta para fins de elaboração do projeto da estrutura (RISCHBIETER, ENGENHARIA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA).

A sub-bacia, na qual o Rio Forqueta está inserido, corta os municípios de São José do Herval e Putinga. As características climáticas da sub-bacia estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Características do clima na área de estudo.

Município	Temperatura (ºC)			Chuva (mm/ano)	Dias de Chuva (dias/ano)	Umidade Relativa %(média)	Insolação (horas/ano)	Radiação Solar Cal.cm/dia
	Média	Média máxima	Média mínima					
São José do Herval	16 a 18	22 a <25	>10 a <13	>1600 a <2000	>80 a <110	75 a <80	>2200 a <2400	>325 a <375
Putinga	>16 <19	23 a <25	11 a <13	>1600 a <1900	>100 a <130	>75 a <80	>2200 a <2400	>325 a < 375

Cal- Calorias

Com base no Quadro 3 a área da bacia se enquadra como um clima temperado (Cfak), segundo a classificação climática de Köppen. As temperaturas apresentam uma variabilidade temporal típica de clima temperado, com médias menores no inverno (junho a setembro) e maiores no verão (dezembro a março). A média do mês mais quente (fevereiro) fica em torno de 24.0ºC, se considerados os dois municípios.

2.3.4.1.1 Hidrografia

A PCH Salto Forqueta, segundo a classificação do Conselho Regional de Recursos Hidricos, pertence à bacia hidrográfica Taquari-Antas. Esta bacia, de grandes dimensões, foi dividida em sub-bacias para melhor caracterizar cada região. Dentro desta divisão, a PCH pertence à sub-bacia de número 14 (Alto Rio Forqueta).

A sub-bacia do alto rio forqueta possui uma área total de 2.846,403 km² e está inserida nos municípios de Boqueirão do Leão (137,743 km²); Lajeado (296,983 km²); Progresso (301,012 km²); Santa Clara do Sul (26,524 km²); Sério (52,509 km²); Barros Cassal (336,294 km²); Soledade (356,795 km²); Fontoura Xavier (575,728 km²); Pouso Novo (104,177 km²); São José do Herval (93,310 km²); Arvorezinha (136,312 km²); Ilópolis (24,99 km²); Itapuca (66,395 km²); Putinga (85,528 km²); Nova Alvorada (0,928 km²); Nova Bréscia (113,564 km²); Relvado (0,906 km²); Arroio do Meio (32,407 km²); Capitão (9,204 km²) e Travesseiro (95,094 km²). As zonas urbanas de Boqueirão do Leão, Progresso, São José do Herval, Pouso Novo, Fontoura Xavier estão totalmente contidas nesta sub-bacia. Já Arvorezinha e Barros Cassal, apenas parcialmente.

Os principais cursos d'água constituintes desta sub-bacia são: Rio Forqueta, Arroio Forquetinha, Arroio Pedras Brancas, Arroio Tamanduá, Arroio Pau Queimado, Rio Fão, Arroio Apiteri, Arroio Jequi, Arroio Três Pedras, Arroio Guabiroba e Arroio Lajeado Pedras Brancas.

As entradas das sub-bacias no Rio Forqueta são no km 8 a sub-bacia 14 A; no km 33 a sub-bacia14B; no km 38 as sub-bacias 14C, 14D, 14E, 14F, 14G, 14H; no km 57 a sub-bacia14I; na nascente a sub-bacia14J; no km 59 a sub-bacia14K e no km 18 a sub-bacia14L.

A área da bacia de contribuição do trecho do Rio Forqueta até o empreendimento, ou seja, com exutório junto ao barramento da PCH Salto Forqueta, possui área total de drenagem de 600 km².

Os principais cursos d'água (afluentes) que deságuam neste trecho do rio Forqueta são:

- **Margem direita:** Arroio Guabiroba, Lajeado, Pedras Brancas e Arroio Jacutinga; e
- **Margem esquerda:** Lajeado Ibica, Arroio Jequi, Arroio Figueirinha, Arroio Cinco Voltas e Lajeado Bonito.

O barramento da PCH Salto Forqueta está localizado, aproximadamente, a 50 km da nascente do rio e a 60 km da sua foz.

A curva de permanência, que relaciona a vazão do rio com o tempo em que determinada vazão é igual a um dado valor, foi elaborada pela consultora responsável pelo projeto do barramento, organizando os dados disponíveis de forma a ficar estabelecida uma frequência relativa acumulada. A partir destes dados é que se estabelece uma probabilidade de ocorrência

das vazões. A metodologia aplicada foi aquela proposta no Manual de PCH da Eletrobrás, que consiste no seguinte:

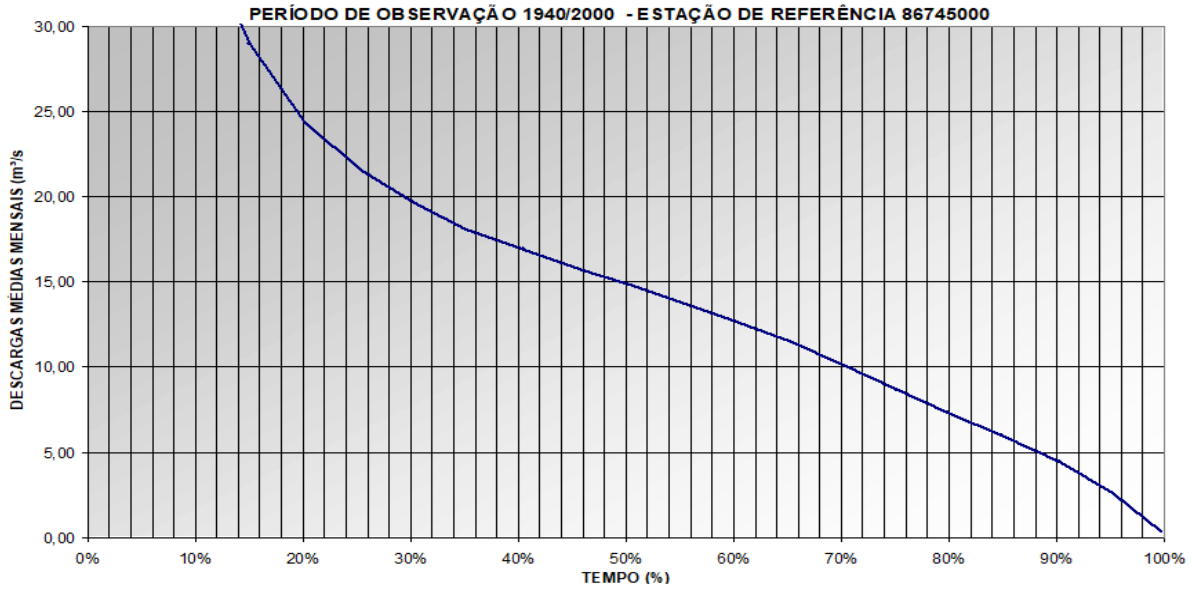
- Ordenação dos dados em ordem crescente ou decrescente de magnitude;
- Seleção do número de intervalos de classe.

A visualização e interpretação dos dados dá-se através da observação do gráfico em que estão representadas algumas vazões e as frequências com que ocorrem (a chamada curva de permanência de vazões). A seguir, no Quadro 4, encontram-se os dados utilizados para elaboração do gráfico da curva de permanência, apresentada na Figura 41.

Quadro 4 – Dados para construção da Curva de Permanência de Vazões.

FREQUÊNCIA (m³/s)	VAZÕES (%)	FREQUÊNCIA (m³/s)	VAZÕES (%)
100%	0,35	46%	15,72
95%	2,62	40%	16,94
90%	4,44	35%	18,11
85%	5,98	30%	19,65
80%	7,32	25%	21,57
75%	8,67	20%	24,34
70%	10,15	15%	28,96
65%	11,49	10%	35,88
60%	12,63	5%	49,39
55%	13,83	0%	114,55
50%	14,85		

Figura 41 - Gráfico da curva de permanência de vazões mensais elaborada para fins do projeto da PCH Salto Forqueta.



Fonte: CERTEL.

Os dados hidrológicos empregados na fase de projeto abrangeram um período de cerca de 60 anos, conduzindo ao dimensionamento do Vertedouro tipo soleira livre para a capacidade de 1.800 m3/s, em termos de cheia milenar, atendendo desta forma as recomendações atuais de projeto para uma PCH. Os demais dados de projeto obtidos nos estudos da empresa projetista, estão relacionados a seguir:

- Vazão média de longo termo: **18,40 m³/s**
- Vazão de permanência de 95%: **2,62 m³/s**
- Vazão de cheia TR500: **1661,60 m³/s**
- Vazão de cheia TR1000: **1.802,10 m³/s**
- Vazão de projeto do vertedouro: **1.802,10 m³/s**
- Vazão do vertedouro em "Ultimate Capacity ": **2.648,55 m³/s**
- Nível d'água máximo TR1000 na barragem: **210,55 m**
- Nível d'água normal na barragem: **206,80 m**
- Nível d'água máximo TR1000 na casa de máquinas: **180,76 m**
- Nível d'água normal na casa de máquina: **173,26 m**

A cheia de projeto é um volume de vazão adotado, encontrado de forma probabilística, onde o valor da vazão provavelmente não se iguale ou seja superado durante a sua vida útil, sendo assim tornando a obra economicamente viável.

Para a obtenção da cheia de projeto da PCH Salto Forqueta foi adotado que o nível máximo a montante da barragem seja 206,80 m do nível do mar.

Entretanto, cabe mencionar e relatar que no ano de 2010 ocorreu uma cheia que quase atingiu a cheia de projeto, chegando ao nível de água a montante de 206,60m.

2.3.4.2 Geológicas

A área da Sub-Bacia em que se localiza a PCH Salto Forqueta têm como constituinte principal as litologias da Formação Serra Geral. Cabe detalhar que essa Formação é constituída de rochas ácidas a intermediárias, cuja espessura total perfaz de 700 a 800 metros na região de estudo.

Esse tipo de litologia tem como característica textural primária, pouca porosidade e, por conseguinte, pouca permeabilidade, ocorrendo, então, o acúmulo e a percolação de água em descontinuidades estruturais (falhas e fraturas) e descontinuidades litológicas (contatos entre diferentes derrames e níveis intraderrames). A precipitação anual é alta, ocasionando um grande nível de recarga dos aquíferos nessa região.

O caso da PCH Salto Forqueta é bastante singular, haja visto seu substrato ser formado por rochas ígneas efusivas, que constituem um aquífero do tipo fraturado. No caso específico, trata-se de sucessivos derrames basálticos ou derrames de rochas de afinidade geoquímica ácida, justapostos alternadamente formando blocos solidamente soldados, não havendo superfícies de descontinuidades. Estas rochas formam a província hidrogeológica basáltica a sub-província planalto conforme Hausman (1995).

Em cortes realizados nas vias de acesso à barragem foram encontrados perfis de alteração do basalto apresentando uma camada de 3 a 4 m de solo saprolítico, que conserva pequenos blocos de rocha muito alterados. Abaixo desta camada de solo, a rocha apresenta-se, por cerca de 1,5m, muito fragmentada e, somente abaixo deste nível, ocorre a rocha sã.

As rochas no local de apoio da barragem são classificadas como andesi-basaltos, possuem uma coloração cinza a cinza esverdeada, densidade menor que a do basalto e disjunções horizontais mais pronunciadas. O leito do rio Forqueta é rochoso e suas vertentes apresentam queda de blocos, que está condicionada pelas juntas de alívio do maciço.

2.3.4.2.1 Hidrogeologia

A circulação da água no aquífero pode ocorrer tanto no manto de alteração mais superficial, como na própria rocha em profundidade. Para a região estudada, os mantos de alteração exibem pequena espessura, não podendo ser considerados reservatórios pertinentes. Desta forma apenas a circulação de água subterrânea na rocha, em profundidade, será considerada. A mesma apresenta as seguintes particularidades:

- As rochas vulcânicas em questão desenvolveram, em função de esforços tectônicos e ou mecânicos, porosidades e permeabilidades secundárias, que variam conforme o grau de fraturamento das rochas. O grau de fraturamento das rochas considera a densidade das fraturas, extensões, aberturas das mesmas, bem como seu preenchimento por mineralizações secundárias;
- A interconectividade das fraturas é diretamente proporcional ao rendimento dos aquíferos. Uma determinada fratura prospectada, terá um maior potencial de rendimento e armazenamento, tanto quanto mais conectada com outras redes de fraturas estiver;
- A circulação apresenta direções preferenciais, direções estas que podem variar de região para região. Geralmente as direções nordeste-sudeste são as mais importantes (segundo Hausman,1995);
- As fraturas encontradas nas rochas basálticas da região são basicamente verticais, sendo consideradas abertas, isto é, capazes de fornecer e armazenar água até uma profundidade de 150 metros; e
- O tipo litológico do basalto, ou rochas vulcânicas ácidas associadas, tem pouca influência sobre a circulação da água.

A composição química desta água, principalmente nas áreas do Projeto, não apresenta qualquer restrição para o seu consumo, seja humano, animal, para uso em irrigação ou industrial, devido aos seus baixos teores de sólidos totais e baixo teor de íons dissolvidos.

2.3.4.3 Sismos

Na região sul do país, mais particularmente na região do rio Forqueta, onde se localiza a PCH Salto Forqueta, entre os municípios de Putinga e São José do Herval, as intensidades máximas observadas geralmente tem seus máximos na ordem de 4,0 pontos na escala Richter.

Tendo em mente estas considerações, atualmente não se pode descartar totalmente a possibilidade de ocorrência de sismos naturais (uma vez que sismos induzidos pelo enchimento do reservatório, após mais de 15 anos de operação), porém, os mesmos seriam inferiores a 4,0 graus na escala Richter, sem qualquer possibilidade de danos à estrutura da barragem, ou mesmo às outras estruturas da usina. Os danos máximos previsíveis seriam eventuais trincas, no concreto ou na alvenaria da Casa de Força, que poderiam ser facilmente reparados a posteriori.

2.3.5 Resumo das Características Gerais da Barragem e das Estruturas Associadas

Em resumo a PCH Salto Forqueta, represando o rio Forqueta, é constituída de uma barragem do tipo gravidade em concreto ciclópico, com altura máxima de 29,50m e comprimento total da crista de 175,43m, associado às estruturas de concreto tais como: um vertedouro do tipo Creager, com descarga livre; um vertedouro de superfície, com comporta vagão; um descarregador de fundo; tomada d'água e casa de força, escavada em rocha sólida.

A PCH Salto Forqueta possui duas unidades geradoras acionadas por turbinas Francis, com potência unitária de 3.800kVa, com queda liquida de 31,75m, com potência instalada de 6,08MW.

A energia gerada é transmitida por uma subestação elevadora com um transformador de 7.600 KVA, que elevam a tensão de 6.600V para 69.000V.

O Quadro 5 apresenta um resumo de algumas das informações de caracterização do empreendimento e dos equipamentos e estruturas da PCH Salto Forqueta. A descrição, com maior especificidade, das características da barragem faz-se apresentada em item específico, conforme requerido pela lei 12.334/2010 da PNSB.

Quadro 5 – Resumo das informações de Caracterização da PCH Salto Forqueta.

INFORMAÇÕES GERAIS	
Denominação Oficial:	PCH Salto Forqueta
Empreendedor:	Cooperativa de desenvolvimento Teutônia – CERTEL
Entidade Fiscalizadora:	ANEEL
LOCALIZAÇÃO	
Rio:	Rio Forqueta
Município:	Putinga e São José do Herval
Unidade da Federação:	Rio Grande do Sul
Coordenadas do Maciço:	Sul 29°5’0,8” Sul e Oeste 52°12’29,4”
BARRAGEM	
Tipo:	Soleira Livre

Altura Máxima Acima da Fundação:	29,50m Até 2011 e 30,50m (Após acréscimo de 1,0m na estrutura de barramento, finalizado em 2011).
Comprimento Total Barramento	175,43m
Vertedouro Tipo	Krieger
Comprimento do Vertedouro	95,00m
Altura do Vertedouro	25,50m
Altura das Ombreiras em relação a Crista do Vertedouro	5,00m
Largura Máxima da Base do Barramento	26,50m
Cota da Crista do Vertedouro	206,80m
Lâmina Máxima sobre o Vertedouro	4,00m 5,00m (Após acréscimo de 1,0m na estrutura de barramento, finalizado em
Vazão Máxima do Vertedouro	1.802,10m³/s
Cota do Piso da Comporta de Fundo	186,30m
Dimensões da Comporta de Descarga de Fundo	3,40m x 4,00m
Tipo de Comporta	Vagão
BACIA HIDROGRÁFICA	
Área:	600 km²
Precipitação Média na Bacia:	>1.600 e <1.900
Vazão Média de Longo Período:	18,40 m³/s
Vazões de permanência (Q95%)	2,62 m³/s
Vazão de projeto do vertedouro:	1.802,10 m³/s
Vazão do vertedouro em “Ultimate Capacity”:	2.648,55 m³/s
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONAIS	
Fundação	Executada sobre rocha alterada com injeção de nata de cimento
Suscetibilidade a Escorregamento de Taludes do Reservatório	Baixa
Sismicidade potencial	Baixa/Nula
RESERVATÓRIO	
Capacidade Total a Nível Normal (Cota 206,80m)	3.232.000,00 m³
Volume aproximado da Depleção de 1,5 m	616.000,00 m³
Área Inundada Total do Reservatório	34,60 ha
Profundidade máxima	28,50m

Profundidade média	15,23m
Vazão remanescente	0,24m³/s
EXTRAVAZORES DE CHEIAS	
Localização	Vertedouro e Comporta de Fundo
Tipo	Vertedouro tipo Creager; e Comporta de Fundo tipo Vagão modelo CAH 11,90
Comprimento (túnel comporta de fundo)	~26,5m
Largura (Comporta de Fundo)	3,5m
Altura (Comporta de Fundo)	3,4m
Modalidade de Dissipação de Energia	Enrocamento na Saída e "laje" de absorção da energia de queda do vertedouro
Os dados de caracterização do vertedouro estão suficientemente descritos em item anterior	
DESCARREGADOR DE FUNDO	
Solução	Comporta de fundo
Localização	Base do barramento, na ombreira esquerda
Vazão (Sob NMN)	Não calculada
Cota da Soleira à Entrada	186,30m
Comprimento da Conduta	~26,5m
Tipos de Comporta	Vagão modelo CAH 11,90
Fonte Alternativa de Energia	Não
Possibilidade de Manobra Manual	Sim
Comando a Distância	Sim
TOMADA DE ÁGUA e TÚNEL DE ADUÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA	
Solução	Túnel Adutor
Localização	A aproximadamente 200m a montante do barramento na margem direita do lago (sentido jusante-montante)
Altura	12,00 m
Largura	5,00 m
Controle à Entrada	Comporta de 4 x 4m pesando 6,4t;
Controle à Entrada (Sólidos)	Grade fina de 4 x 7m com limpa-grade automático;
Cota de fundo da Tomada de Água na Entrada	198,80m
Comprimento Total Túnel Adutor	127,00 m

Diâmetro médio	3,80 m;
Vazão de Engolimento	22,60m³/s
Possibilidade de Manobra Manual	Sim
Comando a Distância	Sim
CONDUTO FORÇADO / TUBULAÇÃO ADUTORA	
Comprimento	76,0m em diâmetro 2,85m; e 30,0m em diâmetro 1,95m;
Velocidade da água em Ø2,85m	3,54m/s
Velocidade da água em Ø1,95m	3,77m/s
CHAMINÉ DE EQUILIBRIO	
Altura	14,00 m
Diâmetro	6,00 m
Volume Médio de Água	254.000 L
CANAL DA ICTIOFAUNA	
Comprimento	300,0 m
Desnível	20,00 m
Largura	2,20 m
Altura	1,20 m

Conforme já sugerido anteriormente, reforça-se a necessidade de revisão e atualização da totalidade dos dados técnicos do empreendimento, podendo-se utilizar deste quadro resumo como base para armazenar e manter disponível e atualizadas as informações pertinentes do empreendimento.

2.4 Indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório

Sendo que a ANEEL é responsável pela fiscalização da totalidade das barragens objeto de outorga para exploração de potencial de energia hidráulica é natural que a PCH Salto Forqueta também esteja sob concessão da ANEEL e sob responsabilidade de fiscalização de atividades da mesma.

A regra operacional do reservatório está sob responsabilidade da CERTEL. Porém, na PCH Salto Forqueta não existe regra operacional, pois o dispositivo de descarga do vertedouro é do tipo soleira livre, tendo sido dimensionado para cheias de projeto milenar, 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.

3 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 Salto Forqueta" 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 Salto Forqueta.

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 Salto Forqueta 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 os Centros 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 Salto Forqueta; as responsabilidades e qualificações dos técnicos, as diretrizes para treinamentos; e o esquema de comunicação interna do empreendedor.

3.1 Organograma Funcional

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

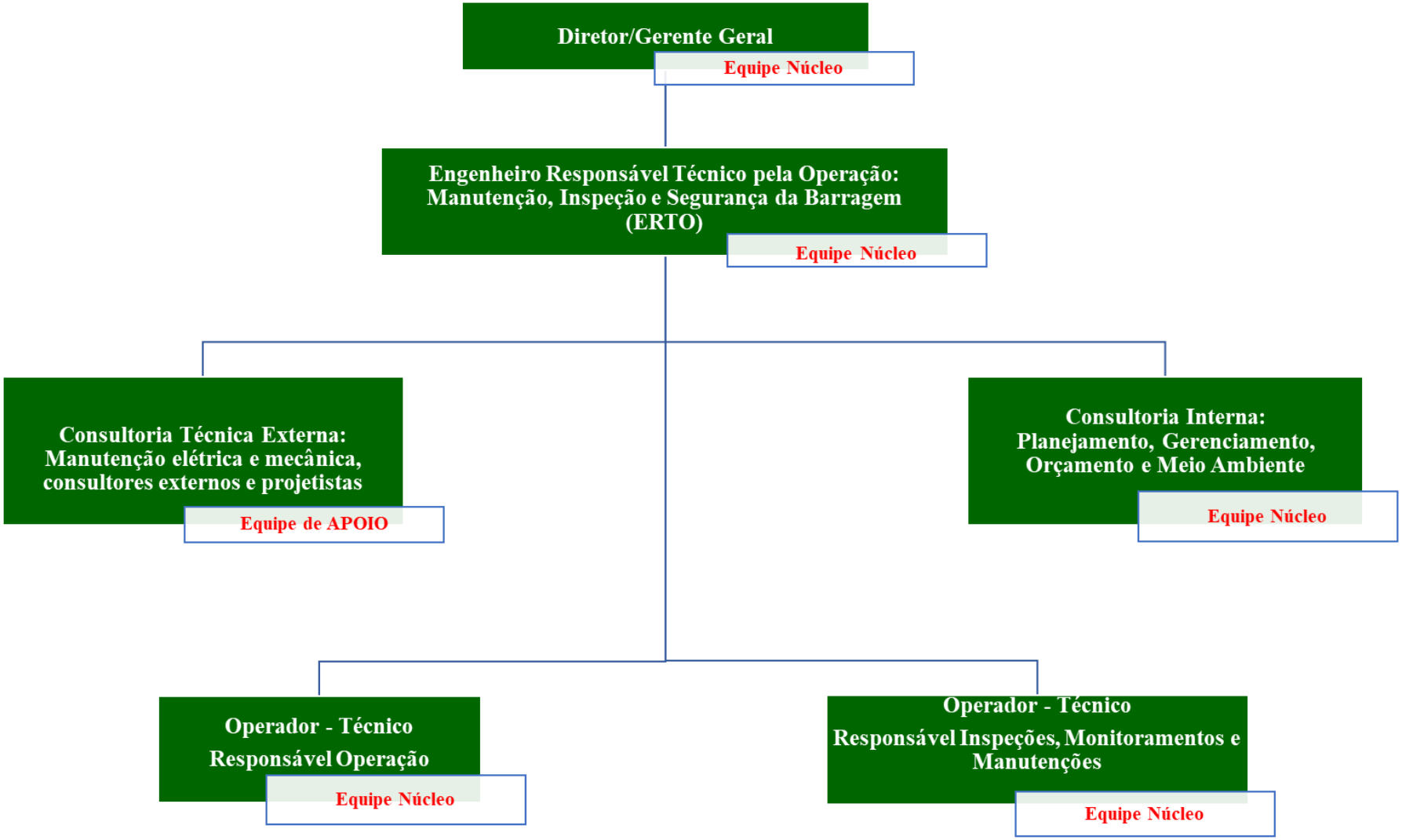
Tal organograma, que tem por intuito destacar os integrantes de uma equipe técnica, neste caso de segurança e operação da PCH Salto Forqueta, contempla a apresentação da função, o nome de cada operador e o telefone de contato, para que cada colaborador entenda suas funções dentro da equipe e para que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

Até o momento da finalização deste PSB da PCH Salto Forqueta, o empreendedor ainda não possuía relação de nomes definida para todos os cargos da equipe técnica da PCH. Portanto, 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 42 apresenta o organograma funcional, da estrutura gerencial, com foco nas responsabilidades dos envolvidos, aplicado à PCH Salto Forqueta. 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 42 – Organograma da Equipe de Operação e Segurança da PCH Salto Forqueta.



3.2 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 Salto Forqueta está relacionada na Tabela 2.

Tabela 2 - Lista de profissionais e qualificação técnica destes vinculados a equipe de segurança e operação da PCH Salto Forqueta.

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

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 6.

Quadro 6 - Qaudro de contatos da PCH e do empreendedor.

LOCAL/SETOR/INDETIFICAÇÃO	CONTATO
Empreendedor: Cooperativa de desenvolvimento Teutônia - CERTEL	Fones: (51) 3762.5516 (horário comercial) (51) 3762.5542 (24 horas)
1. Operação na PCH Salto Forqueta	Fones: (51) 99993.5186 (horário comercial) ou (51) 3762.5542 (COG - 24 horas)
2. Operação no COG – Centro de Operação	Fones: (51) 3762.5542 (24 horas) ou (51) 99840.5299 (COG - 24 horas)
3. Operação e Manutenção da PCHSF	Fones: (51) 3762.5516 (horário comercial) (51) 3762.5542 (24 horas)
4. SESMT	Fones: (51) 3762.5500 (horário comercial)
5. Ambiental	Fones: (51) 3762.5500 (horário comercial)
6. Manutenção de obras civis	Fones: (51) 3762.5516 (horário comercial) (51) 3762.5542 (24 horas)
7. Setor Administrativo/Jurídico	Fones: (51) 3762.5516 (horário comercial)

3.3 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.

3.3.1 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 CEO e/ou presidente da cooperativa.

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.

3.3.2 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 Salto Forqueta.

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, IBAMA, CONAMA e demais órgãos. Este poderá, quando autorizado, tomar providencias 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 Salto Forqueta 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.

3.3.3 Consultoria Interna

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

3.3.4 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 Salto Forqueta, 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.

3.3.5 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 no Quadro 7.

Quadro 7 - Atribuições dos operadores.

PERIODICIDADE	ATIVIDADES
Diária	- Medição da cota do nível d'água no lago da represa, anotando valores em folhas padronizadas; - Anotar os volumes armazenados em função dos níveis d'água registrados, utilizando-se da curva cota x volume; - Registrar a vazão afluente; - Registrar a vazão efluente; - Inspecionar visualmente o maciço da barragem para detectar eventuais ocorrências de percolação indevidas, trincas, formigueiros, corpos estranhos, enfim qualquer observação digna de registro e/ou alerta; - 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.; e - Inspeção visual da galeria sob o maciço da barragem.
Semanal	Pelo menos uma vez por semana, o operador deverá estender as funções diárias, realizando um contorno do logo, próximo as margens, inspecionando e anotando as irregularidades: ocupações indevidas, fontes poluidoras e medidas saneadoras, novas captações d'água e vazões requeridas.
Mensal	- Identificar pontos de poluição no reservatório; - Identificar a ocupação não autorizada nas áreas do entorno do reservatório; - Operação de abertura e fechamento das comportas de tomadas d'agua; - 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 - Operação da comporta de descarga de fundo, abrindo-a totalmente e fechando-a em seguida, anotando eventual anomalia.

Fonte: Modelo do Plano de Segurança de Barragens da Barragem de Pindobaçu, 2011.

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.

3.4 Treinamento

Antes do início da operação de uma barragem, a equipe designada 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 imediata. 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).

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PCH SALTO FORQUETA

VOLUME II

Documentação Técnica do Empreendimento

COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TEUTÔNIA - CERTEL ENERGIA

4 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, verifica-se e salienta-se a necessidade de o empreendedor dispor de toda documentação de projeto, construção, operação, manutenção e segurança da barragem, requisitos e obrigações que levam a elaboração deste item.

Para o levantamento dos documentos técnicos disponíveis do empreendimento (PCH Salto Forqueta), foi realizada uma visita ao corpo técnico, responsável pela segurança da barragem. Na oportunidade foi realizada entrevista com questionamento quanto a disponibilidade dos itens disponíveis de projeto, operação, manutenção, inspeção, monitoramento e outros considerados indispensáveis ao funcionamento da PCH.

Com isto, foi possível relacionar a disponibilidade de documentos técnicos referentes a PCH. Tais documentos foram listados e chamados na forma de ANEXOS. Porém, haja vista o grande número de arquivos, foram propostas duas formas de apresentação dos documentos técnicos da PCH Salto Forqueta, a saber:

- PSB Digital – Na apresentação do documento digital PSB da PCH Salto Forqueta os documentos técnicos importantes foram segregados por tipo e organizados em pastas, estes documentos recebem chamada no corpo deste documento, com link de direcionamento as pastas onde estão localizados e organizados tais documentos, podendo este arquivo e pastas comporem uma mídia digital qualquer (ex.: pen drive); Estes links encontram-se no Quadro 18, do item 10, onde estão relacionados todas as PASTAS/ANEXOS disponíveis para o empreendimento.
- PSB Impresso – Já na versão impressa do PSB da PCH Salto Forqueta os documentos técnicos foram chamados como ANEXOS e foram por vezes agrupados em pastas. A sua identificação de ANEXO, utilizada no Quadro 8, a seguir, e retomada no Quadro 18, do item 10 ao final deste documento, servirá para organização e orientação da sua localização em caixas, junto a unidade da CERTEL de Teutônia/RS.

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.

4.1 Documentação de Projeto, da Construção e da Operação

Este item apenas relaciona/lista e denota a existência de estudos, documentos, projetos, manuais de operação e documentos afins da PCH Salto Forqueta, a fim de facilitar a verificação da disponibilidade dos mesmos e, portanto, conformidade do empreendimento para com os requisitos legais.

A relação de projetos da construção, manuais de operação e manutenção encontra-se relacionada no Quadro 8, onde reporta-se sua existência ou não verificação/disponibilidade junto ao empreendedor.

A informação da localização, junto aos arquivos físicos do empreendedor, assim como sua localização digital (junto a uma mídia externa) da totalidade dos documentos aqui relacionados possuem hiperlinks de acesso descritos no Quadro 18, do item 10. Neste segundo quadro de disponibilidade, somam-se as estes ANEXOS descritos a seguir, todos aqueles ANEXOS que foram considerados documentos pertinentes e importantes para o empreendimento a fim de agrupar em uma única "mídia" a totalidade dos documentos indispensáveis ao bom gerenciamento do empreendimento.

Quadro 8 - Quadro resumo da disponibilizadade de estudos, projetos e documentos pertinentes a operação da PCH Salto Forqueta.

DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO, CONSTRUÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E SEGURANÇA			CHAMADA ANEXO
PROJETO E CONSTRUÇÃO - Projetos dos Elementos da PCH	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 01**
PROJETO E CONSTRUÇÃO – Relatório "Como Construído" (As Built)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 02**
OPERAÇÃO – Manuais de Procedimentos e de Operação	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 03**
OPERAÇÃO Manual de Cotas Operacionais	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 03**
PROJETO E OPERAÇÃO - Estudos e Relatórios Hidrológicos e Geotécnicos	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 04**
PROJETO E MANUTENÇÃO - Plano e Manual de Procedimentos de Manutenção e Relatórios de Manutenção	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 05**
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO Procedimento escrito de teste das comportas e da tomada d´água	☐ **Sim**	☒ **Não**	-
MANUTENÇÃO Manual de Equipamentos	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 06**

Após montagem e entrega da totalidade dos documentos disponíveis sobre projeto, construção, operação e manutenção da PCH Salto Forqueta, o empreendedor adicionou a pasta do As Built, porém, os dados deste levantamento não foram considerados na caracterização apresentada neste PSB. Portanto, quando na realização da atualização das informações de caracterização da barragem e do empreendimento, ou seja, na oportunidade da atualização deste PSB, o *As Built* deverá ser tomado como fonte mais atualizada e correta sobre dos dados e características construtivas do empreendimento, uma vez que trata-se do levantamento das informações do como construído, sendo indispensável que o seja considerado a fonte real de informações na atualização.

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PCH SALTO FORQUETA

VOLUME III

Planos e Manuais de Procedimentos: Operação, Manutenção e Segurança da PCH

COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TEUTÔNIA - CERTEL ENERGIA

5 MANUAIS DE PROCEDIMENTOS: OPERAÇÃO, INSPEÇÕES DE SEGURANÇA, MANUTENÇÃO E EQUIPAMENTOS DA BARRAGEM

O manual de operação da barragem foi disponibilizado pela CERTEL, o qual se encontra na Casa de Máquinas da barragem. Tem como função definir os controles operacionais a serem observados durante a vida útil da barragem, os cuidados com a área do reservatório e faixa de proteção permanente. Destaque é dado as questões de operações dos equipamentos cotidianas, tipo de instrumentos, função e valores medidos, assim como as calibrações e procedimentos de leitura, análise e interpretação dos dados. Para a questão de monitoração hidrológica como temperatura, pluviometria e fluviometria, são preenchidas tabelas padronizadas da CERTEL, as quais são arquivadas em intervalos de tempo definidos.

As solicitações dos manuais de manutenções dos equipamentos hidromecânicos foram prontamente atendidas, sendo disponibilizados pelos fabricantes, que foram digitalizados e disponibilizado para elaboração deste plano.

5.1 Manual de Operação da PCH Salto Forqueta

O manual de operação da PCH Salto Forqueta tem como objetivo estabelecer procedimentos padrões para os operadores da barragem, para o seu perfeito funcionamento.

O manual traz informações gerais e técnicas sobre a barragem, sendo indispensável para os operadores, para resolverem as situações do seu dia-a-dia.

O manual elaborado pela contratante (CERTEL) foi disponibilizado, revisado pela contratada (INFRA-GEO) e encontra-se apresentado no ANEXO 03.

5.2 Manual e/ou Plano de Manutenção da PCH Salto Forqueta

Quando é necessário algum tipo de serviço, como a de manutenção de equipamentos é feita uma requisição formal para ser encaminhada a solução do problema. A totalidade das orientações necessárias ao bom desempenho de atividades de manutenção das estruturas e elementos da PCH Salto Forqueta encontram-se previstas no Plano Geral de Manutenção.

Este plano/manual elaborado pela contratante (CERTEL) foi disponibilizado, revisado pela contratada (INFRA-GEO) e encontra-se apresentado no ANEXO 05.

5.3 Manual de Equipamentos da PCH Salto Forqueta

O empreendedor possui todos os manuais operacionais, de manutenção de segurança e afins da totalidade dos equipamentos instalados e operantes no empreendimento. Tais manuais são indispensáveis para situações de manutenção, gerenciamento de risco e principalmente de operação.

Grande parte destes manuais encontram-se apenas em meio físico, necessitando que seja prevista e realizada tarefa de digitalização dos mesmos a fim de facilitar sua disponibilidade e utilização.

Neste sentido, foi criado o espaço do ANEXO 06 para arquivamento da totalidade dos manuais de equipamentos da PCH Salto Forqueta e adicionalmente o empreendedor deverá se responsabilizar pela digitalização dos documentos pertinentes a adição dos mesmos no espaço digital criado e disponibilizado (pasta .rar).

5.4 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 15 de dezembro de 2015, que em atendimento ao que determina a Lei 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. As barragens fiscalizadas pela ANEEL são classificadas em classes segundo categoria de risco, dano potencial associado e volume do reservatório, em acordo com a matriz de classificação apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 - Quadro de classes de classificação de Risco e Dano da ANEEL.

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

Os critérios para classificação estão definidos no ANEXO II da Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023.

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.

Vale destacar que o Formulário de Fiscalização da Segurança da Barragem (FSB) se encontra disponível no site da ANEEL e foi atualizado em 26/12/2022.

5.4.1 Inspeções Regulares

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:

a) Planejamento da inspeção;

b) Execução da inspeção no campo;

c) Avaliação dos resultados e elaboração do relatório;

d) Atendimento às recomendações do relatório.

O § 1º do art. 9° da Resolução 696/2015 afirma que é de responsabilidade do empreendedor adotar os procedimentos que julgar convenientes para a inspeção de segurança regular, observadas as particularidades, complexidade e características técnicas do empreendimento. Contudo, define o conteúdo mínimo dos relatórios das inspeções.

Os prazos e/ou periodicidade para realização dos relatórios de inspeção de segurança de barragens são definidos pela Resolução Normativa nº 696, de 15 de dezembro de 2015. A resolução define periodicidades diferentes para cada tipo de inspeção (regular e especial). As inspeções de segurança **Regulares** devem ser realizadas sempre que houver alteração do nível de segurança da barragem, observada a periodicidade limite disposta na Quadro 10.

Quadro 10 - Periodicidade da realização de Inspeções em barragens conforme Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023.

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

Conforme denota-se no Quadro 10, orienta-se que a equipe técnica responsável pela Segurança da PCH Salto Forqueta, realize inspeção regular da barragem, em conformidade com requisitos legais, em prazo máximo de dois em dois anos, uma vez que na data de jan. de 20 a PCH foi classificada como de classe C, conforme formulário de Segurança de Barragem, encaminhado a ANEEL, apresentado no ANEXO 12, em uma pasta contendo demais documentos referentes a segurança da PCH Salto Forqueta. O último relatório de inspeção regular é datado de 10/2022, portanto, a próxima inspeção regular deve ocorrer até 10/2023.

5.4.1.1 Diretrizes e Orientações Gerais

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 (tipo sinkhole); 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.

5.4.1.1.1 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.

5.4.1.1.2 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-alternador, 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.

5.4.1.1.3 Conteúdo Mínimo e Modelo de Documentos de Inspeção Regular de Segurança

O conteúdo mínimo das Inspeções de segurança Regulares, está previsto no § 2º do art. 9º da resolução normativa nº 696, de 15 de dezembro de 2015. Os produtos da inspeção são a ficha de inspeção preenchida e o relatório de inspeção regular. Este segundo tem seu conteúdo mínimo, definido pela portaria supracitada, conforme descrito a seguir:

I. Identificação do representante legal do empreendedor;

II. Identificação do responsável técnico;

III. Avaliação da instrumentação disponível na barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;

IV. Avaliação de anomalias que acarretem em mau funcionamento, ~~em~~ indícios de deterioração ou ~~em~~ defeitos construtivos da barragem;

V. Comparativo com inspeção de segurança regular anterior;

VI. Diagnóstico do nível de segurança da barragem, de acordo com estas categorias:

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

b) atenção: quando as anomalias não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo;

c) alerta: quando as anomalias representem risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança; e

d) emergência: quando as anomalias representem risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais.

VII. Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

Visando maior especificidade na montagem do relatório e definição do escopo do mesmo, apresenta-se a seguir uma proposta de escopo de relatório, elaborada e disponibilizada pela ANA, em seu Manual do Empreendedor Volume II.

1. Sumário Executivo

a) Nome da barragem;

b) Código da barragem no cadastro do órgão fiscalizador;

c) Identificação do empreendedor ou do seu representante legal;

d) Identificação do responsável técnico e anotação da sua responsabilidade;

e) Localização, data de inspeção;

f) `Outorga;

g) Data da construção;

h) Responsável pela construção.

2. Principais características

a) Bacia Hidrográfica;

b) Curso d'água barrado;

c) Coordenadas;

d) Finalidade;

e) Capacidade do reservatório;

f) Área inundada;

g) Tipo de barragem;

h) Cota da crista;

i) Altura da barragem;

j) Comprimento da barragem;

3. Histórico - incidentes/acidentes anteriormente ocorridos, se aplicável.

4. Fichas de Inspeções preenchidas, a serem revisadas pelo responsável técnico, que deve pronunciar-se sobre:

a) Avaliação de anomalias: situação, classificação da sua magnitude e nível de perigo (ver item 3.4);

b) Fotografias das anomalias consideradas médias ou graves e sua descrição.

c) Análise dos registros dos seguintes instrumentos quando existam: piezômetros, medidores de tensões, registradores de fluxo, medidores de recalques, inclinômetros, extensômetros, marcos de referência, medidores de nível de água, medidores de vazão, acelerôgrafos, sismoscópios.

5. Comentários e observações sobre as componentes da barragem, designadamente: talude de montante, crista, talude de jusante, ombreiras, instrumentação, estruturas extravasoras (vertedouro, reservatório, torre de tomada de água, galeria de fundo) e estrada de acesso.

6. Avaliação do nível de perigo da barragem (ver item 3.5).

Ainda, para fins de aprimorar e qualificar a realização das inspeções de segurança, apresenta-se no ANEXO 15 dois modelos de Ficha de Inspeção Regular, propostas pela ANA. O conteúdo destas Fichas de Inspeção pode ser considerado como mínimo, devendo ser adaptado ou complementado em caso de verificação de déficit de informação.

Orienta-se que o relatório esteja sempre disponível na barragem 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 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.

Cabe, ainda, ao empreendedor:

a) Cumprir as recomendações contidas nos relatórios de inspeção de segurança;

b) Providenciar o cadastramento e a atualização das informações relativas à barragem junto à entidade fiscalizadora;

c) Ser informado de qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança;

d) Prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;

e) Providenciar a atualização deste Plano de Segurança da Barragem.

5.4.2 Inspeções Especiais ou Emergenciais

De acordo com o art. 9 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 “As inspeções de segurança regular e especial 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 de risco e do dano potencial associado à barragem”.

O parágrafo 2º, da lei supra, estabelece “a inspeção de segurança especial será elaborada, conforme orientação do órgão fiscalizador, por equipe multidisciplinar de especialistas, em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, nas fases de construção, operação e desativação, devendo considerar as alterações das condições a montante e jusante da barragem”.

Já 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 VI do art. 9º”, ou seja:

c) **alerta:** quando as anomalias representem risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança; e

d) **emergência:** quando as anomalias representem 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 (abalo sísmico, galgamento, cheia ou operação hidráulica do reservatório 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:

c) Em situações de descomissionamento ou abandono da barragem; e

d) 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.

Conforme denota-se, não existe uma data fixada para realização das inspeções especiais, pois estas são dependentes de condições e eventos, além de fiscalizações e denúncias que chegam ao órgão fiscalizador que pode exigir tal estudo.

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.

5.4.2.1 Diretrizes e Orientações

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.

5.4.2.1.1 Estudos e relatórios

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).

5.4.2.1.2 Qualificação dos Inspetores

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.

As equipes irão variar, dependendo da anomalia encontrada ou evento ocorrido. O Quadro 9 apresenta as especialidades mínimas dependendo da situação verificada.

A ANA orienta que a equipe chave mínima envolvida na realização da inspeção especial, em barragens como a PCH Salto Forqueta, contemple os profissionais relacionados na Tabela 3, em função da anomalia e/ou evento verificado na barragem. Esta proposição de equipe pode ser assumida pelo empreendedor, uma vez que outra não está definida na Lei Federal 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.

Tabela 3 - Equipe Técnica mínima a ser alocada para desenvolvimento de inspeções especiais de segurança em função do tipo de anomalia e/ou evento.

Anomalia/Evento	Equipe técnica mínima a ser alocada
	Barragem de concreto
Fissuras, erosão interna, deslizamentos de taludes.	Eng. Geotécnico
Aberturas de juntas, fissuras no concreto, deteriorações do concreto associadas a reações químicas, movimentos nos taludes.	Eng. Estrutural
Deplecionamento rápido do reservatório	Eng. Estrutural
Galgamento	Eng. Estrutural Eng. Hidráulico
Cheias, sismos e secas	Eng. Estrutural Eng. Hidráulico
Descomissionamento	Eng. Estrutural Eng. Hidráulico
Revisão Periódica	Eng. Estrutural Eng. Geotécnico Eng. Hidráulico

Cita ainda que em situações especiais, em função da natureza do evento ou da configuração da barragem, pode ser necessário acionar outros profissionais além daqueles listados, 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.

5.4.2.1.3 Conteúdo Mínimo

Conforme define a Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023, em seu art. 12 “O conteúdo mínimo da inspeção de segurança especial é o mesmo disposto no § 2º do art. 9º, tendo como referência o evento motivador”.

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.

Neste sentido, o conteúdo mínimo, previsto no § 2º do art. 9º da resolução normativa nº 696/2015 para fins da entrega de relatório, em conformidade com a resolução da ANEEL, supra identificada, está relacionado a seguir:

I. Identificação do representante legal do empreendedor;

II. Identificação do responsável técnico;

III. Avaliação da instrumentação disponível na barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;

IV. Avaliação de anomalias que acarretem em mau funcionamento, ~~em~~ indícios de deterioração ou ~~em~~ defeitos construtivos da barragem;

V. Comparativo com inspeção de segurança regular anterior;

VI. Diagnóstico do nível de segurança da barragem, de acordo com estas categorias:

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

b) atenção: quando as anomalias não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo;

c) alerta: quando as anomalias representem risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança; e

d) emergência: quando as anomalias representem risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais.

VII. Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

Ainda, em conformidade com o proposto para as inspeções regulares, orienta-se o empreendedor pela utilização das Fichas de Inspeção, apresentadas no ANEXO 15, 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.

5.4.3 Revisões Periódicas de Segurança

De acordo com o art. 10 da Lei nº 12.334/2010 “Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral da barragem,

considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem".

Portanto, a revisão periódica é um procedimento de segurança de barragem exigido pela Lei que deve ter uma periodicidade e conteúdo estabelecidos pelas entidades fiscalizadoras (no caso da PCH Salto Forqueta a ANEEL).

Vale destacar que a revisão periódica é parte integrante do Plano de Segurança da Barragem.

Desta forma, verificada a responsabilidade da ANEEL em se definir diretrizes para a elaboração da Revisão Periódica de Segurança – RPS, descreve-se o previsto na Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064quanto as definições para RPS. Segundo a resolução supra, a RPS, tem o objetivo de diagnosticar o estado geral de segurança da barragem, levando-se em conta o avanço tecnológico, a atualização de informações hidrológicas na respectiva bacia hidrográfica, de critérios de projeto e de condições de uso e ocupação do solo a montante e a jusante do empreendimento.

Ainda segundo a Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, a RPS deve indicar as medidas a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo, além do conteúdo mínimo disposto no art. 8º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, os itens elencados no § 2º do art. 10 desta mesma Lei.

A elaboração da RPS compete ao empreendedor e deverá ser conduzida pelo responsável técnico.

Para usinas existentes, a periodicidade de realização da RPS será definida de acordo com a classe da barragem, observado o interstício máximo disposto abaixo, contados a partir da publicação da Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023, conforme Quadro 11.

Segundo Parágrafo Único da resolução supra identificada, "para usinas novas, a RPS deverá ocorrer até o quinto ano desde o primeiro enchimento do reservatório, independentemente de sua classificação".

Quadro 11 - Periodicidade da realização de Revisões Periódicas de Segurança em barragens conforme Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023.

	CLASSE DA BARRAGEM		
	A	B	C
PERIODICIDADE	5 meses	7 anos	10 anos

Contudo, Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, define a periodicidade de 10 em 10 anos para realização da Revisão Periódica de Segurança (RPS), para a PCH Salto Forqueta, classificada como de Classe C, conforme formulário de Segurança de Barragem, atualizado e entregue na data de 10/2022, alocado no ANEXO 12, em uma pasta contendo demais documentos referentes a segurança da PCH. Portanto, como a PCH Salto Forqueta entrou em operação em 2002 a próxima revisão de segurança será no ano de 2025, após 10 anos da publicação da resolução 696/2015.

5.4.3.1 Diretrizes e Orientações

Primeiramente importa relatar que a Lei 12.334/2010 em seu § 2º define que "a Revisão Periódica de Segurança de Barragem deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo, para tanto:

I - O exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;

II - O exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor;

III - A análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente.

Neste sentido, a seguir descrevem-se informações importantes para realização da RPS. Inicia-se referindo à coleta de informações da barragem e de dados básicos e à inspeção detalhada de campo, seguindo-se um conjunto de aspetos gerais, com destaque para considerações de natureza hidrológica, geológica, geotécnica e sismológica, bem como abordagem do comportamento das fundações da barragem e do reservatório e da avaliação das estruturas extravasoras e de operação.

As diretrizes aqui propostas fazem parte do Manual do Empreendedor – Volume III, elaborado e disponibilizado pela ANA, para fins de orientações sobre a elaboração da RPS em conformidade com requisitos legais e com diversos documentos e normas nacionais e internacionais referentes ao tema.

5.4.3.1.1 Coleta de Documentos e Dados Básicos da PCH

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.

5.4.3.1.2 Estudos e Projetos a serem revisados

- **Estudos Hidrológicos**

Os estudos hidrológicos originais devem ser objeto de revisão, incorporando novos dados básicos obtidos no período compreendido entre o projeto da barragem e a revisão periódica de segurança, assim como as possíveis variações das caraterísticas hidrológicas ao longo do tempo (alterações de usos de água a montante, alterações climáticas, entre outros).

O Quadro 12 apresenta as atividades a desenvolver nos estudos hidrológicos para diferentes classes de barragens. Considera-se na análise da PCH Salto Forqueta que a mesma possa ser considerada como de categoria pequena.

Quadro 12 - Quadro de atividades a serem desenvolvidas em estudos hidrológios.

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
1. Obtenção e atualização de dados básicos	X	X	X
2. **Obtenção e atualização dos seguintes elementos:**			
a. Hidrograma das cheias naturais para vários períodos de recorrência	X	X	X
b. Hidrograma das cheias naturais e modificadas para vários períodos de recorrência para verificação da adequação dos órgãos extravasores existentes e/ou das suas regras de operação	X	X	X
c. Atualização das regras de operação do reservatório	X (*)	X	X
3. Atualização do estudo de inundação das cheias de projeto e de ruptura	X (*)	X	X

Fonte: ANA, 2015.

X (*) Estudos simplificados

- **Estudo Geológico, Geotécnicos e Sismológicos**

Em relação aos estudos geológicos e geotécnicos realizados deve fazer-se uma avaliação de caráter geral sobre eventual evolução das condições geológicas que possa afetar, em especial, o maciço de fundação da barragem.

Os estudos geológicos devem:

a) Revisar os mapas geológicos, desenhos, seções tipo, programa de investigações realizado, classificação dos testemunhos das sondagens, interpretações geológicas que incluem os locais da barragem, os órgãos auxiliares e o reservatório;

b) Dar atenção particular aos aspectos que influenciam o projeto, designadamente as zonas de cisalhamento, falhas, diaclases, cavernas, deslizamentos e os materiais de construção (ICOLD; 2005, apud ANA, 2015).

Os estudos geotécnicos devem:

a) Revisar os ensaios de laboratório e de campo executados no maciço de fundação e os relativos aos materiais de construção;

b) Revisar os registros dos níveis de água, antes e depois do enchimento do reservatório;

c) Revisar os relatórios geotécnicos desde os preliminares até aos relatórios da construção;

d) Correlacionar a atitude das descontinuidades com a estabilidade dos taludes, estabilidade da fundação e cargas na barragem e reservatório; e

e) Analisar a compatibilidade da caracterização geotécnica definida no projeto com a situação encontrada durante a construção da barragem.

Os estudos sismológicos devem:

Os estudos sismológicos devem conduzir à definição das ações sísmicas, em particular da intensidade, forma e duração das vibrações sísmicas no local da obra, havendo a considerar (ICOLD; 1989) o sismo máximo de projeto (SMP), que corresponde ao sismo credível do qual podem resultar as consequências mais graves para a barragem, e que deve ser estimado por via determinística.

Observa-se, porém, em face da fraca sismicidade do Brasil, os estudos sismológicos devem ser simplificados e apenas executados no caso de barragens de médio e grande porte.

- **Estudos do Comportamento da Fundação e do Reservatório**

O tratamento do maciço de fundação da barragem efetuado durante a construção deve ser analisado, procurando verificar a eficiência das cortinas de impermeabilização, dos sistemas de consolidação e de drenagem e das injeções de ligação.

O Quadro 13 apresenta as atividades a desenvolver nos estudos do comportamento da fundação e do reservatório, para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X da classificação da ANA.

Quadro 13 - Atividades a desenvolver nos estudos do comportamento da fundação e do reservatório.

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
1. Estudo do Comportamento da Função			
a. Avaliação da ocorrência da erosão interna devida à percolação da água pelo maciço de fundação	X (*)	X	X
b. Análise das vazões de percolação	NA	X (*)	X
c. Análise de subpressões em barragens de concreto	NA	X (*)	X
d. Análise da estabilidade da fundação	NA	X (*)	X

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
2. Estudo do Comportamento do Reservatório			
a. Abranger a área do reservatório, com especial atenção às formações mais permeáveis, solúveis ou erodíveis, o que permitirá fazer a previsão das vazões perdidas por infiltração, inclusive para vales colaterais, e propor medidas para evitar ou diminuir perdas de água	NA	X (*)	X
b. Analisar a estabilidade do reservatório com base nos estudos referidos no item anterior, adotando-se medidas para a assegurar por meio de drenagem, ancoragens, tirantes e desmonte de blocos ou de zonas instáveis	NA	X (*)	X

Fonte: ANA, 2015.

NA – Não aplicável
X(*) – Estudos simplificados
X – Estudos detalhados

- **Avaliação das Estruturas Extravasoras e de Operação**

Para analisar a segurança dessas estruturas extravasoras deve-se comparar a situação original com o que resultaria da aplicação de dados básicos e critérios atualizados de dimensionamento hidráulico e estrutural; com base nessa comparação deve-se então concluir pela eventual necessidade de medidas corretivas.

O Quadro 14 resume as atividades a serem desenvolvidas na avaliação dos elementos disponíveis relativos a estruturas estravazoras e de operação para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X (classificação proposta pela ANA).

Quadro 14 - Avaliação dos elementos disponíveis relativos às estruturas extravasoras e de operação a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
1. Vertedouro			
a. Caraterísticas hidráulicas	X (*)	X (*)	X
b. Análise dos fatores relevantes para a segurança da barragem	NA	X (*)	X
i. Dados geológicos e geotécnicos em relação à fundação do vertedouro	NA	X (*)	X
ii.Critérios de dimensionamento hidráulicos e estruturais em relação ao estado de arte atual	NA	X (*)	X
iii. Critérios de dimensionamento dos dispositivos de drenagem	NA	X (*)	X
iv.Critérios de dimensionamento das bacias de dissipação de energia para as descargas vertidas	NA	X (*)	
c. Análise da estabilidade da fundação	NA	X (*)	
2. Descarregador de fundo			
a. Características hidráulicas	NA	X (*)	X

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
b. Dados geológicos e geotécnicos	X (*)	X (*)	X
c. Critérios de dimensionamento em relação ao estado da arte atual	NA	X (*)	X
d. Dissipadores de energia das descargas vertidas	NA	X (*)	X
e. Critérios operacionais incluindo capacidade de vazão, apoiando o esvaziamento do reservatório, em situação de emergência	NA	X (*)	X
f. Sistemas de funcionamento dos equipamentos hidro e eletromecânicos	NA	X (*)	X
3. **Propriedade dos materiais de construção, sua colocação em obra e ensaios de controle**			
a. Caraterísticas físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua Origem	X (*)	X (*)	X
b. Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto	NA	X (*)	X
c. Propriedade do aço	NA	X (*)	X
d. Método de colocação do concreto	NA	X (*)	X
e. Resistência do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova f. cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação	X (*)	X (*)	X
g. Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto	NA	X (*)	X
h. Tratamento das juntas de construção	NA	X (*)	X
4. **Condições e Tratamento de Fundação**			
a. Investigação dos terrenos de fundação; localização de sondagens e de métodos geofísicos	NA	X (*)	X
b. Caraterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações	NA	X (*)	X
c. Injeções: profundidade da cortina de injeções, caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade	NA	X (*)	X
d. Sistemas de drenagem e seu controle	NA	X (*)	X
e. Outros tratamentos da fundação	NA	X (*)	X

Fonte: ANA, 2015.

NA – Não aplicável
X(*) – Estudos simplificados
X – Estudos detalhados

- **Avaliações Complementares**

Complementa-se a listagem de atividades para a execução da Revisão Periódica de Barragens de Concreto, com aspetos específicos destas obras, designadamente os relativos aos materiais de construção, aos maciços de fundação e a questões de projeto analisadas à luz do estado atual da arte.

Neste sentido o Quadro 15 resume as atividades a desenvolver na avaliação dos elementos disponíveis relativos aos aspectos específicos das barragens de concreto, em função do tamanho/classe da barragem definida com base no fator X (classificação ANA, 2015).

Quadro 15 - Avaliação de aspectos específicos de barragens de concreto a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
1. Propriedades dos materiais de construção, sua colocação em obra e ensaios de controle			
a. Características físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua origem	X (*)	X	X
b. Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto	X (*)	X (*)	X
c. Método de colocação do concreto	NA	X (*)	X
d. Resistência e durabilidade do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação	X (*)	X (*)	X
e. Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto	NA	X (*)	X
f. Tratamento das juntas de construção	X (*)	X (*)	X
g. Métodos de refrigeração do concreto	NA	X (*)	X
2. Condições e Tratamento da Fundação			
a. Investigação do terreno de fundação, localização de sondagens e de métodos geofísicos.	NA	X (*)	X
b. Caraterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações	NA	X (*)	X
c. Injeções de caldas de cimento: profundidade da cortina de injeções, composição de caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade	NA	X (*)	X
d. Ligação do concreto à fundação e às ombreiras	NA	X (*)	X
e. Metodologia de preenchimento das juntas, falhas e outras singularidades geológicas	NA	X (*)	X
f. Sistema de controle de drenagem e de percolação no maciço rochoso de fundação	X (*)	X (*)	X
g. Outros tratamentos da fundação, tais como tratamento dental e concreto de regularização	NA	X (*)	X
3. Análises adicionais de verificação do projeto			
a. Análise dos parâmetros do projeto	NA	X (*)	X
b. Tipos de ações consideradas no dimensionamento	NA	X (*)	X
c. Análise de estabilidade da barragem	X (*)	X (*)	X
d. Análise das deformações da fundação	NA	X (*)	X
e. Variações de temperatura do concreto	NA	X (*)	X

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
f. Análise do controle de percolação e da distribuição das subpressões na fundação	NA	X (*)	X
g. Análise de estabilidade das ombreiras	NA	X (*)	X
h. Intervenções corretivas, executadas durante a construção	X (*)	X (*)	X
i. Compatibilização dos aspectos construtivos com os métodos previstos no projeto	NA	X (*)	X
j. Comparação entre tensões e deslocamentos calculados e valores medidos, no caso de existir instrumentação apropriada	NA	X (*)	X
k. Cisalhamento nas juntas de contração	NA	X (*)	X

Fonte: ANA, 2015.

NA – Não aplicável
X(*) – Estudos simplificado
X – Estudos detalhado

- **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

O Quadro 16 apresenta as atividades a desenvolver na avaliação dos elementos disponíveis relativos aos procedimentos de operação e manutenção para classes de barragens, definidas pelo fator X proposto pela ANA, 2015.

Quadro 16 - Revisão dos procedimentos de operação e manutenção a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
a. Plano e registros de operação	X (*)	X	X
b. Área do reservatório e potencial ocorrência de deslizamentos e de assoreamento	NA	X (*)	X
c. Critérios de primeiro enchimento e procedimentos de operação associados	NA	X (*)	X
d. Barragens existentes a montante e a jusante	NA	X (*)	X

Atividade	Porte da Barragem		
	Pequeno	Médio	Grande
e. Plano e registros de manutenção das estruturas e dos equipamentos eletro e hidromecânicos	X (*)	X	X
f. Análise da frequência dos testes do equipamento	X (*)	X	X
g. Análise de eventuais intervenções de reparação da estrutura da barragem	X (*)	X	X
h. Planejamento de manutenção da barragem e dos órgãos extravasores	NA	X (*)	X
i. Sistemas de comunicação e sistemas de alarme	NA	X (*)	X

Fonte: ANA, 2015.

NA – Não aplicável
X(*) – Estudos simplificado
X – Estudos detalhado

- **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.

5.4.3.1.3 Documentos Resultantes da Revisão Periódica de Segurança de Barragem

Concluída a Revisão Periódica de Segurança será elaborado o Relatório Final do estudo e o correspondente Resumo Executivo. Como atualmente a ANEEL não dispõe de orientações e/ou definições do conteúdo mínimo para elaboração do relatório e resumo executivo da RPS, tampouco isto fica definido na Lei 12.334/2010. Cita-se o conteúdo dos relatórios finais proposto pela ANA em seu Manual do Empreendedor Volume III datado de 2015.

Segundo a ANA, o Relatório Final deverá abordar as análises indicadas ao longo dos itens anteriormente descritos demonstrados. O documento deverá incluir, no mínimo, os seguintes aspectos técnicos:

a) Resultado da inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas;

b) Reavaliação do projeto existente, de acordo com os critérios de projeto aplicáveis à época da revisão;

c) Atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de descarga existentes;

d) Reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento;

e) Reavaliação do Plano de Ação de Emergência-PAE, quando for o caso;

f) Revisão dos relatórios das revisões periódicas de segurança de barragem anteriores, quando for o caso;

g) Considerações sobre eventual reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado;

h) Conclusões sobre a segurança da barragem;

i) Recomendações de melhorias a implementar para reforço da segurança da barragem; e

j) Estimativa preliminar (ordem de grandeza) dos custos e prazos para implementação das recomendações.

O Resumo Executivo deverá incluir informação simplificada referente aos seguintes aspectos:

a) Identificação da barragem e de seu empreendedor;

b) Identificação do Responsável Técnico pela Revisão Periódica;

c) Período de realização do trabalho;

d) Listagem dos estudos realizados;

e) Conclusões; e

f) Recomendações sobre as melhorias a implementar e sobre o respectivo plano de ação.

5.4.3.1.4 Equipe Técnica

A revisão periódica de segurança da barragem deve ser conduzida por equipe multidisciplinar, com competência nas diversas áreas que envolvem a segurança da barragem, designadamente, hidrologia, hidráulica, geologia, geotecnia, estruturas, tecnologia de concreto, etc.

A equipe deverá ser externa ao empreendedor, contratada para este fim.

O responsável técnico pela Revisão Periódica de Segurança da Barragem deverá 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.

No Quadro 17 apresenta-se o dimensionamento da equipe técnica sugerido em função do porte e do tipo de barragem.

Quadro 17 - Dimensionamento da equipe técnica em função do porte da barragem.

Porte da Barragem	Fator X = $H^2\sqrt{V}$	Barragens de concreto
Pequeno	X < 400	Eng.º. Estrutural, Eng.º Hidráulico,

Porte da Barragem	Fator X = $H^2\sqrt{V}$	Barragens de concreto
		Topógrafo, Inspetor de campo
Médio	400 < X < 1000	Eng.º Estrutural, Eng.º Hidráulico, Geólogo de Engenharia, Eng.º Mecânico, Topógrafo, Inspetor de campo
Grande	X > 1000	A totalidade dos profissionais acima, somados aqueles com capacidades técnicas importantes e relacionadas ao tema disponíveis na equipe interna do barramento.

Fonte: ANA, 2015.

5.4.4 Rotinas de Inspeção/Monitoramento Periódicas Aplicadas na PCH Salto Forqueta

Segundo informações do empreendedor (CERTEL), de forma complementar as obrigações legais, impostas pela Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023 e descritas nos itens anteriores, são aplicadas rotinas de inspeção extraordinárias implementadas para PCH Salto Forqueta, que são executadas a fim de se dispor de dados e informações mensais, semestrais e anuais da estrutura.

Este “monitoramento” realizado a partir de inspeções tem periodicidade definida em função da relevância do tema de avaliação, ou seja, existem itens que são inspecionados mensalmente (em função da sua relevância para avaliação de potenciais alterações/problemas) e existem aqueles que acabam sendo inspecionados anualmente. A seguir são apresentadas as rotinas de monitoramentos atualmente aplicadas pelo empreendedor, sua periodicidade e os resultados esperados:

- **Inspeção Mensal:** Nesta campanha de monitoramento são efetuadas leituras dos dois medidores de deslocamento tri–ortogonais e do medidor de vazão, com intenção de se dispor de dados para confecção de estudos e análises periódicas e para verificação imediata de qualquer alteração anômala que possa antever potenciais riscos ou falhas;
- **Inspeção Semestral:** Nesta campanha de inspeção/monitoramento é realizada uma inspeção visual pelo técnico de segurança da barragem, gerando como produto um relatório fotográfico dos principais elementos/estruturas da barragem, a fim de se dispor de informações históricas para montagem de relatórios periódicos, legalmente obrigatórios; e
- **Inspeção Anual:** Neste monitoramento é realizada inspeção das condições dos diversos elementos da barragem. Tem rotina semelhante a da inspeção regular, obrigatório por lei para realização a cada 2 anos, porém, tem periodicidade anual a fim de se acompanhar qualquer anomalia que possa antever ocorrências que representem risco e que possam necessitar de intervenção. Este monitoramento é em suma uma rotina aplicada para fins operacionais do empreendimento, pois

o produto da inspeção serve de base para o planejamento de manutenções e/ou intervenções a serem realizadas nas estruturas. Nesta rotina também se faz uso da planilha modelo apresentada no ANEXO 15.

Entende-se que a totalidade dos monitoramentos/inspeções, intermediárias àquelas de obrigatoriedade legal, são de suma importância para operação da PCH, uma vez que são base para a definição de necessidades de manutenções e planejamento de propostas de melhoria da operação do sistema.

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PCH SALTO FORQUETA

VOLUME IV

Registros e Controles

COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TEUTÔNIA - CERTEL ENERGIA

6 REGRA OPERACIONAL DOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA DA BARRAGEM

A segurança de uma barragem depende, em larga medida, da operacionalidade dos respectivos dispositivos estravasores, 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.

A capacidade de descarga do vertedouro e de outros dispositivos de descarga deve estar devidamente avaliada no projeto, com o estabelecimento de curvas-chave (ou curvas 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 disto ~~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 que não acarreta riscos de galgamento.

Na PCH Salto Forqueta após a enchente de 04 de janeiro de 2010 a cota de proteção foi aumentada em 1 metro aumentando consequentemente a segurança contra galgamento das ombreiras, visando aprimorar a segurança da estrutura mesmo não tendo sido verificado galgamento no referido evento.

6.1 Cotas Operacionais

O controle das cotas operacionais (níveis de água), para operação e geração de energia da PCH Salto Forqueta 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, acima deste valor ocorre vertimento, que por consequência, perda de geração.
- Mas normalmente a operação normal é feita entre as cotas 206,30 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.

6.1.1 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 média instalada dos dois grupos é de 6,08MW.

Em dias úteis, de pouca precipitação, o deplecionamento é concentrado nos horários de pico, fora do horário de verão das 18hs às 21hs e em horário de verão das 19hs às 22hs, 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.

6.1.2 Precipitação acima do Normal

Devido aos grandes e médios volumes de chuva ocorrem as 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.

6.1.3 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 apenas uma oportunidade, ocorreu evento extremo relevante para o empreendimento. Este 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.

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 do evento acima relatado, em um primeiro momento é realizado o desligamento total da energia do complexo para evitar curto circuitos e possíveis explosões causando um prejuízo maior, em seguida são protegidos computadores e acessórios 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.

Após o evento de 2010, como medida protetiva, foi ampliada a altura da face de montante das ombreiras. A obra executou “mureta” com 1,0m acima da cota de projeto, levando o barramento ao suporte de 211,80m de cota do reservatório em relação ao nível do mar.

6.2 Manual de Procedimentos para Tomada de Água e Descarregador de Fundo

6.2.1 Esquema Operacional

O descarregador de fundo foi à primeira estrutura a ser executada na obra. Foi utilizado como estrutura de desvio para trabalhar no leito antigo do rio.

Após o enchimento do reservatório o descarregador de fundo nunca precisou ser aberto.

6.2.2 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.

6.2.3 Procedimentos de Proteção

No reservatório, está instalado um *log boom*, ou seja, uma linha de boias com o objetivo de evitar passagem de material orgânico como galhos e folhagens para os canais de descargas como o canal de saída de ictiofauna e comporta de tomada d'água.

O descarregador de fundo não possui sistema de proteção a montante, já a jusante, foram executadas muretas de proteção contra acúmulo de materiais.

6.2.4 Acompanhamento de Assoreamento do Reservatório

Atualmente não há acompanhamento de assoreamento do reservatório, sendo recomendado o seu controle pelo método de batimetria. Ações devem ser tomadas somente quando o nível de assoreamento na tomada de água chegar próximo a cota normal mínima.

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PCH SALTO FORQUETA

VOLUME V

Plano de Ação de Emergência (PAE)

COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TEUTÔNIA - CERTEL ENERGIA

7 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.

O PAE elaborado e disponibilizado pelo empreendedor encontra-se apresentado na pasta do ANEXO 11, deste plano de segurança da PCH Salto Forqueta. O PAE está apresentado como documento exclusivo em volume único. Foi realizada a leitura do PAE a fim de verificar sua conformidade para com os requisitos legais, requeridos pela Lei 12.334/2010 e Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064, DE 2 DE MAIO DE 2023. Destaca-se que o PAE disponibilizado não apresenta nomenclatura dos títulos e subtítulos idêntica àquela proposta nas regulamentações, porém, o conteúdo do mesmo contempla mínimo requerido. Uma revisão do PAE para complementação de dados e atualização da nomenclatura de títulos é recomendada.

Vale acrescentar, a título de orientação para o empreendedor, que o PAE deverá estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas/potencialmente afetadas, do entorno da PCH, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.

Nosso PAE foi atualizado em 2021 com os estudo de rompimento e onda de cheia que mostra que a simulação não atinge nenhuma edificação.

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PCH SALTO FORQUETA

VOLUME VI

Relatórios de Inspeção e Revisão Periódica de Segurança da Barragem (RPS)

COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TEUTÔNIA - CERTEL ENERGIA

8 RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA

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.

Conclui-se dos relatórios de inspeção que a barragem apresenta pequenas anomalias de fácil manutenção e que estas anomalias não indicam situação de risco da barragem. No entanto, a conclusão fina sobre risco somente poderá ser obtida após a Revisão Periódica de Segurança da Barragem.

No Anexo 12 estão apresentados todos os relatórios de inspeção realizadas na PCH Salto Forqueta.

9 REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA

A PCH Salto Forqueta ainda não realizou uma Revisão Periódica de Segurança. Por ser classificada como classe C, a mesma deve ter revisões de segurança a cada 10 anos. Portanto, a Revisão Periódica de Segurança deve ocorrer no ano de 2025, ou seja, 23 anos após o início das atividades de operação da barragem.

10 QUADRO RESUMO DA DOCUMENTAÇÃO COMPLETA DO EMPREENDIMENTO

A relação de estudos e documentos elaborados e disponíveis para a PCH encontra-se no Quadro 18, onde reporta-se sua existência ou não verificação/disponibilidade junto ao empreendedor e informa-se sua localização (junto aos arquivos físicos do empreendedor) e sua localização digital (junto a uma mídia externa).

Cada uma das pastas de ANEXOS encontra-se localizada na forma de um hiperlink, tal qual dá acesso as pastas compactadas em meio digital, contendo a totalidade dos documentos pertinentes a cada tema de identificação do ANEXO.

Quadro 18 - Quadro resumo da disponibilizadade de estudos, projetos e documentos pertinentes a operação da PCH Salto Forqueta.

DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO, CONSTRUÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E SEGURANÇA			CHAMADA ANEXO	LINK DE ACESSO
PROJETO E CONSTRUÇÃO - Projetos dos Elementos da PCH	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 01**	**ANEXO 01 - Volume 01 - Projetos Elementos PCH**
PROJETO E CONSTRUÇÃO – Relatório "Como Construído" (As Built)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 02**	**ANEXO 02 - As Built PCH Salto Forqueta**
OPERAÇÃO – Manuais de Procedimentos e de Operação e Manual de Cotas Operacionais	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 03**	**ANEXO 03 - Manuais de Procedimentos e de Operação**
PROJETO E OPERAÇÃO - Estudos e Relatórios Hidrológicos (Curva Chave)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 04**	**ANEXO 04 - Estudos Hidrol. Geotécnicos**
PROJETO E MANUTENÇÃO - Plano e Manual de Procedimentos de Manutenção e Relatórios de Manutenção	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 05**	**ANEXO 05 - Manual e Relatório de Manutenção**
MANUTENÇÃO Manual de Equipamentos	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 06**	**ANEXO 06 - Manual de Equipamentos**
OPERAÇÃO – Relatórios Gerenciais (Descrição de intervenções de reabilitação anteriormente realizadas)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 07**	**ANEXO 07 - Relatórios Gerenciais**
OPERAÇÃO – Conformidade Legal Ambiental (Licenças, Certificados e Certidões)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 08**	**ANEXO 08 - Conformidade Legal Ambiental**
OPERAÇÃO – Regularidade com Bombeiros (Alvará)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 09**	**ANEXO 09 - Corpo de Bombeiros**

DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO, CONSTRUÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E SEGURANÇA			CHAMADA ANEXO	LINK DE ACESSO
OPERAÇÃO – Regularidade Segurança e Medicina do Trabalho (PPRA e PCMSO)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 10**	**ANEXO 10 - Segurança e Medicina do Trabalho**
SEGURANÇA – Plano de Ação de Emergência (PAE)	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 11**	**ANEXO 11 - Plano de Ação de Emergência**
SEGURANÇA – Relatórios de Inspeção de Segurança	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 12**	**ANEXO 12 - FSB's e Relatórios de Inspeção de Segurança**
SEGURANÇA – Instrumentação e Registros da Instrumentação	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 13**	**ANEXO 13 - Instrumentos e Registros das Instrumentações**
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E SEGURANÇA – Relação de Equipe e Controle de Treinamentos	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 14**	**ANEXO 14 - Relação Equipe e Treinamentos Realizados**
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO Há procedimento escrito de teste das comportas da tomada d´água?	☒ **Sim**	☐ **Não**	**-**	**Está no Manual de Manutenção**
SEGURANÇA Modelos e Padrões para realização de Inspeções de Segurança	☒ **Sim**	☐ **Não**	**ANEXO 15**	**ANEXO 15 - Modelos de Relatórios Fichas de Inspeção**

11 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

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>. Acesso em: 8 de jan. de 2018.

BRASIL. ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.064, DE 2 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. Disponível em: < https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.064-de-2-de-maio-de-2023-482465269>. Acesso em: 18 de julho 2023.

BRASIL. Lei n. 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 e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 21 de set. de 2010. Seção I, p. 01-05.