



PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM PCH SÃO BERNARDO



SBE-PSB-001-02-24

OUTUBRO/2024

02	14/10/2024	Revisão RN 1064/2024	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
Revisão	Data	Objeto da revisão	Redação	Empresa

1	INTRODUÇÃO	6
2	HISTÓRICO.....	6
2.1	Objetivo	6
1.1	Organização do Relatório	7
3	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	9
4	DADOS TÉCNICOS DO EMPREENDIMENTO E NECESSÁRIOS PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS BARRAGENS.....	11
4.1	Características Técnicas Usina	11
4.1.1	Localização e acessos	13
4.1.2	Reservatório	15
4.1.3	Barragem	16
4.1.4	Vertedouro	17
4.2	Circuito Hidráulico de Adução e Geração	18
4.2.1	Tomada de Água	18
4.2.2	Conduto Forçado	19
4.2.3	Casa de Força e Canal de Fuga	19
4.3	Equipamentos Eletromecânicos	20
4.3.1	Turbinas.....	20
4.3.2	Gerador	20
4.3.3	Conexão	20
4.4	Operação e Manutenção da Barragem	31
4.4.1	Plano de Esvaziamento Reservatório.....	31
4.4.2	Plano de Descomissionamento da Barragem	31
4.4.3	Manual de Operação e Manutenção da Barragem.....	31
5	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E QUALIFICAÇÃO TÉCNICA.....	32
5.1	Estrutura Organizacional	32
5.1.1	Estrutura Organizacional na usina da Segurança da Barragem	34
5.2	Qualificação Técnica	35
6	MANUAIS DE PROCEDIMENTOS DOS ROTEIROS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA E MONITORAMENTO E RELATÓRIO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM	36
6.1	Cadastro das Estruturas	36

6.1.1	PCHSBE-GE → GERAL.....	36
6.1.2	PCHSBE-BAD → BARRAGEM DIREITA.....	36
6.1.3	PCHSBE-BAE → BARRAGEM ESQUERDA.....	37
6.1.4	PCHSBE-VT → VERTEDOURO.....	37
6.1.5	PCHSBE-TA → TOMADA D'ÁGUA.....	38
6.1.6	PCHSBE-CO → CONDUTO FORÇADO.....	38
6.1.7	PCHSBE-CF → CASA DE FORÇA.....	38
6.2	Planejamento das Inspeções.....	39
6.2.1	Tipos e Frequência das Inspeções.....	39
6.2.2	Classificação dos Inspetores.....	41
6.2.3	Itinerário e Materiais para Inspeções.....	41
6.2.4	Observações e Fichas inspeções.....	42
6.3	Resumo das Fichas de Inspeções.....	47
6.3.1	Inspeções Regulares e Especiais.....	47
6.3.2	Inspeções Rotineiras.....	48
6.4	Manutenções Periódicas Usina.....	49
6.5	Fluxo de informação e equipe de inspeção.....	49
7	REGRA OPERACIONAL DE DISPOSITIVO DE DESCARGA.....	53
7.1	Condição Hidrológica.....	54
8	ÁREA A SER RESGUARDADA.....	58
9	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	59
10	RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA.....	60
10.1	Relatório Mensal.....	60
10.2	Relatório Anual.....	60
10.3	Relatório Especial.....	61
11	REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA.....	62
12	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RISCOS, COM DEFINIÇÃO DAS HIPÓTESES E DOS CENÁRIOS POSSÍVEIS DE ACIDENTE OU DESASTRE.....	64
12.1	Cenários de não rompimento – Simulação 1.....	64
12.2	Cenário de rompimento – Simulação 2.....	64
12.3	Cenário de galgamento da barragem.....	64

12.4	Cenário efeito cascata.....	64
13	MAPA DE INUNDAÇÃO, CONSIDERANDO PIOR CENÁRIO IDENTIFICADO.....	65
14	IDENTIFICAÇÃO E DADOS TÉCNICOS DAS ESTRUTURAS, DAS INSTALAÇÕES E DOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO DA BARRAGEM	68
15	EQUIPE TÉCNICA	69
16	BIBLIOGRAFIA.....	70
17	ANEXOS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturas da PCH São Bernardo	12
Figura 2 – Localização PCH São Bernardo	14
Figura 3 – Rio Bernardo José – Perfil Cascata	15
Figura 4 – Curva Cota x Área x Volume - Reservatório	16
Figura 5 – Curva de Descarga – Vertedouro	18
Figura 6 - Arranjo geral da PCH São Bernardo.....	22
Figura 7 - Barragem e Vertedouro – Planta e Seções	23
Figura 8 - Barragem Margem Esquerda - Seções	24
Figura 9 - Barragem Margem Direita - Seções	25
Figura 10 - Vertedouro – Vista e Seções	26
Figura 11 - Vertedouro – Seções	27
Figura 12 – Circuito Geração - Seção	28
Figura 13 – Casa de Força - Pátio	29
Figura 14 – Casa de Força - Seção	30
Figura 15 – Representação esquemática das anomalias	44
Figura 16 – Projeto do Vertedouro de soleira livre.....	53
Figura 17 – Superfície do Vertedouro de soleira livre	54
Figura 18 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.....	56
Figura 19 – Área Resguardada – PCH São Bernardo	58
Figura 20 - Mapa Rompimento PCH São Bernardo TR 1.000 nos	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Bernardo José em operação, próximos a PCH São Bernardo.....	15
Tabela 2 – Documentos da barragem (Engevix)	17
Tabela 3 – Documentos da Tomada d'água (Engevix)	18
Tabela 4 – Documentos do Conduto Forçado (Engevix)	19
Tabela 5 – Documentos da Casa de Força (Engevix)	19
Tabela 6 - Tipo e frequência das inspeções de segurança	39
Tabela 7 – Níveis de Segurança e risco Ruptura	57
Tabela 8 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 1.000 anos	67

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Segurança de Barragem da PCH São Bernado, no rio Bernardo José, pertencente à **CJ Energética S.A.**, localizada no estado de Santa Catarina.

Visa atender a Política Nacional de Segurança de Barragens – Lei Federal nº Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010 alterada pela 14.066 de 30 de setembro de 2020, a Resolução Normativa – ANEEL - Nº 1064/2023.

Este plano foi elaborado para todas as estruturas da usina, fornecendo um plano completo de monitoramento, manutenção e operação das estruturas da Usina.

Estabelece orientações gerais quanto as metodologias e procedimentos, de forma a assegurar adequadas condições de segurança para a barragem e estruturas anexas.

2 HISTÓRICO

Em abril de 2013 a empresa Estelar Engenheiros Associados, através do documento MANUAL: **5000-SBE-6C-MPBA-001-00-13**, elaborou o Plano de Segurança de Barragens.

Já de março a agosto de 2020 a Prosenge Projetos e Engenharia elaborou revisão deste Plano de Segurança da Barragem para documento **SBE-BA-3C-PSB-0001-01**.

Neste ano agosto/ 2024 a Prosenge elaborou o estudo de rompimento da Barragem de acordo com RN 1064/2023 onde foi confirmado Dano Baixo, sem atingir nada a jusante de acordo com rompimento da Barragem. Contudo será realizado a revisão do Plano de Segurança da Barragem de acordo com mudanças da RN 1064/2023, o qual será revisado e substituído pelo documento em questão.

2.1 Objetivo

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

Ainda conforme Lei 12.334 e Resolução Normativa nº 1064, a barragem da PCH Rodeio Bonito se enquadra na matriz de classificação de barragem como **classe C**, isto é, categoria de risco Baixo e dano potencial Baixo. Logo, devido a esta classificação se faz necessário a elaboração do Plano de Segurança da Barragem (documento em questão) e não é necessário elaborar o Plano de Ação de Emergências, de acordo com estudo de rompimento da barragem (SBE-DB-001-00-24).

O Plano de Segurança da Barragem tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

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

Conforme a Lei nº 12.334/2010 alterado pela Lei 14.066/2020, o Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

- I - Identificação do empreendedor;
- II - Dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;
- III - Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;
- IV - Manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;
- V - Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;
- VI - Indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;
- VII - Plano de Ação de Emergência – No Caso da PCH Rodeio Bonito será necessário a elaboração do Plano de Ação de Emergência devido à Classe da Barragem - B;
- VIII - Relatórios das inspeções de segurança;
- IX - Revisões periódicas de segurança;
- X – Identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre;
- XI – Mapa de inundação, considerando pior cenário identificado;
- XII – Identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem.

1.1 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

- Cap.1 – Introdução
- Cap.2 – Histórico
- Cap.3 – Identificação do Empreendedor
- Cap.4 – Dados Técnicos do Empreendimento e Necessários para Operação e Manutenção das Barragens
- Cap.5 – Estrutura Organizacional e Qualificação Técnica

- Cap.6 – Manuais de Procedimentos dos Roteiros de Inspeções de Segurança e de Monitoramento e Relatórios de Segurança da Barragem
- Cap.7 – Regra Operacional de Dispositivo de Descarga
- Cap. 8 – Área a ser resguardada
- Cap. 9 – Plano de Ação de Emergência
- Cap.10 – Relatórios das Inspeções de Segurança
- Cap.11 – Revisões Periódicas de Segurança
- Cap. 12 – Identificação e avaliação dos riscos
- Cap. 13 - Mapa de inundação
- Cap. 14 – Identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem
- Cap.15 – Equipe Técnica
- Cap.16 – Bibliografia
- Cap.17 – Anexos

3 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Nome do Empreendedor: CJ Energética S.A.

PCH: São Bernardo

MATRIZ

CNPJ: 04.098.073/0001-19

Av. Avenida Carlos Gomes Nº1492, Sala 1808 – Bairro Auxiliadora - Porto Alegre – RS - CEP.
90480-002

[REDACTED]

Diretor Presidente: Cristiano Johannpeter

[REDACTED]

[REDACTED]

Diretor Geral: Cristiano Morales da Silveira

[REDACTED]

[REDACTED]

OPERAÇÃO REMOTA DA USINA – COS COTESA

COS COTESA – Centro de Operação do Sistema – Sala de Controle – 24h por dia.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Diretoria Operacional COTESA:

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Gerência Operação COTESA

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

OPERAÇÃO LOCAL DA USINA – CJ ENERGÉTICA

As áreas diretamente ligadas à operação da Usina estão listadas a seguir.

 CJ Energética	RELAÇÃO DE FUNCIONÁRIOS PCH SÃO BERNARDO		
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]

4 DADOS TÉCNICOS DO EMPREENDIMENTO E NECESSÁRIOS PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS BARRAGENS

4.1 Características Técnicas Usina

A PCH São Bernardo está localizada no município de Barracão, no estado do Rio Grande do Sul, e aproveita um desnível bruto de 50 m no local entre a Barragem e a casa de força. O rio onde foi implantada a usina é o rio Bernardo José.

A usina é composta de uma barragem/vertedouro em concreto compactado a rolo, com altura máxima de 21 m e comprimento total de 189,58 m.

A adução da vazão é feita a partir de uma tomada d'água na margem esquerda do rio, seguindo por um conduto metálico até o circuito de geração.

Na casa de força estão abrigadas três turbinas do tipo Francis Horizontal Simples, cada uma com 5 MW de potência nominal na saída dos bornes do gerador.

As figuras abaixo apresentam arranjo das estruturas e ficha técnica.



Figura 1 – Estruturas da PCH São Bernardo

FICHA TÉCNICA - PCH SÃO BERNARDO

FOTO



CASCATA

Usina Montante:	PCH Moinho
Usina Jusante:	Reservatório UHE Machadinho

ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO

Tipo:	Soleira Livre
Comprimento (m):	120,00
Capacidade (m³/s):	2.836,73 TR=1.000 anos
Cota da Soleira (m):	530,00
Fundação:	Basalto são

TOMADA D'ÁGUA

Tipo:	Gravidade	
Comprimento (m):	14,30	
Comportas	Número:	1
	Altura (m):	3,00
	Largura (m):	3,00

CONDUTO FORÇADO

Unidades:	1 (Trecho 1) - 3 (Bif.)
Diâmetro (m):	3,00 (Trecho 1) - 1,90 (Bif.)
Comprimento Total (m):	112,80

CASA DE FORÇA

Tipo:	Abrigada	
Potência Instalada (MW)	15,00	
Unidades Geradoras:	3 Francis Horizontal	
Vazão Máxima (m³/s):	37,05	
Queda Bruta (m)	50,00	
Nível água jusante (m):	Máx. Max.:	487,00
	Normal:	480,00
	Mínimo:	478,30

TURBINA

Potência Nominal [MW]	5,189 Unitária
Vazão Nominal [m³/s]	12,35 Unitária
Rotação Nominal [rpm]	400
Queda Liq. Ref. (m)	46,93

GERADOR

Potência Nominal [MVA]	5,9 Unitária
Tensão Nominal [kV]	13,8
Rotação Nominal [rpm]	400
Fator de Potência	0,85

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Nome:	PCH São Bernardo
Municípios:	Barracão - RS
Proprietário:	CJ Energética S.A.

DATAS

Conclusão Barramento:	20/03/2006
Início Operação:	04/04/2006
Manutenção Barragem:	-----

BACIA HIDROGRÁFICA

Curso d'Água:	Rio Bernardo José
Bacia (ANEEL):	Rio Uruguai - 7
Sub-Bacia (ANEEL):	70-Pelotas

RESERVATÓRIO

Área NA Normal - (km²):	0,18	
Volume NA Normal (hm³):	1,55	
Vazão Remanescente (m³/s)	0,50	
Níveis de Água (m):	Máx. Max.:	534,86
	Normal:	530,00
	Mínimo:	529,00

BARRAGEM

Tipo:	Gravidade - Concreto CCR
Comprimento (m):	21,00 - MD e 48,58 - ME
Altura Máxima (m):	21,00
Largura Crista (m):	5,00
Elevação da Crista (m):	536,00 - Mureta 537,00
Fundação:	Basalto são

Os documentos gerais da Usina estão apresentados no Anexo I – Documentos de Projeto – 1- Geral.

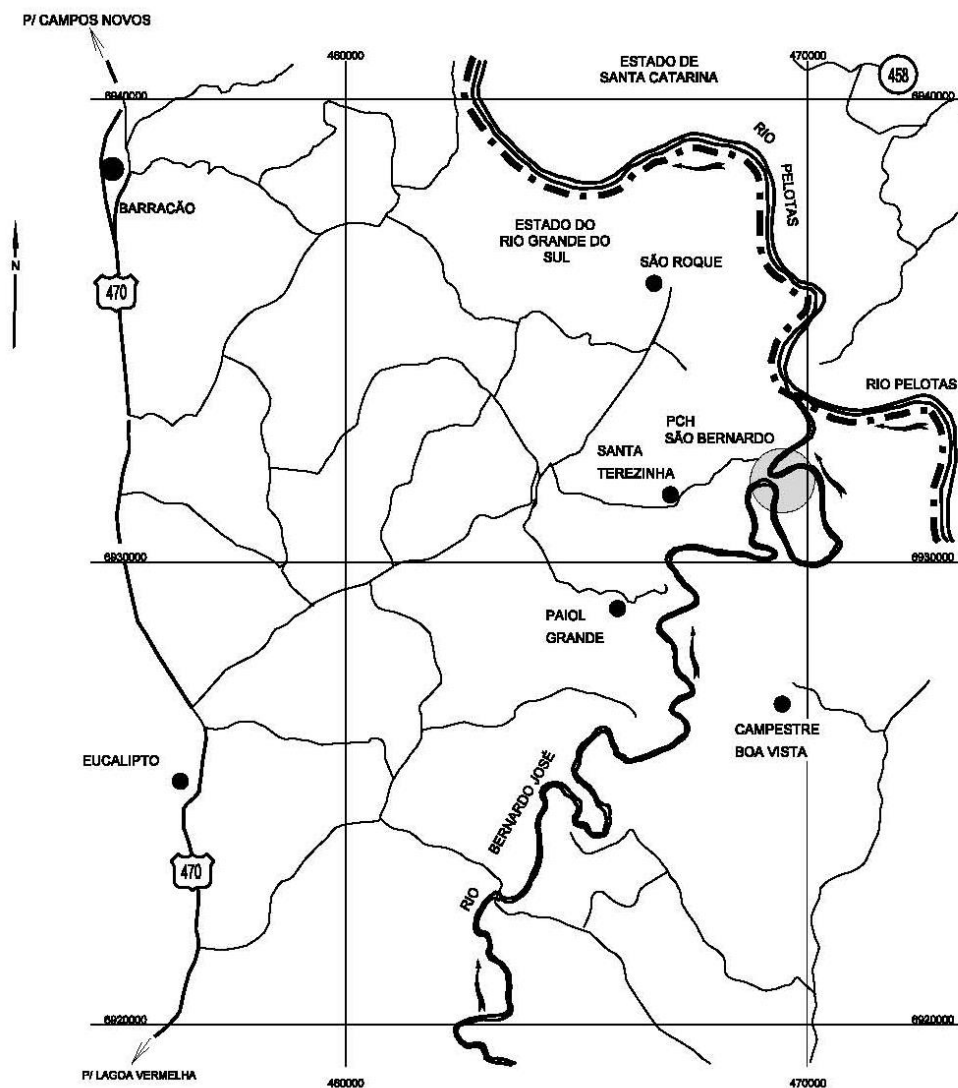
4.1.1 Localização e acessos

O acesso ao local do barramento efetua-se pela BR-470, percorrendo o trecho entre as cidades de Campos Novos, no estado de Santa Catarina, e Lagoa Vermelha, no estado do Rio Grande do Sul. Nesta rodovia, a partir da cidade de Barracão, através de 14,50 km de estrada vicinal

para o noroeste até a bifurcação à direita, seguindo na direção sudeste a partir de estrada vicinal por 7 km, chega-se ao local do aproveitamento no rio Bernardo José.

A PCH São Bernardo foi construída no rio Bernardo José, no local de coordenadas 27°44' de latitude sul e 51°19' de longitude oeste, entre os municípios de Pinhal da Serra e Barracão, na região norte do estado do Rio Grande do Sul.

A Figura 2 apresenta a localização e o acesso ao local do empreendimento.



ACESSO À REGIÃO DA USINA

Figura 2 – Localização PCH São Bernardo

O aproveitamento hidrelétrico encontra-se no trecho final do rio Bernardo José abaixo da PCH Moinho, sendo que este aproveitamento se encontra materializado e em operação.

A tabela abaixo apresenta a localização relativa da PCH São Bernardo na divisão de quedas do rio Bernardo José.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Bernardo José em operação, próximos a PCH São Bernardo

Posição em relação à PCH São Bernardo	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário
Montante	PCH Esmeralda	22,20	Esmeralda S.A.
	PCH Moinho	13,70	Moinho S.A.
Jusante	PCH São Bernardo	15,00	CJ Energética S.A.

Fonte (Aneel, 2024)

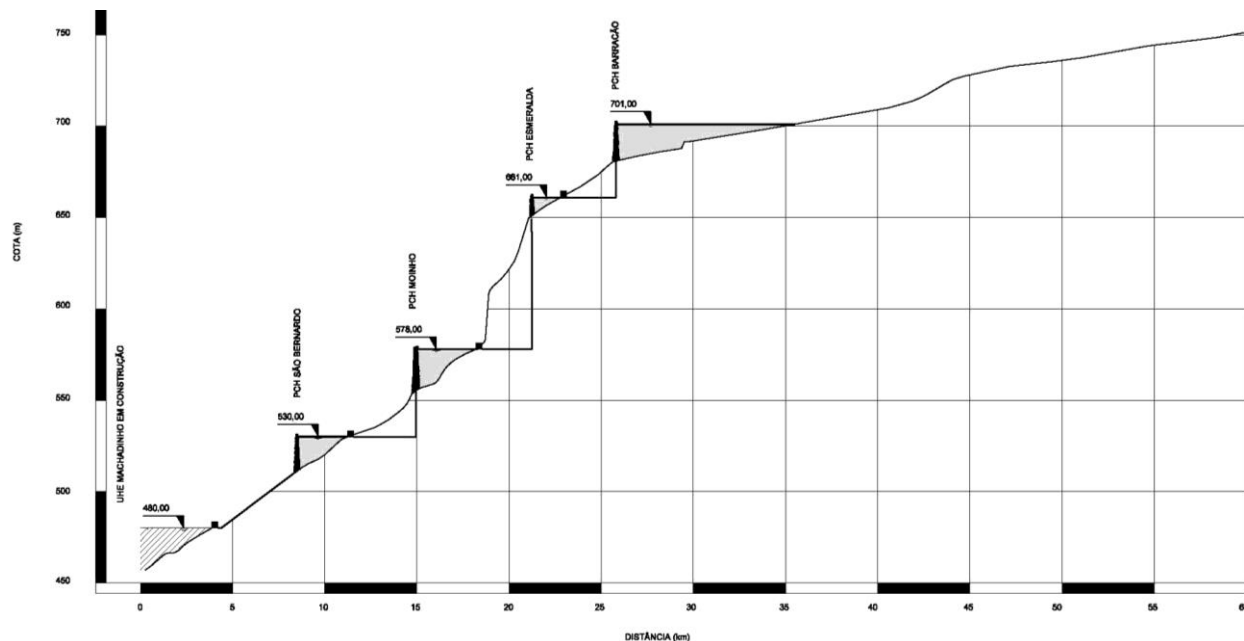


Figura 3 – Rio Bernardo José – Perfil Cascata

Fonte: 8667/00-10-DE-0002– Projeto Como Construído – PCH São Bernardo - Engevix

4.1.2 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH São Bernardo está fixado na El 530,00 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 1,55 hm³ e ocupa uma área de 18,20 ha e 2,85 km extensão.

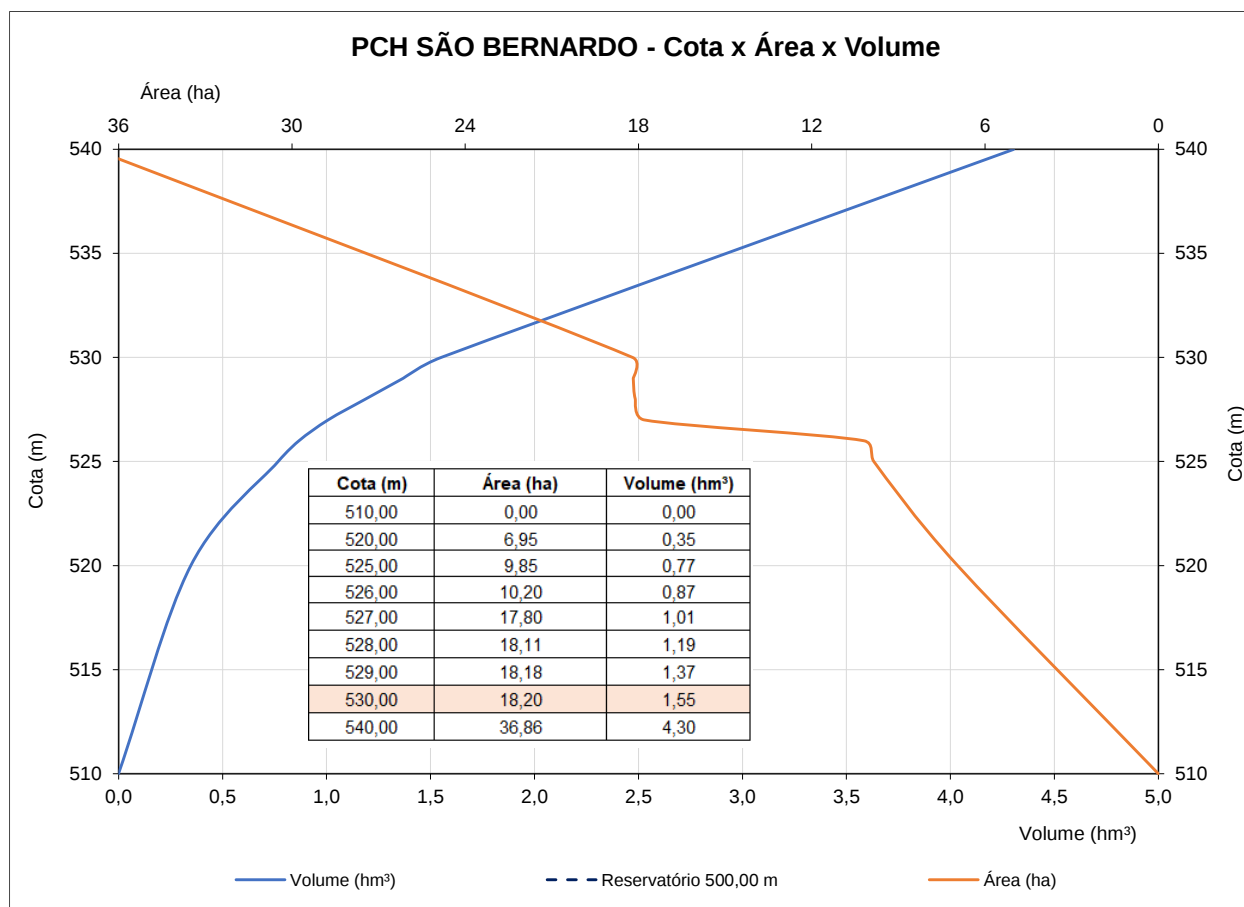


Figura 4 – Curva Cota x Área x Volume - Reservatório

4.1.3 Barragem

O barramento da PCH São Bernardo consiste em fechamentos nas ombreiras direita e esquerda com barragem em concreto. Na margem direita a barragem apresenta 21,00 m de comprimento e na margem esquerda apresenta 48,58 m (incluindo tomada d'água) e apresenta a maior altura de 21,00 m. Estas barragens possuem crista na El. 536,00 m, na margem esquerda está inserido mais mureta de 1,00 m, protegendo região do circuito na EL. 537,00 m.

A estrutura da Barragem nas ombreiras apresenta-se com paramento de montante vertical e paramento de jusante inclinado, variando de 0,70H:1,00V até 0,80H:1,00V. A largura da estrutura no trecho superior, onde ambos os paramentos são verticais, é de 4,00 m, porém na crista a largura foi estabelecida em 5,00 m, para permitir a circulação de equipamentos como guindastes para fechamento das adufas.

A fundação destas estruturas encontra-se sobre rocha basáltica sã.

Os documentos da Barragem estão apresentados no Anexo I – Documentos de Projeto – 2- Barragem e Vertedouro e dispostos conforme Tabela abaixo.

Tabela 2 – Documentos da barragem (Engevix)

Código	Título	Ano
8667-00-3F-DE-0197-A	Dique – Planta, Vista e Seções - Formas	2006
8667-00-3F-DE-2050-E	Barragem E Vertedouro -Blocos 3 A 8 - El. 509,45 A El. 530,00 -Formas	2006
8667-00-3F-DE-2051-D		
8667-00-3F-DE-2052-C		
8667-00-3F-DE-2060-G	Muro Lateral E Barragem Margem Esquerda - Blocos 9 A 13 - El. 514,68 A El. 537,00 - Formas	2006
8667-00-3F-DE-2061-F		
8667-00-3F-DE-2062-F		
8667-00-3F-DE-2063-F		
8667-00-3F-DE-2064-F		
8667-00-3F-DE-2065-F		
8667-00-3F-DE-2070-A	Muro Lateral E Barragem Margem Direita - Blocos 1 E 2 - El. 524,40 A El. 537,00 - Formas	2006
8667-00-3F-DE-2071-A		
8667-00-3F-DE-2072-A		
8667-00-3F-DE-2073-A		
8667-00-3F-DE-2085-A	Muro Lateral E Barragem Margem Esquerda - Bloco 9 - Dique El. 514,95	2006
8667-00-3G-DE-0045-A	Barragem – Injeções - Margens Direita E Esquerda - Seções Transversais	2006

4.1.4 Vertedouro

O vertedouro foi construído em CCR, e em concreto convencional nas suas faces externas e junto à sua fundação em rocha sã. Possui altura máxima de 21 m e talude de jusante de 0,80H:1,00V.

A superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta-se com perfil tipo USBR, seguido de calha em degraus, construído em concreto convencional, coincidente com o paramento de jusante do maciço de CCR. Não foram previstos quaisquer outros dispositivos de dissipação além dos degraus, prevendo-se apenas, eventualmente, o tratamento ou conformação da posição de impacto residual do escoamento. Dimensionado para a cheia com tempo de recorrência de 1.000 anos atualizada 2024 para vazão de 2837 m³/s, e com a soleira livre de 120 m de comprimento, o nível de água no reservatório atinge a elevação 534,82m.

O projeto do vertedouro está apresentado nos desenhos 8667/00-3F-DE-2050 a 52 e 8667/00-3G-DE-0045, Anexo I – Documentos de Projeto – 2-Barragem e Vertedouro.

A curva de descarga do vertedouro está apresentada abaixo.

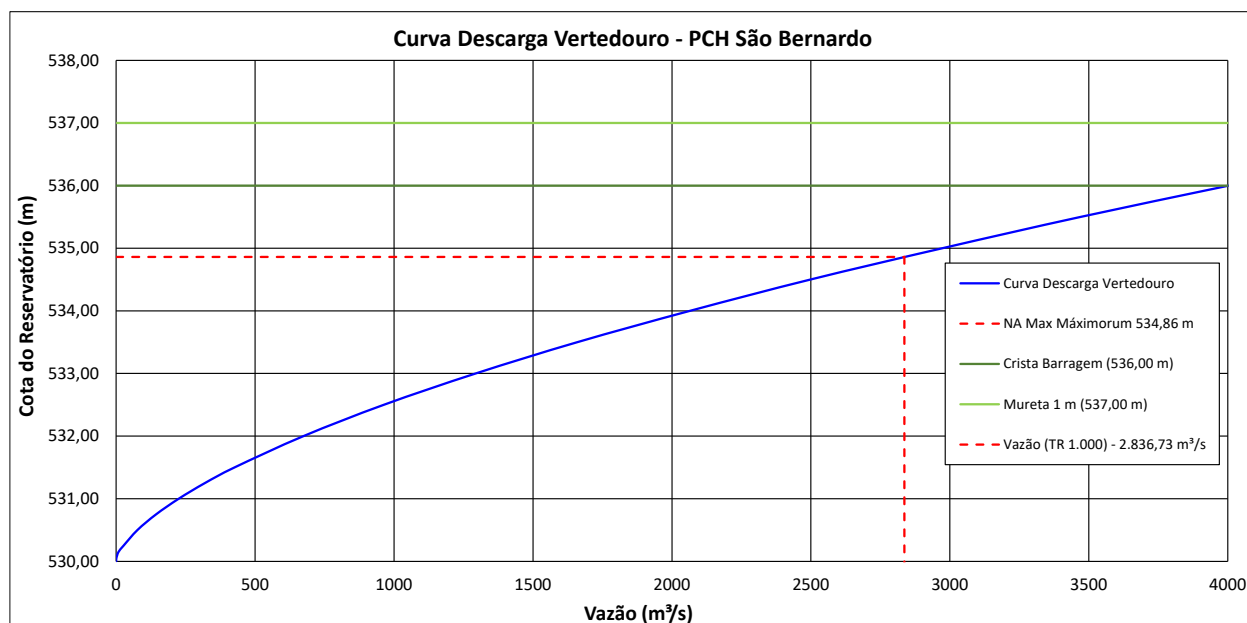


Figura 5 – Curva de Descarga – Vertedouro

4.2 Circuito Hidráulico de Adução e Geração

O circuito hidráulico de adução e geração, localizado na margem esquerda, é composto de uma tomada d'água junto ao barramento, conduto forçado bifurcando na casa de força que abriga três turbinas Francis de 5,00 MW cada. Este circuito será detalhado abaixo.

4.2.1 Tomada de Água

A estrutura da tomada de água está localizada na margem esquerda do rio, fazendo parte da Barragem.

A tomada de água em estrutura de concreto armado do tipo gravidade aliviada, possui altura máxima de 18,00 m, largura de 5,50 m, comprimento de 14,30 m na base, soleira na El. 520,50 m e coroamento na cota 536,00 m mais mureta de proteção até EL. 537,00 m.

Junto à sua entrada está sendo prevista uma grade destinada a impedir a entrada de materiais com dimensões que possam danificar os equipamentos. Esta grade apresenta-se com 4,40 m de largura e 6,60 m de altura.

O fechamento desta abertura, no caso da necessidade de manutenção do conduto, será feito por meio de uma comporta ensecadeira, com dimensões de 3,00 x 3,00 m. A movimentação desta comporta é realizada por meio de uma talha instalada sob um pórtico fixo de concreto.

Os documentos da Tomada d'água estão apresentados no Anexo I – Documentos de Projeto – 3-Tomada d'água e dispostos conforme tabela abaixo.

Tabela 3 – Documentos da Tomada d'água (Engevix)

Código	Título	Ano
8667-00-3F-DE-0008-G	Tomada d'água – Arranjo Geral – Planta, Seções e Vista	2006
8667-00-3F-DE-0102-F	Tomada d'água até El. 528,40 – Formas – Plantas El. 522,00 e El. 528,40 - Detalhes	2006
8667-00-3F-DE-0103-F	Tomada d'água até El. 528,40 – Formas – Seções e Detalhes	2006

4.2.2 Conduto Forçado

Após a tomada d'água, foi instalado um conduto forçado exposto, com 112,80 m de comprimento e diâmetro de 3,00 m. Na chegada da casa de força ocorrem as derivações para as três unidades geradoras, com o diâmetro passando para 1,90 m.

Os documentos do conduto forçado estão apresentados no Anexo I – Documentos de Projeto – 4-Conduto Forçado e dispostos conforme Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Documentos do Conduto Forçado (Engevix)

Código	Título	Ano
8667-00-3F-DE-0009-D	Conduto Forçado - Trecho Com Bifurcação - Planta E Seções	2006
8667-00-3F-DE-0141-B	Conduto Forçado – Arranjo Geral – Planta, Seções e Detalhes	2006
8667-00-3F-DE-0145-B	Conduto Forçado – Bloco de Apoio 1 - Formas	2006
8667-00-3F-DE-0146-B		
8667-00-3F-DE-2131-A	Conduto Forçado – Bloco de Ancoragem - Formas	2006

4.2.3 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força da PCH São Bernardo é do tipo abrigada, e foi projetada para acomodar três unidades geradoras do tipo Francis Horizontal Simples. Os respectivos geradores estão dispostos ao lado das turbinas.

A cota de proteção da casa de força, dimensionada para suportar uma cheia de 1.000 anos de recorrência, encontra-se na El. 487,40 m.

O nível de água normal no canal de fuga está na El. 480,00 m e o nível de água máximo de projeto encontra-se na El. 487,00 m.

Os documentos da casa de força estão apresentados no Anexo I – Documentos de Projeto – 5-Casa de Força e Canal de Fuga e dispostos conforme Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Documentos da Casa de Força (Engevix)

Código	Título	Ano
8667/00-3F-DE-0011 a 0014	Casa de Força - Gerais	2006
8667/00-3F-DE-0016 a 0020	Casa de Força – Plantas e Seções	2006
8667/00-2A-DE-0001 a 0004	Casa de Força e Área de Montagem - Acabamentos	2006
8667/00-2A-DE-0006 a 0008	Edifício de Controle - Acabamentos	2006
8667/00-2A-DE-0010		
8667/00-2A-DE-0014	Casa de Força e Área de Montagem - Acabamentos	2006
8667/00-2A-DE-0035		
8667/00-2A-DE-2545 a 2547	Edifício de Controle - Acabamentos	2006
8667/00-10-DE-0030 e 0031	Casa de Força – Sinalização de Segurança	2006

4.3 Equipamentos Eletromecânicos

4.3.1 Turbinas

As turbinas são do tipo Francis, de eixo horizontal, com rotor simples, com caixa espiral em chapas de aço soldadas, com capacidade que garanta uma potência não inferior a 5.189 kW no eixo da turbina, sob queda líquida de 46,93 m.

As características básicas da turbina são:

Quadro 1 – Dados da turbina

Quantidade	03 (três)
Tipo	Francis Horizontal Simples
Potência nominal (eixo)	5.189 kW
Queda Bruta Máxima	50,00 m
Queda líquida de referência (Hr)	46,93 m
Vazão nominal unitária	12,35 m³/s
Rotação nominal	400 rpm
Nível de água de jusante normal	El. 480,00 m
Nível de água de jusante máximo	El. 487,00 m
Nível de água de jusante mínimo	El. 478,30 m

4.3.2 Gerador

Os geradores serão de eixo horizontal, de polos salientes, com resfriamento natural, com sistema de excitação do tipo "brushless" (sem escovas) e com regulador de tensão digital, com potência nominal de 5.900 kVA e terão as seguintes características técnicas:

Quadro 2 – Dados do Gerador

Quantidade	03
Potência nominal	5.900 kVA
Fator de potência indutivo	0,85
Tensão nominal	13,80 kV
Frequência nominal	60 Hz
Número de pólos	18
Rotação nominal	400 rpm

No Anexo I estão apresentados os desenhos gerais das estruturas da usina e a ficha técnica do empreendimento.

4.3.3 Conexão

A pequena central hidrelétrica São Bernardo tem uma conexão em 69 kV com o sistema de transmissão da RGE, na cidade de Paim Filho. Esta conexão transporta a energia das três unidades geradoras operando em paralelo, além da energia gerada na PCH Esmeralda.

O transporte da energia, gerada pelas unidades, é realizado por um circuito de linha com cabos HAWK 477 MCM, com extensão aproximada de 47 km.

Na saída da LT está instalado um disjuntor, uma chave seccionadora, para isolamento da LT, e um conjunto de para-raios em 69 kV.

Abaixo seguem alguns desenhos como arranjo geral e seções da Usina. Todos os documentos da Usina estão apresentados no Anexo I.

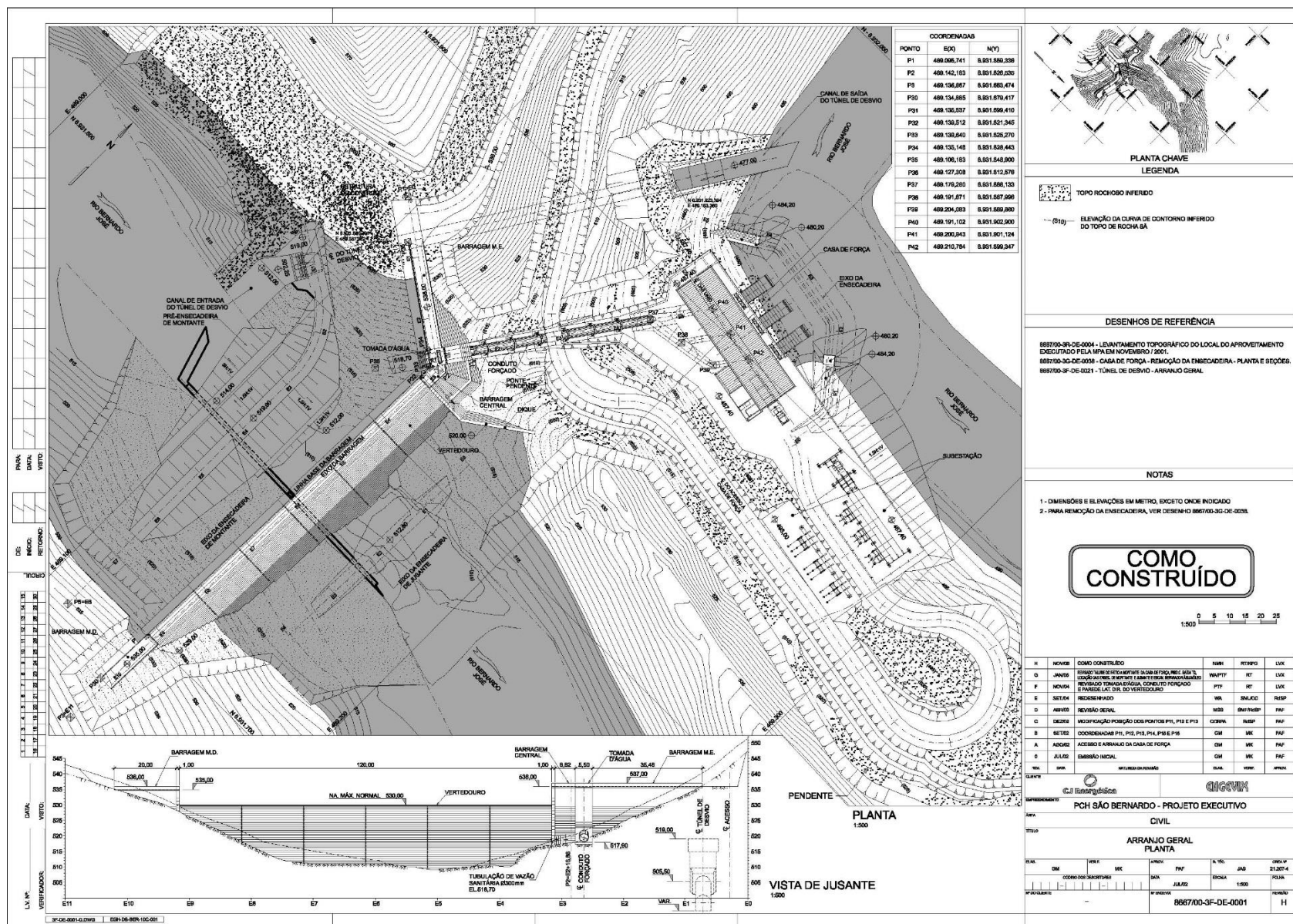


Figura 6 - Arranjo geral da PCH São Bernardo

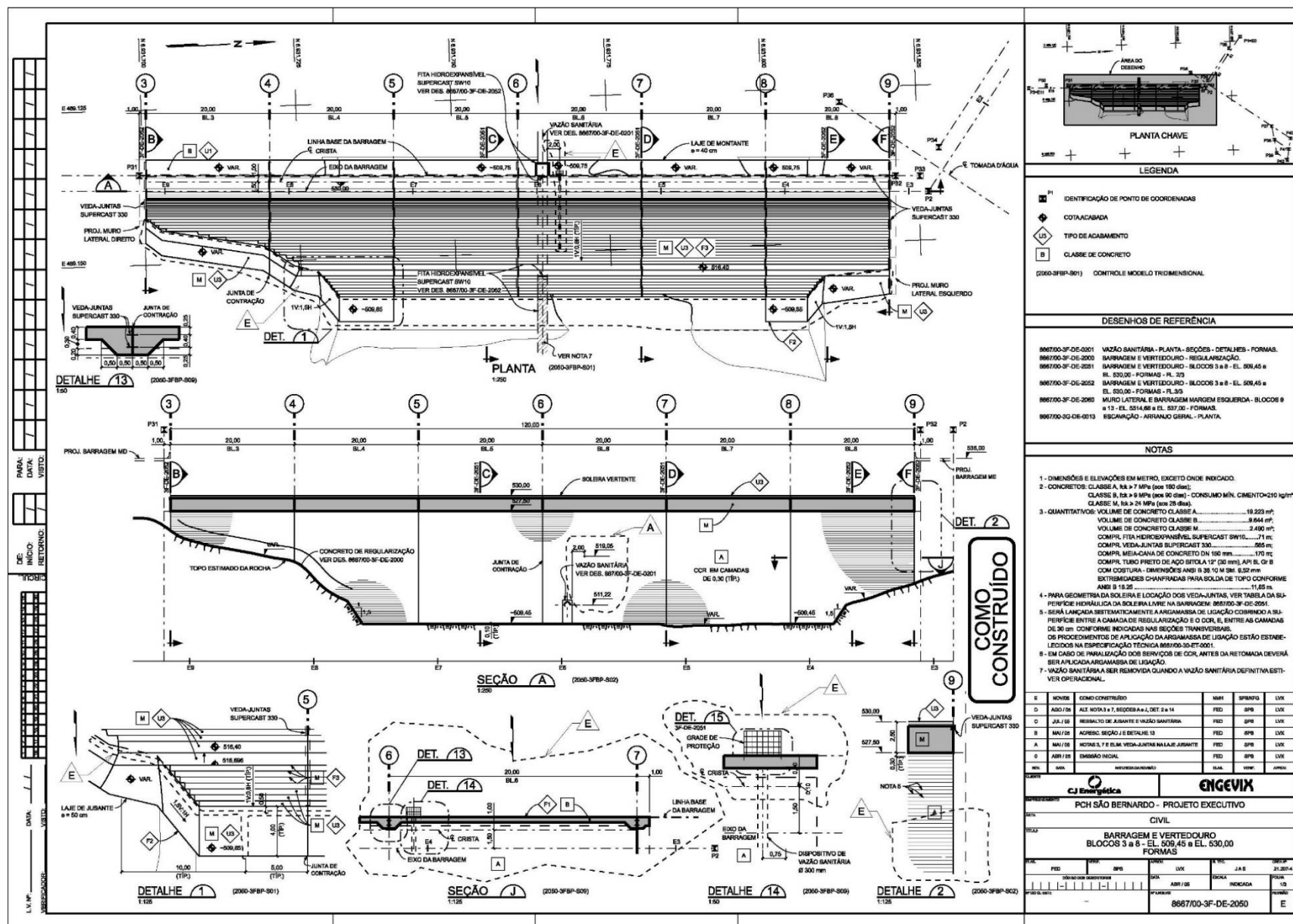


Figura 7 - Barragem e Vertedouro – Planta e Seções

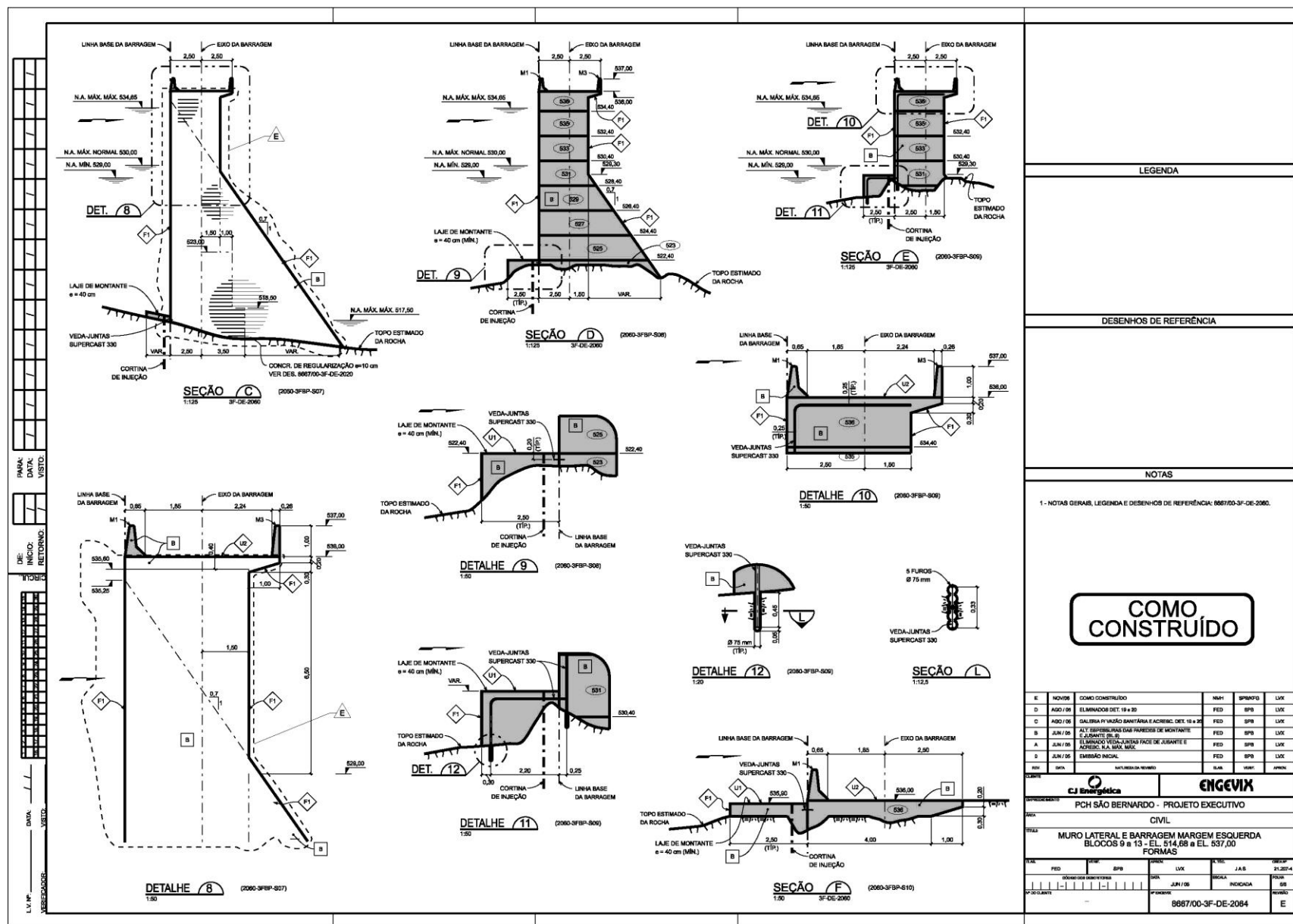
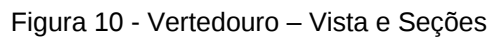


Figura 8 - Barragem Margem Esquerda - Seções





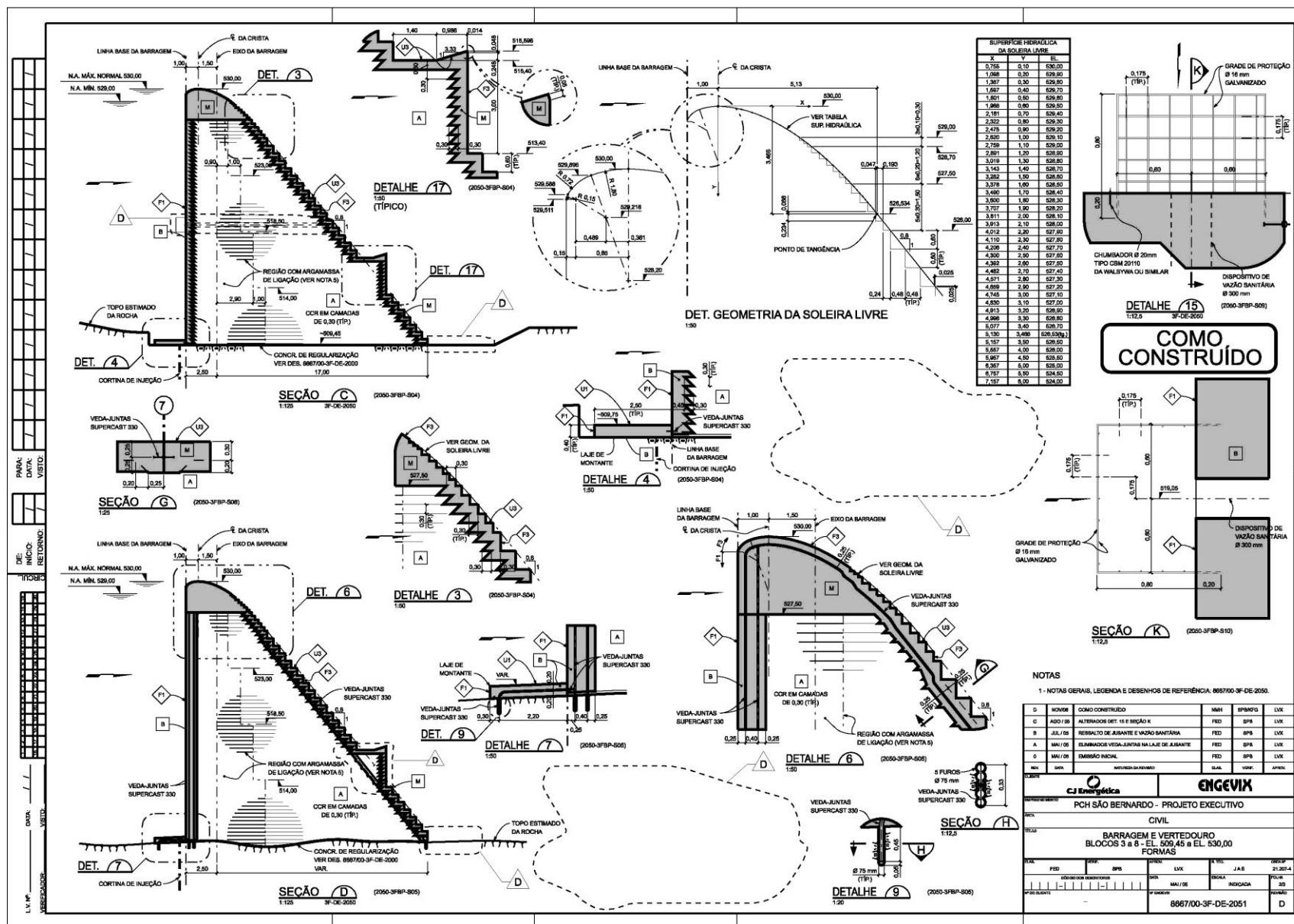


Figura 11 - Vertedouro – Seções

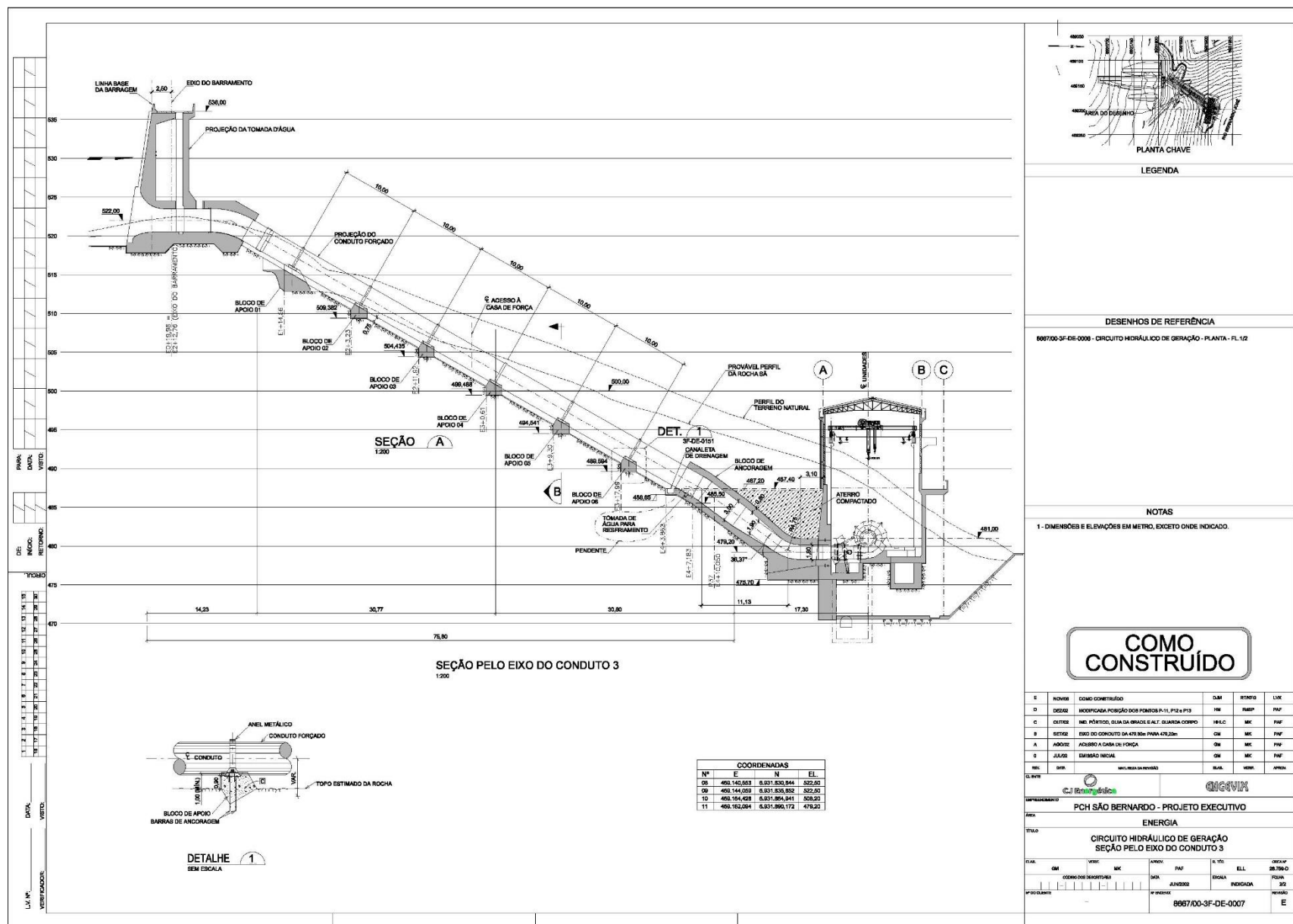
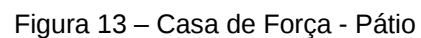


Figura 12 – Circuito Geração - Seção



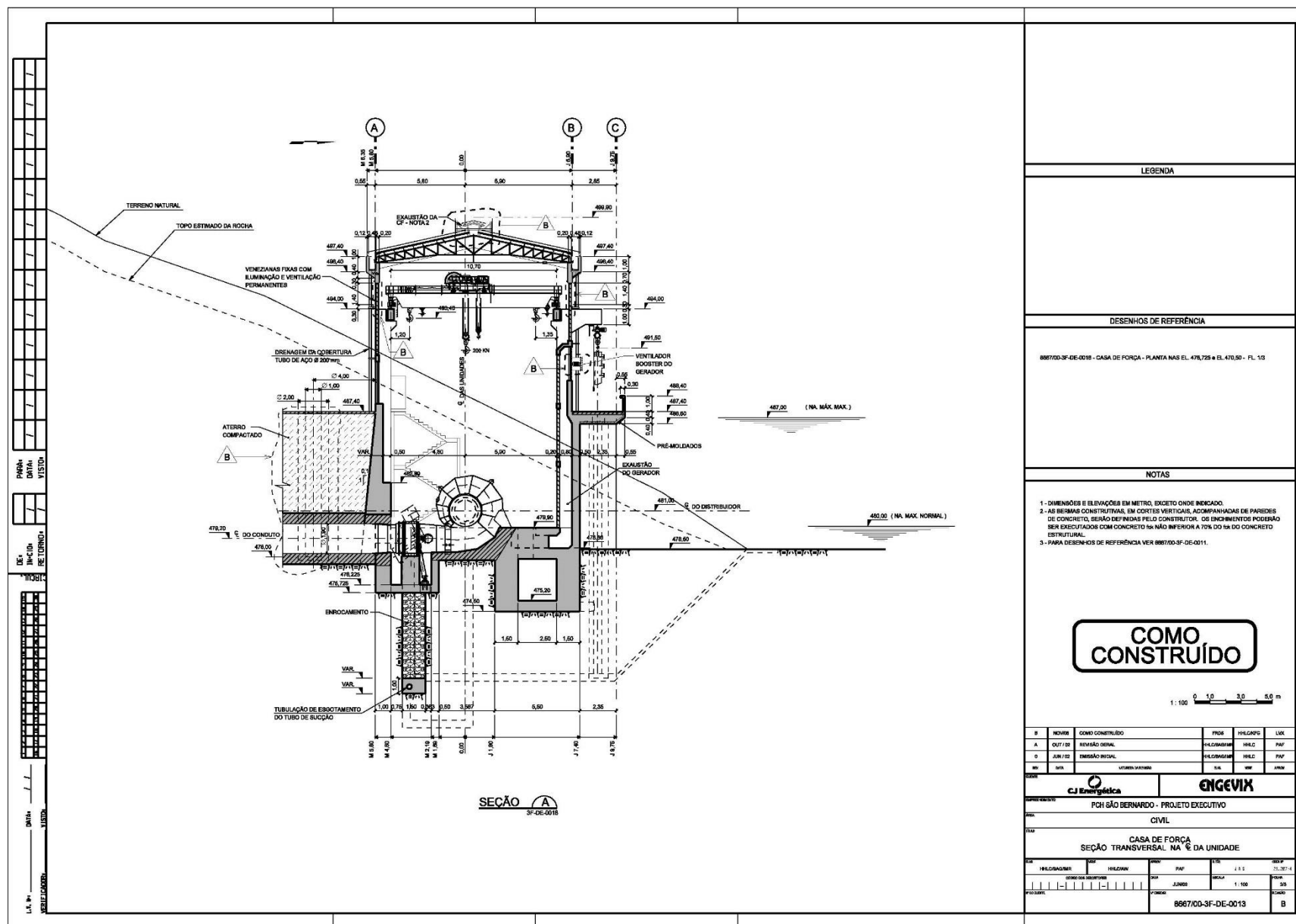


Figura 14 – Casa de Força - Seção

4.4 Operação e Manutenção da Barragem

4.4.1 Plano de Esvaziamento Reservatório

Este plano não se aplica à PCH São Bernardo por não existir descarregadores de fundo, pois o túnel de desvio foi tamponado após o desvio do rio na fase de construção da obra. O desenho 8667/00-3F-DE-2641 (Anexo I – 1-Gerais) apresenta detalhes do tamponamento do túnel de desvio.

4.4.2 Plano de Descomissionamento da Barragem

De acordo com a Lei nº 12.334, art. 18, somente será necessário descomissionar a Barragem a partir do momento que não atender aos requisitos de segurança, necessitando de um projeto específico de recuperação ou desativação. Esta necessidade será definida pelo órgão fiscalizador, no caso a ANEEL. Este assunto ainda não está regulamentado pela ANEEL.

4.4.3 Manual de Operação e Manutenção da Barragem

Foram elaborados manuais de procedimentos dos roteiros de inspeção, lista de verificação das estruturas e frequência de realização das inspeções civis.

Foram desenvolvidos os manuais de operação, manutenção e inspeção (OMI) para a Barragem e estruturas associadas. Estes manuais contêm informações coerentes e suficientes para permitir que os colaboradores operem e mantenham as barragens em condições seguras, e monitorem seu estado, de forma a acionar uma situação de alerta em caso de sinais que indiquem riscos acima de limites toleráveis.

Este manual está detalhado no item 6 - Manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de Segurança e Monitoramento e Relatório de Segurança da Barragem. Estes procedimentos devem servir de base para avaliar a vida útil do ativo e permitir a realização das análises de condição.

5 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E QUALIFICAÇÃO TÉCNICA

5.1 Estrutura Organizacional

Para segurança da Barragem, medidas preventivas e corretivas deverão ser tomadas.

Para isso, será necessário criar uma estrutura organizacional da equipe de segurança da Barragem. Esta estrutura compreenderá desde o operador da Usina até um consultor externo em caso de emergência.

Em situação de emergência, o processo de decisões sobre a operação do reservatório assumirá configuração descentralizada, que incluirá autoridade para mobilização de recursos humanos, materiais e financeiros.

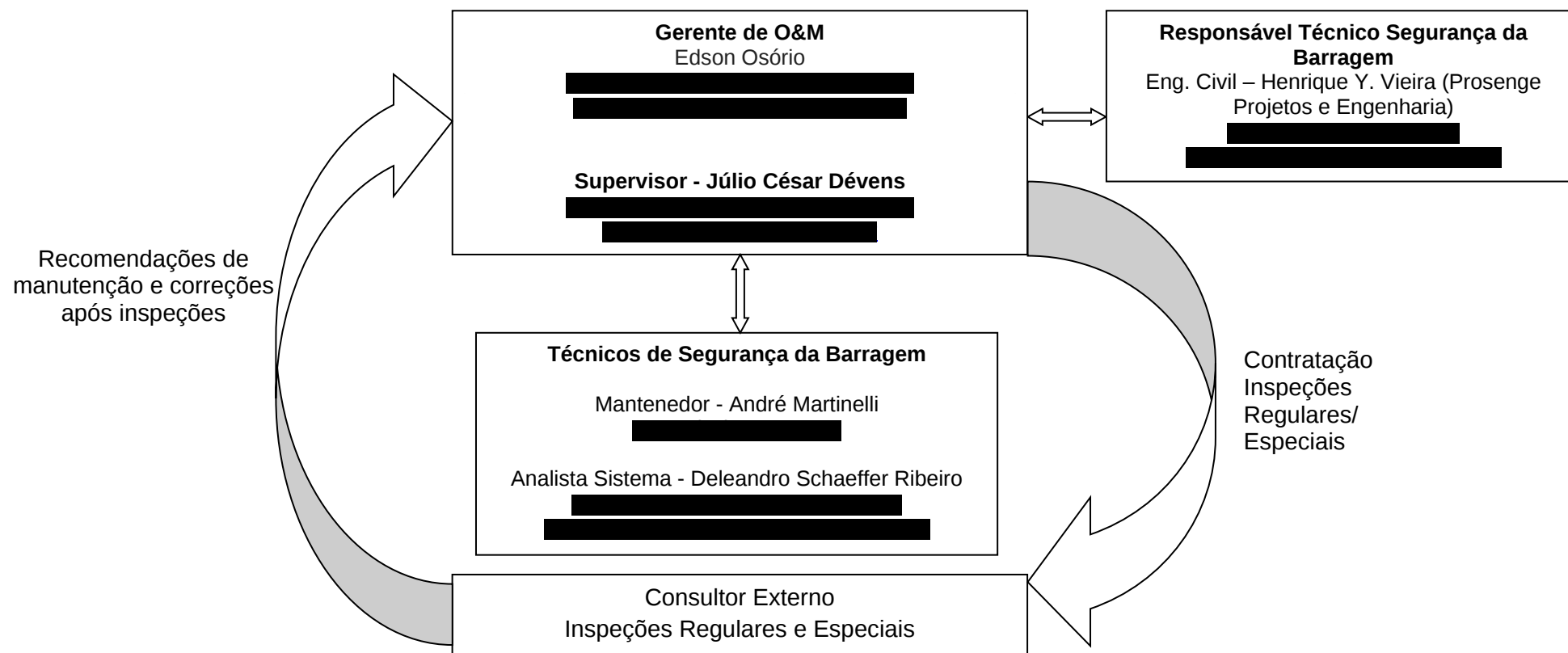
Será de responsabilidade da Operadora:

- Correção de qualquer deficiência constatada;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Usina e do reservatório.

A equipe de segurança da Barragem será composta pelo Supervisor da Usina, o Técnico de Segurança da Barragem (Operador da Usina) e o Consultor externo, conforme descrito abaixo:

- Responsável Técnico da Segurança da Barragem: é o responsável pela sua operação e manutenção da Barragem. Todas as informações relativas à segurança da Barragem serão concentradas neste profissional, sendo que o Gerente da Usina e Líder da Usina se reportaram a ele em qualquer situação de emergência da barragem para tomada de decisões e ações.
- Gerente de O&M: é o responsável pela operação e manutenção da usina, deverá reportar ao Responsável Técnico da Segurança da Barragem qualquer anormalidade.
- Supervisor da Usina: é o responsável por programar a realização das inspeções regulares na Barragem, deverá comunicar qualquer anormalidade a gerência.
- Técnico de Segurança da Barragem: é o responsável pela realização das inspeções regulares na Barragem. Ele deverá comunicar ao líder da Usina as informações regulares e a eventual anormalidade detectada nas inspeções.
- Consultor Externo: será contratado pelo gerente da usina para realização das inspeções civis periódicas e especiais. O consultor também avaliará os dados da instrumentação realizados até o momento da inspeção. Ele se portará ao gerente da usina, a qual tomará as medidas corretivas e de manutenção da Barragem.

A seguir é apresentada a estrutura organizacional da equipe de segurança da barragem para PCH São Bernardo.



Fluxograma 1 – Estrutura organizacional equipe de segurança da Barragem – PCH São Bernardo

5.1.1 Estrutura Organizacional na usina da Segurança da Barragem

RESPONSÁVEL TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Henrique Yabrudi Vieira – Prosenge Projetos e Engenharia - Engenheiro Civil (Consultor Técnico)

- Atribuições: Gestão do Plano de Segurança de Barragem;
- Atividades: Preenchimento do Formulário de Segurança de Barragem; Auxílio na Contratação do Consultor externo para Inspeção de Segurança Regular - ISR; Auxílio no acompanhamento da Manutenção Civil das Instalações; Auxílio no Acompanhamento da análise de documentação do PSB (inspeções de rotina, planilhas de auscultação).

CONSULTOR EXTERNO – Atualmente Prosenge Projetos e Engenharia

Prosenge Projetos e Engenharia – CNPJ 21.082.963/0001-51

Engenheiro Civil – Contratado conforme ISR e necessidades

- Atribuições: Consultoria e apoio nos assuntos relacionados a Segurança de Barragem.
- Atividades: Execução da Inspeção de Segurança Regular – ISR; Orientação em procedimentos específicos e especializados de manutenção civil, elaboração do PSB e PAE, e Treinamentos da equipe de segurança local.

COORDENAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM E PAE

Gerente de Operações e Manutenção: Eng Edson Osorio

- Atribuições: Coordenador do PAE de Segurança de Barragem;
- Atividades: Condução das atividades relacionadas à Segurança de Barragem reportando toda e qualquer anomalia encontrada ao Responsável Técnico de Segurança de Barragem; coordenar as ações do Plano de Ações Emergenciais – PAE.

EQUIPE OPERACIONAL

Supervisor da Usina: Júlio Dévens

- Atribuições: Programar inspeções regulares e acionamentos em caso de emergência – PAE.
- Atividades: Condução das atividades relacionadas à inspeção e Segurança de Barragem reportando toda e qualquer anomalia encontrada a gerência, coordena as ações de comunicação em caso de emergências – PAE.

Técnicos

- Atribuições: Execução das atividades relacionadas à segurança de barragens.
- Atividades: Inspecionar semanalmente as estruturas com emissão mensal da Lista de Verificações das possíveis anomalias encontradas.

5.2 Qualificação Técnica

A qualificação técnica da equipe de segurança da barragem deverá ser realizada após a conclusão do Plano de Segurança da Barragem e realizado reciclagens a cada ano de forma a manter equipe atualizada e comprometida com segurança da Barragem.

Esta qualificação será realizada para os operadores da Usina, bem como para o responsável pela segurança da Barragem, e deverá conter os seguintes itens:

- O porquê da Lei de Segurança de Barragens;
- Histórico de Rompimentos de Barragens;
- Lei no 12.334/2010 – Política Nacional de Segurança de Barragens;
- Monitoramento e Manutenção Civil – Inspeções Cíveis, Fichas inspeções, Instruções de Trabalho;
- Estrutura Organizacional Equipe de Segurança da Barragem;
- Fluxograma de Informações;
- Definição dos Itens a serem verificados nas Inspeções regulares (Mensais e Anuais);
- Estruturas de terra/enrocamento (Barragem e Taludes);
- Estruturas de Concreto (Vertedouro, Tomada d'Água e Casa de Força).

A apresentação para o treinamento e qualificação técnica está apresentada no Anexo IV deste relatório.

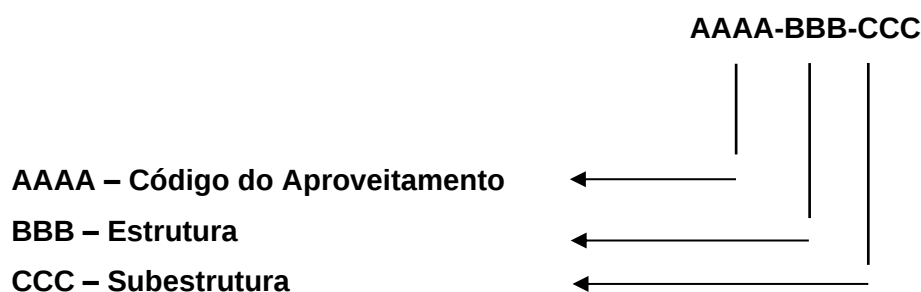
6 MANUAIS DE PROCEDIMENTOS DOS ROTEIROS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA E MONITORAMENTO E RELATÓRIO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

6.1 Cadastro das Estruturas

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

Apresenta-se, a seguir, o cadastro das subunidades e equipamentos pertencentes à unidade PCHSBE – Estruturas e Edificações, da Pequena Central Hidrelétrica São Bernardo, bem como os respectivos atributos e sua descrição.

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



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

6.1.1 PCHSBE-GE → GERAL

PCHSBE-GE-AC → ACESSOS E LIMITES PROPRIEDADES

Tipo: estradas vicinais com tratamento primário

PCHSBE-GE-SB → SUBESTAÇÃO

Tipo: pátio com brita e bases de concreto

PCHSBE-GE-TU → TALUDES DA USINA

Tipo: taludes em rocha com alguns trechos protegidos por concreto projetado

PCHSBE-GE-RE → RESERVATÓRIO

Tipo: boias sinalizadoras e assoreamento

Desenhos de referência (ANEXO I): 8667/00-10-DE-0001 a 0004, 8667/00-10-A1-0010, 8667/00-10-DE-0012, 8667/00-3F-DE-0001, 8667/00-10-DE-0021, 8667/00-2A-DE-0050.

6.1.2 PCHSBE-BAD → BARRAGEM DIREITA

A barragem da ombreira direita possui núcleo em CCR e paramentos em concreto convencional, com altura máxima de 21 m em relação à fundação.

PCHSBE-BAD-PM - PARAMENTO DE MONTANTE

Inclinação média do talude controle: vertical

Material: concreto convencional

PCHSBE-BAD-CR - CRISTA

Largura: 5 m

Pavimento: concreto

PCHSBE-BAD-PJ - PARAMENTO DE JUSANTE

Inclinação média do talude controle: 1 (V) – 0,80 a 0,70 (H)

Material: concreto convencional

PCHSBE-BAD-OM - OMBREIRA

Material: fechamento em rocha

Desenhos de referência (Anexo I): 8667/00-3F-DE-2070 a 2073.

6.1.3 PCHSBE-BAE → BARRAGEM ESQUERDA

A barragem da ombreira esquerda possui núcleo em CCR e paramentos em concreto convencional, com altura máxima de 21 m em relação à fundação.

PCHSBE-BAE-PM - PARAMENTO DE MONTANTE

Inclinação média do talude controle: vertical

Material: concreto convencional

PCHSBE-BAE-CR - CRISTA

Largura: 5 m

Pavimento: concreto

PCHSBE-BAE-PJ - PARAMENTO DE JUSANTE

Inclinação média do talude controle: 1 (V) – 0,66 (H)

Material: concreto convencional

PCHSBE-BAE-OM - OMBREIRA

Material: fechamento em rocha

Desenhos de referência (Anexo I): 8667/00-3F-DE-2060 a 2065, 8667/00-3F-DE-0197 e 8667/00-3F-DE-2085.

6.1.4 PCHSBE-VT → VERTEDOURO

Vertedouro de soleira livre, com núcleo em CCR e paramentos em concreto convencional.

PCHSBE-VT-FJ → FACE DE JUSANTE

Tipo: laje em degraus

Material: concreto convencional

Obs.: ressalta-se que esta parte da estrutura do Vertedouro será inspecionada somente quando não estiver ocorrendo vertimento.

PCHSBE-VT-CR → CRISTA

Cota de projeto: 530,00 m

Comprimento: 120,00 m

Largura: 2,50 m

PCHSBE-VT-RE → RESTITUIÇÃO

Tipo: natural e taludes em solo

Obs.: ressalta-se que esta parte da estrutura do Vertedouro será inspecionada quando houver rebaixamento do nível do reservatório. A soleira vertente está sobre a adufa de desvio.

Desenhos de referência (Anexo I): 8667/00-3F-DE-2050 a 2052 a 8667/00-3G-DE-0045.

6.1.5 PCHSBE-TA → TOMADA D'ÁGUA

A Estrutura da Tomada d'Água é de concreto convencional.

PCHSBE-TA-CR → CRISTA

Largura: 5,50 m

Pavimento: concreto

PCHSBE-TA-SC → ESTRUTURA DE CONCRETO

Estrutura: concreto armado

Número de vãos de comportas: 1

Dimensões dos vãos das comportas: 3,00 × 3,00 m

Desenhos de referência (Anexo I): 8667/00-3F-DE-0008, 0102 e 0103.

6.1.6 PCHSBE-CO → CONDUTO FORÇADO

Conduto forçado em aço apoiado sobre blocos de concreto.

PCHSBE-CO-BE → BERÇOS E BLOCO

Tipo: concreto convencional

Desenhos de referência (Anexo I): 8667/00-3F-DE-0009, 0141, 0145, 0146 e 2131.

6.1.7 PCHSBE-CF → CASA DE FORÇA

PCHSBE-CF-AE → ÁREA EXTERNA

El. 487,40 m

Estrutura: fechamento em alvenaria e taludes adjacentes em rocha.

PCHSBE-CF-AI → ÁREA INTERNA

Estrutura: concreto armado, alvenaria e fechamento metálico

PCHSBE-CF-CF → CANAL DE FUGA

Tipo: escavado em rocha e soleira em concreto

Desenhos de referência (Anexo I): 8667/00-3F-DE-0011 a 0014, 8667/00-3F-DE-0016 a 0020, 8667/00-2A-DE-0001 a 0004, 8667/00-2A-DE-0006 a 0008, 8667/00-2A-DE-0010, 8667/00-2A-DE-0014, 8667/00-2A-DE-0035, 8667/00-2A-DE-2545 a 2547 e 8667/00-10-DE-0030 e 0031.

6.2 Planejamento das Inspeções

6.2.1 Tipos e Frequência das Inspeções

A tabela abaixo apresenta resumo das inspeções anuais.

Tabela 6 - Tipo e frequência das inspeções de segurança

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

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

6.2.1.1 Inspeções Rotineiras (Mensais)

As “Inspeções Rotineiras” são aquelas realizadas pelos técnicos responsáveis pela operação da Usina, durante sua circulação pela crista da barragem, ombreiras, vertedouros, e tomada d'água, a frequência dessas inspeções deverá ser mensal, definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado, e podendo ser mais reduzida em função de restrições sazonais, após ocorrências de enchentes. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.

Deverão ser preenchidas as Fichas Inspeções mensais de acompanhamento para as seguintes estruturas civis que estão apresentadas no Anexo II.

Destaca-se que esses técnicos deverão ser devidamente treinados e qualificados para tal, sendo alertados antecipadamente sobre os vários tipos de anomalias a observar nas estruturas em solo e rocha, assim como nas estruturas de concreto. Toda anomalia deverá ser registrada através de fotos, sendo que as mais importantes, tais como:

- Surgência de água a jusante e ombreiras;
- Surgência de água no paramento de jusante;
- Trincas e deslocamentos no concreto;
- Fissuras na crista ou talude de jusante; etc.

Estas inspeções devem ser realizadas por técnicos ou auxiliares técnicos devidamente treinados para tal, que tenha conhecimento do empreendimento.

6.2.1.2 Inspeção de Segurança Regular (Anual)

São as inspeções realizadas por uma equipe do proprietário da barragem ou por consultor externo. Esta equipe deverá ser composta de especialistas das áreas de Hidráulica, Geotecnia, Geologia, Estruturas e Tecnologia de Concreto. A frequência destas inspeções deverá ser anual (Classe C). Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados nas fichas de inspeções anuais. Também deverão ser analisados os dados das inspeções rotineiras e preenchidas as fichas de inspeções do Anexo II.

A seguir apresenta-se a relação dos Técnicos e Engenheiros que devem participar dessa inspeção:

- Engenheiro estrutural ou da área de concreto;
- Engenheiro geotécnico;
- Engenheiro hidráulico;
- Técnico sênior.

6.2.1.3 Inspeções Segurança Especial

As “Inspeções Especiais” são aquelas a serem realizadas após a ocorrência de eventos especiais, tais como uma cheia excepcional, rebaixamento rápido do reservatório, sismo sensível na região, etc., ou após a detecção de uma anomalia ou ocorrência de um evento adverso, que possa colocar em risco a segurança da barragem. Tendo por base as consequências do evento excepcional ou a anomalia observada, pode haver a necessidade de participação de um ou mais especialistas, para assessorar nessa inspeção.

Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente onde se detecte algum problema que mereça atenção especial ou mediante alterações importantes dos níveis de leitura dos instrumentos de monitoramento da barragem/vertedouro.

Depois de cheias e chuvas torrenciais, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas.

A seguir apresenta-se a relação dos Técnicos e Engenheiros que devem participar dessa inspeção. Dependendo da causa que motivou essa “Inspeção Especial” não haverá necessidade de participação de toda a equipe a seguir relacionada.

- Engenheiro especialista;
- Engenheiro estrutural ou da área de concreto;
- Engenheiro geotécnico;
- Engenheiro hidráulico;
- Engenheiro mecânico.

6.2.2 Classificação dos Inspetores

No que concerne às “Inspeções Rotineiras” os técnicos devem estar devidamente treinados para a sua realização e registro, aproveitando o fato de estarem circulando periodicamente pelas estruturas da barragem. Os mesmos devem ser orientados no sentido de proceder à observação dos locais por onde estão circulando, registrando toda nova anomalia e comunicando de imediato aos superiores.

Deve-se ressaltar que esses técnicos devem participar de cursos preparatórios para saber o que observar, como efetuar o registro das anomalias mais relevantes e aquelas que deverão ser comunicadas de imediato aos superiores, a quem efetuar essas comunicações, etc.

No que diz respeito às “Inspeções Segurança Regular” as mesmas devem ser realizadas por uma equipe local de Engenheiros e Geólogos, cabendo ao responsável técnico o recolhimento de Anotação de Responsabilidade junto ao órgão competente (CREA). Em se tratando de Usinas Hidrelétricas ou barragens dotadas de comportas e equipamentos auxiliares, um Engenheiro Mecânico e/ou Elétrico poderão participar.

Na realização das “Inspeções Segurança Regular” a equipe deve ter conhecimento prévio sobre os equipamentos eletromecânicos do empreendimento, particularmente das comportas e stop-logs do Vertedouro, Tomada de Água e Casa de Força, incluindo o dispositivo da vazão sanitária. No que concerne às “Inspeções Segurança Especiais”, as mesmas poderão ser realizadas, eventualmente, pela equipe das “Inspeções Segurança Regular”, mas exigindo geralmente a contratação de mais algum especialista. Após a passagem de uma grande cheia caberia, por exemplo, a contratação de um especialista em Hidráulica-Hidrologia, após um grande sismo, de um bom Geólogo de Engenharia, ou de um Engenheiro Mecânico especialista em turbinas, após um eventual problema com uma das unidades geradoras, envolvendo, por exemplo, a quebra das pás.

6.2.3 Itinerário e Materiais para Inspeções

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

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

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

Durante as inspeções visuais devem ser fotografadas todas as regiões inspecionadas, particularmente as anomalias encontradas. Deve-se sempre procurar proceder a uma

comparação das anomalias já observadas em inspeções anteriores, tais como fissuras, infiltrações e surgências nas ombreiras, para verificar se houve alguma evolução.

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

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

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

6.2.4 Observações e Fichas inspeções

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

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

<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cadastros/Barragens/ManualEmpreendedor.aspx>.

6.2.4.1 Geral

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

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

RESERVATÓRIO

- Sinalizadores para proteção Vertedouros;
- Materiais flutuantes junto as grades;
- Muita vegetação nas margens;

- Água com turbidez;
- Indícios de assoreamento;
- Ocorrência de fortes ondas.

6.2.4.2 Estruturas de Terra

TALUDE DE MONTANTE

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

CRISTA

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

TALUDE DE JUSANTE

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

Na Figura 15 apresenta-se um esquema ilustrando as anomalias mais usuais observadas em barragens de terra ou enrocamento.

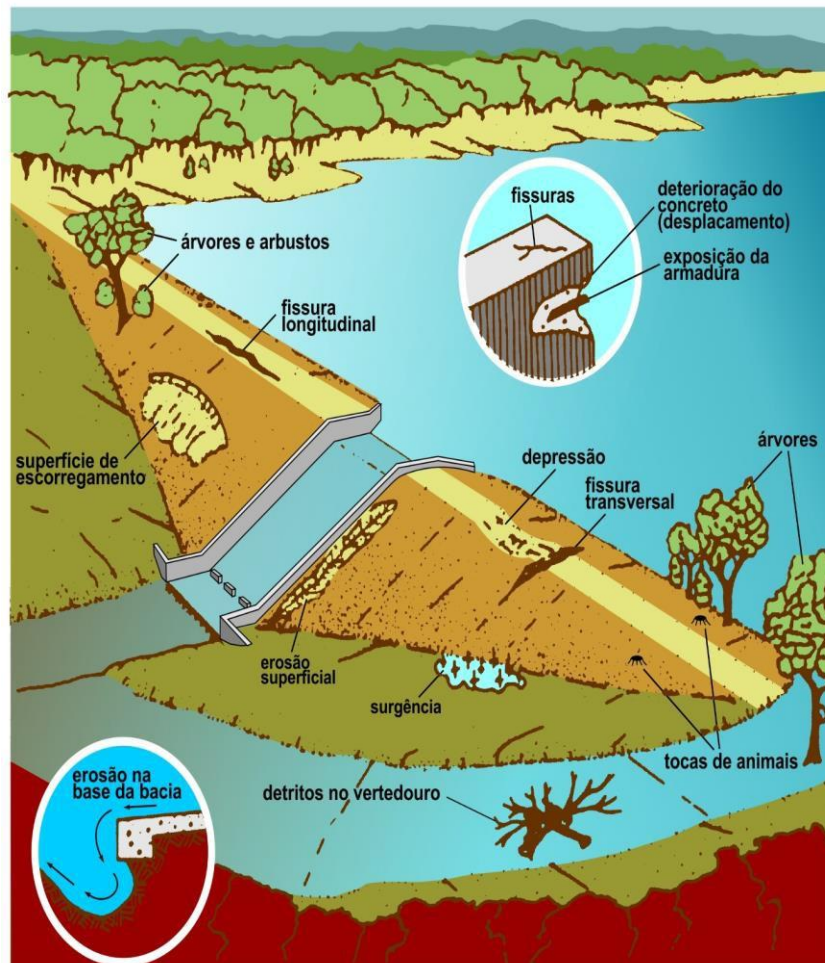


Figura 15 – Representação esquemática das anomalias

Fonte: modificado de Roque e Comissão, 2001

TALUDES USINA

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

6.2.4.3 Estruturas de Concreto

PARAMENTO DE MONTANTE

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

- Exposição do agregado;
- Exposição da armadura.

CRISTA

- Fissuras superficiais ($e > 0,5$ mm);
- Fissuras tipo “mapa”;
- Juntas de contração bem abertas;
- Recalque diferencial pronunciado entre blocos;
- Desalinhamento do guarda-corpo;
- Desplacamento do concreto;
- Boa drenagem do trilho da talha.

PARAMENTO DE JUSANTE

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

TOMADA DE ÁGUA

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

- Materiais flutuantes a montante;
- Equipamentos mecânicos em bom estado.

VERTEDOIRO

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

CASA DE FORÇA INTERNA

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

CASA DE FORÇA EXTERNA

- Calçada lateral em bom estado;
- Canaletas de drenagem limpos;
- Água acumulada na lateral;
- Fissuras nas paredes
- Janelas em bom estado;
- Boas condições de acesso;

- Taludes laterais em bom estado;
- Boas condições de limpeza no entorno.

SUBESTAÇÃO

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

6.2.4.4 Instrumentação de Auscultação

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

6.3 Resumo das Fichas de Inspeções

6.3.1 Inspeções Regulares e Especiais

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

Netas inspeções as fichas de inspeções irão avaliar com seguintes itens:

1- SITUAÇÃO	
NA	Este item Não é Aplicável
NE	Anomalia não existe
PV	Anomalia constatada pela Primeira Vez

DS	Anomalia desapareceu ou sofreu manutenção
DI	Anomalia Diminuiu
AU	Anomalia Aumentou
NI	Este item não foi inspecionado

2- MAGNITUDE	
I	Insignificante
P	Pequena
M	Média
G	Grande

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

Quadro 3 – Resumo das listas de verificação

	Fichas inspeções	Estrutura	Frequência	Instruções de Trabalho
1	PCHSBE-GE	Geral	Anual	IT1, IT3, IT7, IT8 e IT9
2	PCHSBE-BAD	Barragem – Margem Direita	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
3	PCHSBE-BAE	Barragem – Margem Esquerda	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
4	PCHSBE-VT	Vertedouro	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
5	PCHSBE-TA	Tomada d'Água	Anual	IT11, IT4, IT5 e IT6
6	PCHSBE-CO	Conduto Forçado	Anual	IT1 e IT6
7	PCHSBE-CF	Casa de Força	Anual	IT1, IT2, IT3, IT4, IT5, IT6, IT7 e IT9

6.3.2 Inspeções Rotineiras

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

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

6.4 Manutenções Periódicas Usina

Para realização as manutenções periódicas na usina, Barragens e estruturas associadas, foram elaboradas instruções de trabalho são utilizadas para orientar/auxiliar na realização das manutenções e execução das leituras de instrumentação.

A equipe de inspeção e manutenção deverá consultar este item do Plano, previamente à realização do serviço, para tomar conhecimento das orientações a serem seguidas.

O objetivo das instruções é orientar como determinado serviço deverá ser executado.

Outras instruções técnicas específicas poderão ser criadas em uma eventual necessidade após as inspeções regulares/segurança/especiais.

As instruções técnicas mais simplificadas poderão ser realizadas pela equipe da operação da Usina, e os serviços mais especializados deverão ser elaborados internamente por técnicos ou engenheiros e/ou contratados quando identificada a necessidade nas inspeções regulares e/ou especiais.

Apresentam-se, no Anexo III, as Instruções de Trabalho (IT).

Quadro 4 – Resumo das Instruções de Trabalho e utilização - Manutenções

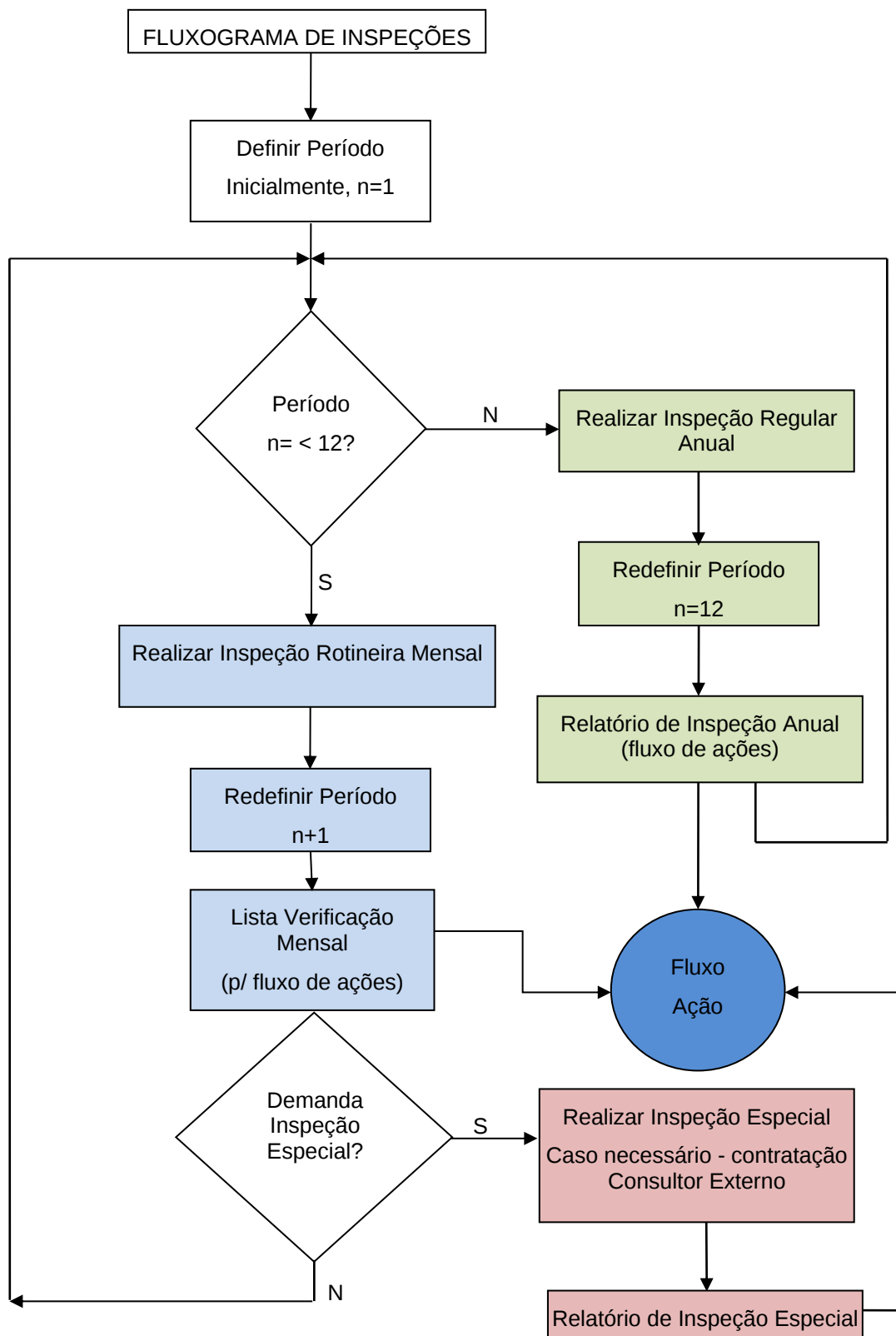
Instruções de Trabalho	Descrição da Instrução	Estrutura	Utilização - Inspeção	Equipe p/ realização da IT
IT1	Serviços Gerais – Limpeza, Manutenção e Conservação	Usina	Regular - Mensal	Operação
IT2	Recomposição Reboco	Casa de Força	Regular - Mensal	Operação
IT3	Demolição de blocos de rocha	Chaminé, Casa de Força e Sítio circunvizinho	Periódica - Anual	Especializada
IT4	Monitoramento de trincas e fissuras	Usina	Periódica - Anual	Especializada
IT5	Reparos nas juntas de dilatação	Usina	Periódica - Anual	Especializada
IT6	Reparos no concreto e tratamento de armaduras	Vertedouro, Tomada d'Água, Conduto Forçado e Casa de Força	Periódica - Anual	Especializada
IT7	Bate choco	Sítio circunvizinho, Casa de Força e Chaminé	Periódica - Anual	Especializada
IT8	Recomposição vegetal	Sítio circunvizinho	Periódica - Anual	Especializada
IT9	Concreto projetado	Sítio circunvizinho, Casa de Força e Chaminé	Periódica - Anual	Especializada

6.5 Fluxo de informação e equipe de inspeção

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

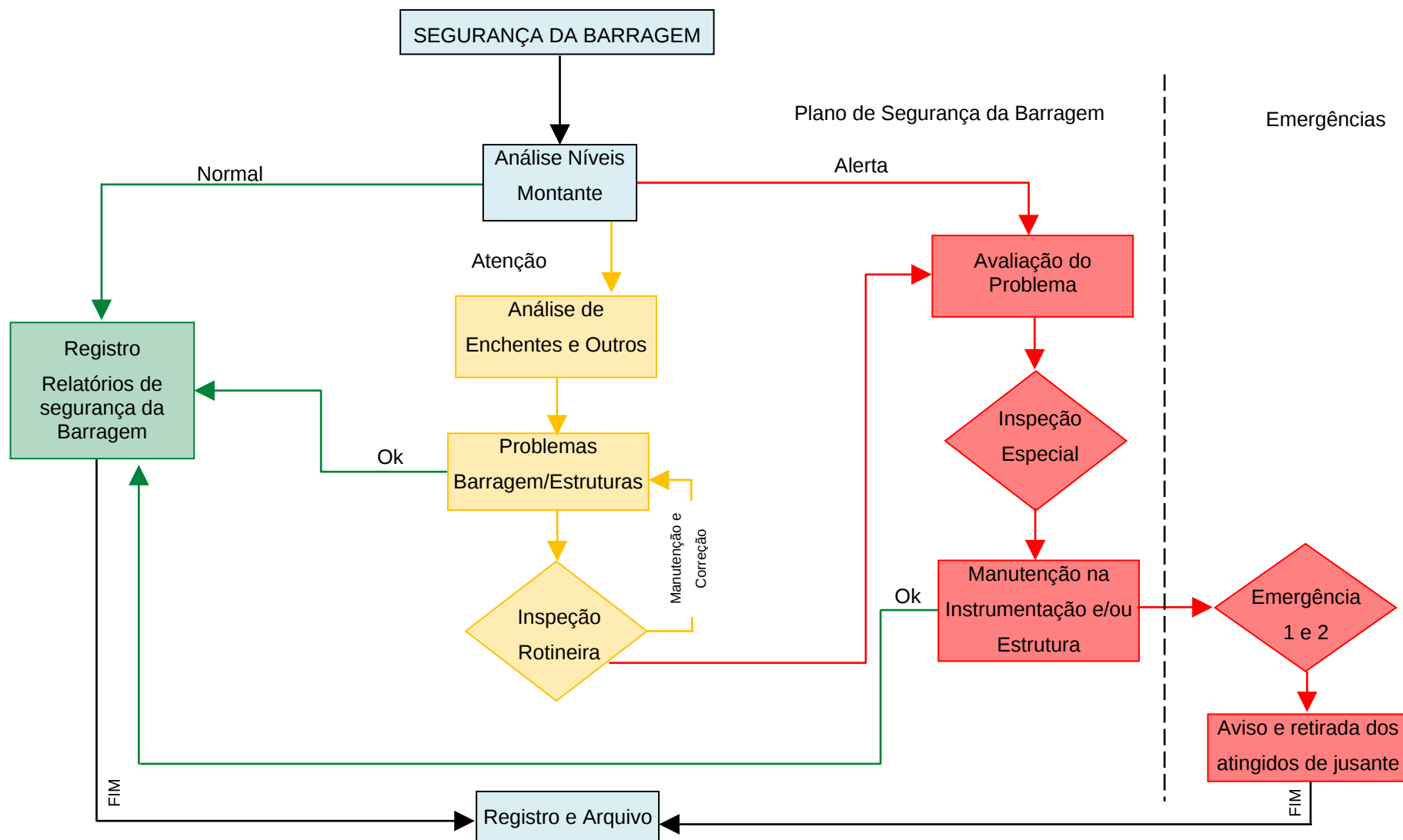
O fluxograma de inspeções (Fluxograma 2) indica a sequência dos procedimentos para as inspeções nas estruturas de acordo com a periodicidade necessária.

O fluxograma de segurança da barragem (Fluxograma 3) indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados obtidos na instrumentação, inspeções e no relatório das inspeções.



n= mês

Fluxograma 2 – Fluxograma de Ações - manutenção das estruturas



Fluxograma 3 – Fluxograma de Segurança da Barragem - manutenção das estruturas

7 REGRA OPERACIONAL DE DISPOSITIVO DE DESCARGA

Na barragem da PCH São Bernardo está implantado um vertedouro de soleira livre, onde não há controle da vazão vertida, sendo maior conforme o fluxo de vazão e o nível no reservatório.

O Vertedouro, do tipo soleira livre, sem comportas, disposto no eixo do rio Bernardo José, com a crista na El. 530,00 m, comprimento total de 120,00 m e capacidade de vazão de 3225,00 m³/s (TR=1.000 anos), atingirá NA Máx Max de 535,22 m.

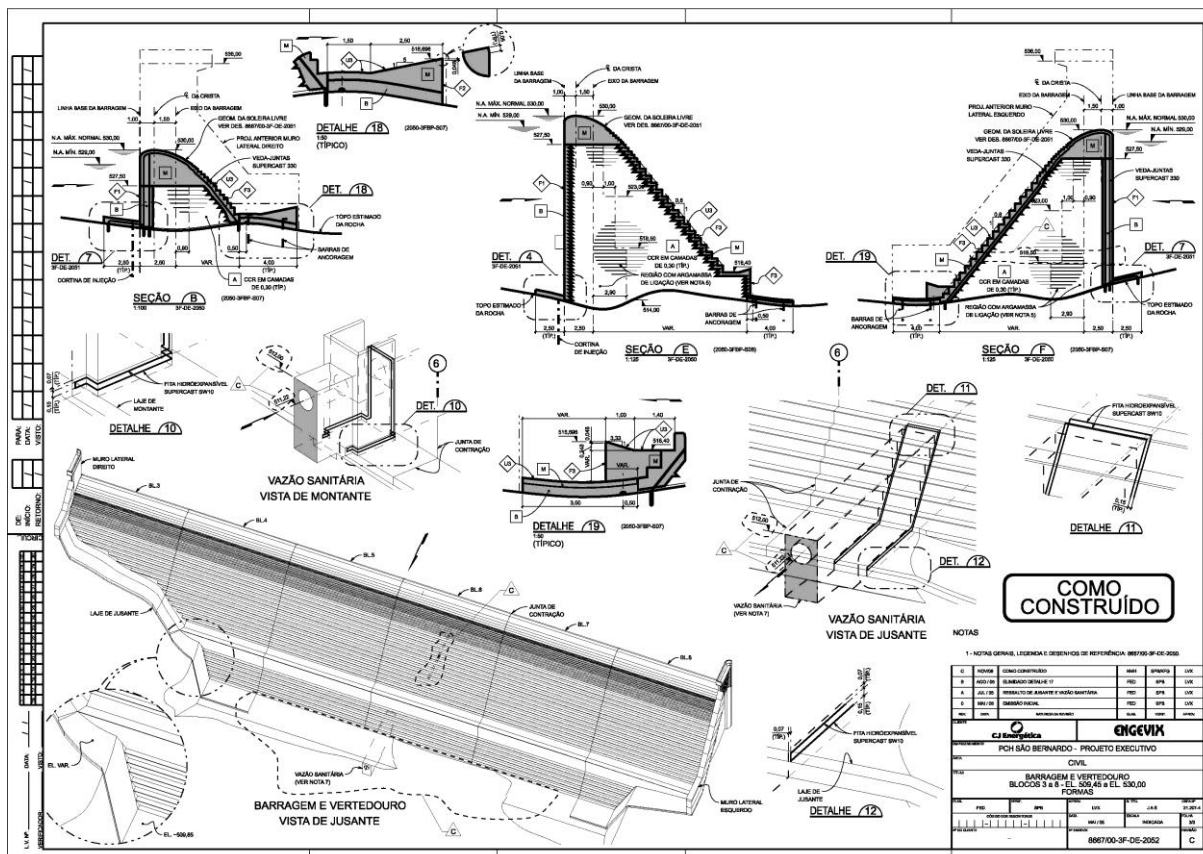
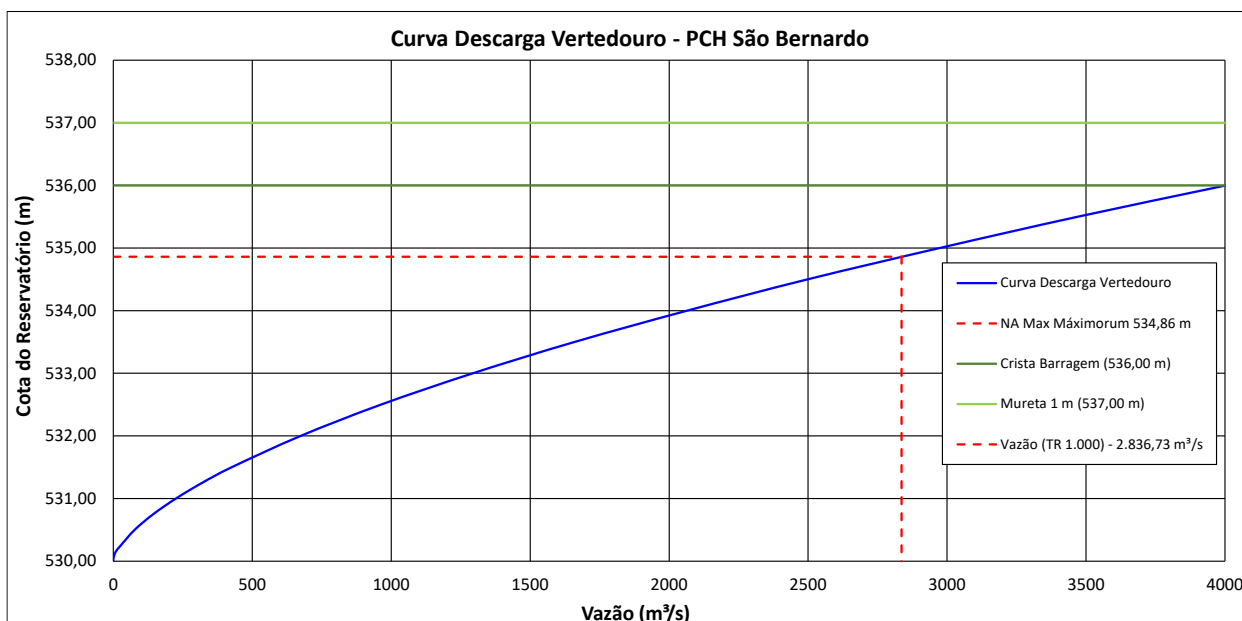


Figura 16 – Projeto do Vertedouro de soleira livre



Figura 17 – Superfície do Vertedouro de soleira livre

A curva de descarga do vertedouro está apresentada abaixo.



7.1 Condição Hidrológica

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

O vertedouro de soleira livre é a estrutura que controlará as cheias na PCH São Bernardo. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme o gráfico da Figura 18 abaixo.

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

Na estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que somente a partir da cheia de 1.000 anos já fica definido o nível de emergência 1, dimensionamento do vertedouro, já que não existe população atingida em um eventual rompimento da barragem, comprovado estudo de rompimento (Anexo I – 8 Estudo de Rompimento).

A Tabela 7 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

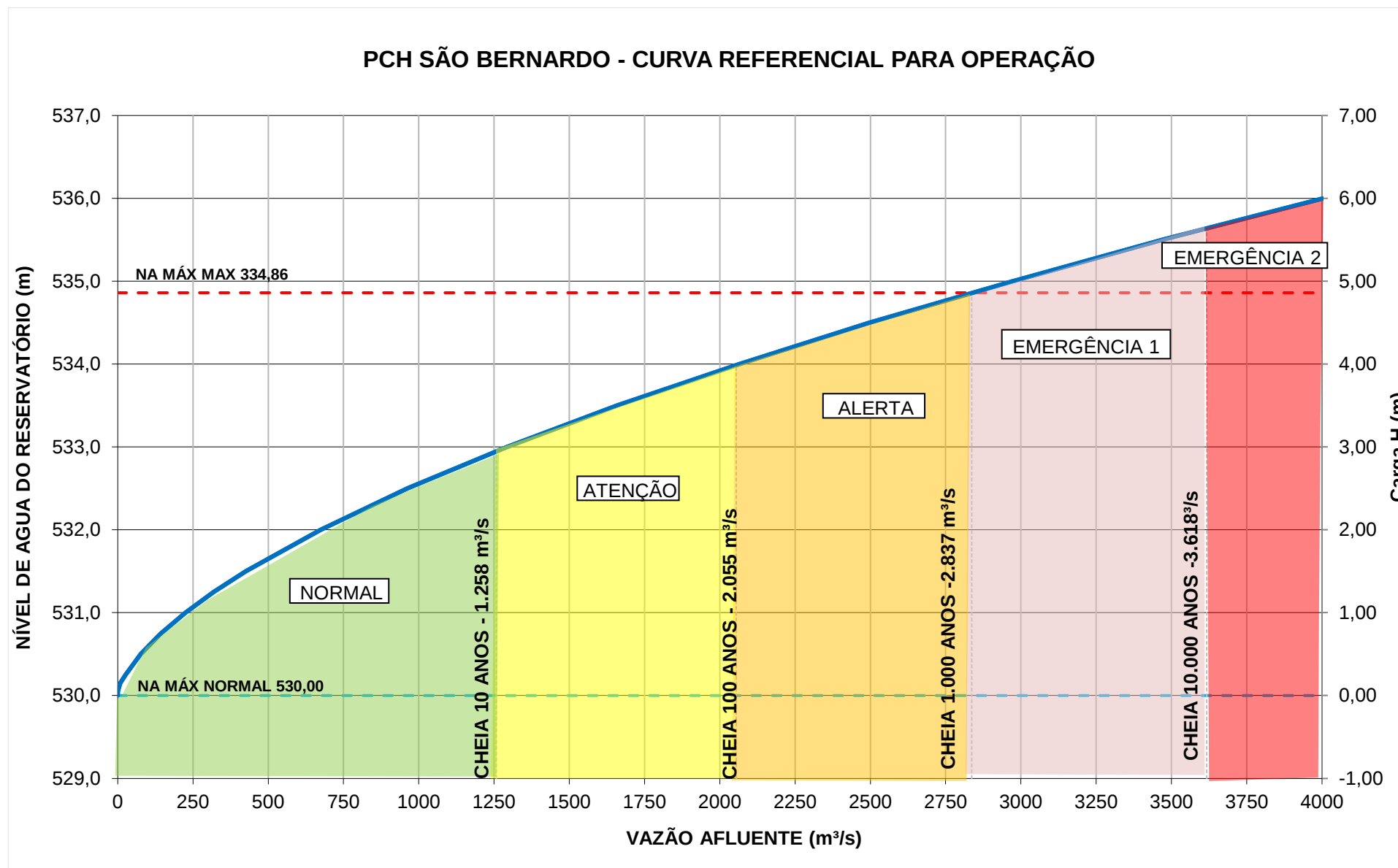


Figura 18 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 7 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (VERDE) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) Vertimentos até 1258 m³/s (NA 530,00 a 532,95 m - TR 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório.
Nível Atenção (AMARELO) a) Somente de alagamento na ZAS, perto rio	a) cheia de 1258 até 2055 m³/s (TR até 100 anos) – Somente monitoramento da enchentes.
Nível Alerta (LARANJA) a) Somente de alagamento na ZAS, perto rio b) Início Infiltração/ problemas na Barragem com qualquer condição hidrológica	a) cheia de 2055 até 2837 m³/s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Próximo do dimensionamento do vertedouro, podendo ocorrer extravasão ombreiras ; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou recuperar o sistema de operação do vertedouro;
Nível Emergência 1 (VERMELHO CLARO) a) Localidades com alagamento municípios de jusante, abrir comportas da tomada d'água de modo aumentar capacidade de descarga, NA Máx Max. 534,86 m b) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando no NA Máx Max com vertedouro sem condições de operação	a) cheia de 2837 até 3618 m³/s (até TR 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com nível no NA Máx Max; b) Infiltração sem controle na barragem/vertedouro → retirar pessoas da Casa de Força na ZAS ;
Nível Emergência 2 (VERMELHO ESCURO) b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS e atingidos de jusante.

a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

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

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

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

8 ÁREA A SER RESGUARDADA

De acordo com a localização da usina não existem áreas em seu entorno e acessos a serem resguardados, exceto aqueles indispensáveis para manutenção e operação da barragem.

A PCH São Bernardo tem sua área resguardada com cercas e portão no acesso a Barragem e placas informativas em todo acesso a Usina, de acordo com relatório de inspeção civil SBE-C-ISR-001-00-24.

No Anexo I – 1 Gerais está apresentado o desenho da área a ser resguardada SBE-C-SEG-001-00-24 e abaixo.

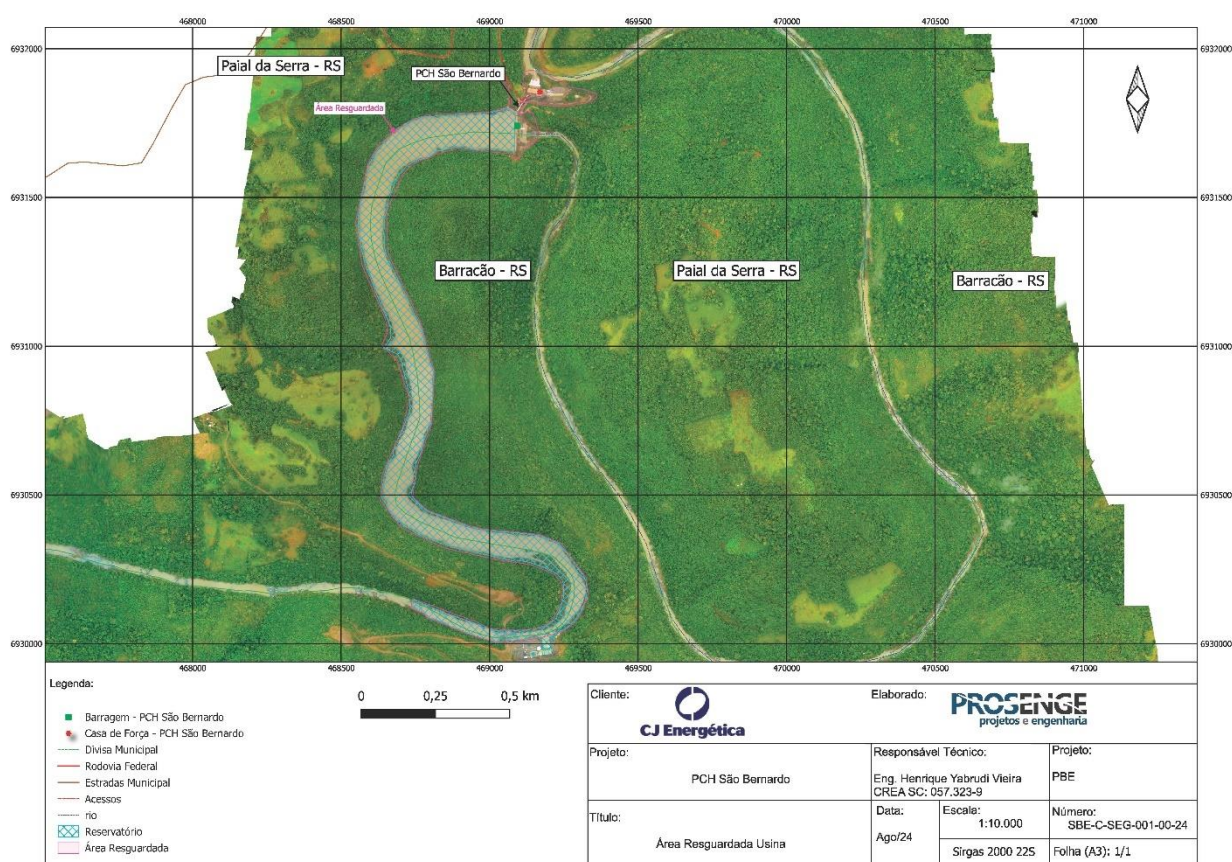


Figura 19 – Área Resguardada – PCH São Bernardo

No Anexo I estão apresentados os desenhos 8667/00-10-DE-004, 8667/00-10-DE-0012, 8667/00-10-DE-0014, 8667/00-2A-DE-0035 e 8667/00-2A-DE-0050. Estes desenhos mostram a área resguardada da usina.

9 PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

De acordo com a classificação da Barragem, o risco da barragem é baixo e de dano potencial associado é baixo, classificando a Barragem em categoria **Classe C**, não é necessário elaborar Plano de Ação de Emergências, comprovado pelo estudo de rompimento da barragem realizado em agosto/2024 (Anexo I – 8 Estudo de Rompimento).

Para uma barragem **Classe C** de acordo com 1064/2023 da ANEEL (FSB 2023) é necessário:

- Inspeção de segurança regular – Frequência anual;
- Estudo de rompimento – SBE-DB-001-01-24;
- Revisão periódica de segurança – 10 anos (sendo primeira a ser realizada até dez/2025).

No Anexo I, 1-FSB é apresentada a classificação da Barragem 2024 elaborado após o estudo de rompimento da barragem (SBE-DB-001-01-24) de acordo com resolução 1064/2023.

10 RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA

Deverão ser emitidos relatórios de inspeção civil utilizando os procedimentos descritos no item 6.1, ou seja, deverão seguir a frequência conforme determinada a seguir:

10.1 Relatório Mensal

Deverão ser preenchidas as fichas de inspeções mensais e anotadas todas as anomalias encontradas e sua recuperação. Estas listas deverão ser arquivadas na rede interna da empresa, devendo ser informado via e-mail ao responsável técnico de barragens qualquer risco eventual verificado nas estruturas.

10.2 Relatório Anual

Durante a realização da Inspeção de Segurança (Anual) deverão ser preenchidas as fichas de inspeções (Anexo II) e deverá ser emitido relatório de inspeção recomendando reparos/manutenções necessários utilizando as Instruções de Trabalho do Anexo III.

Este relatório de inspeção de segurança regular deverá conter no mínimo as seguintes informações (Resolução 1064/2023 - ANEEL):

- I - Identificação do representante do empreendedor;
- II - Identificação do responsável técnico pela barragem;
- III - Identificação dos profissionais envolvidos e responsáveis técnicos pela realização da ISR;
- IV - Data da inspeção com a indicação das condições do tempo e do nível do reservatório;
- V - Avaliação da instrumentação disponível na barragem, com avaliação das condições de acesso, operacionalidade, frequência de leitura, armazenamento de dados, calibração e aferição dos instrumentos, indicando necessidade de manutenção, calibração, alteração de frequência de leitura, reparo ou ampliação da instrumentação, inclusive com avaliação sobre a necessidade de instrumentação caso a barragem não possua instrumentos;
- VI - Avaliação e interpretação do histórico das leituras dos instrumentos com conclusão sobre os resultados em relação aos valores de referência da instrumentação e critérios estabelecidos em projeto ou nos manuais de instrumentação para as condições atuais da estrutura, comportamento ao longo do tempo, bem como recomendações necessárias;
- VII - avaliação das inspeções rotineiras da barragem;
- VIII – avaliação dos dispositivos de controle do sistema extravasor, contemplando minimamente a análise dos testes de acionamento e a redundância no suprimento de energia, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelos documentos técnicos que regem as regras de operação e manutenção do empreendimento;

- IX - Identificação e avaliação de anomalias que acarretem mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da barragem e estruturas associadas, indicando o nível de gravidade advindo, a prioridade das intervenções e o cronograma de adequação e monitoramento para cada anomalia encontrada;
- X - Comparativo com inspeção de segurança regular anterior com relação às anomalias identificadas naquela inspeção, contendo avaliação das intervenções realizadas considerando os aspectos de eliminação das anomalias, com a indicação da respectiva data, e o cronograma proposto para aquelas ainda não solucionadas;
- XI – Avaliação, devidamente fundamentada, da necessidade de atualização do estudo da condição de estabilidade
- XII - Diagnóstico do nível de segurança da barragem, de acordo com estas categorias:

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

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

Alerta - quando as anomalias ou contingências representam risco à segurança da barragem, exigindo providências em curto prazo para manutenção das condições de segurança e

Emergência - quando as anomalias ou contingências representam risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais.

- XIII - indicação de quais anomalias ou contingências identificadas conduzem ao diagnóstico de segurança da barragem
- XIV - indicação de recomendações e medidas de monitoramento e reparação necessárias à garantia da segurança da barragem e manutenção do nível de segurança na condição normal.
- XV - Avaliação quanto à categoria de risco da barragem, de acordo com a classificação da RN 1064/2023.
- XVI - indicação quanto ao Dano Potencial Associado da usina.

10.3 Relatório Especial

Durante a realização da inspeção especial deverão ser preenchidas as fichas de inspeções anuais referente à estrutura com emergência e deverá ser emitido relatório especial da intervenção necessária. Este relatório deverá seguir mesma diretriz do relatório Anual (Item 10.2).

11 REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA

Para garantir as necessárias condições de segurança das barragens ao longo da sua vida útil, devem ser adotadas medidas de prevenção e controle dessas condições. Essas medidas, se devidamente implementadas, asseguram uma probabilidade de ocorrência de acidente reduzida ou praticamente nula. Para isso as condições de segurança das barragens devem ser periodicamente revisadas, levando em consideração eventuais alterações resultantes do envelhecimento e deterioração das estruturas ou de outros fatores, como o aumento da ocupação nos vales a jusante, foco do serviço a ser contratado.

Desta forma neste trabalho deve ser seguido as diretrizes do Art. 10 da Lei nº 12.334 de 20 de Setembro de 2010, a Normativa 1064 de 02 de maio de 2023 da ANEEL e o Manual do empreendedor da Ana relativo a revisão periódica, plano de segurança de barragens, plano de ação de emergência e inspeções de segurança de barragens (<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/ManualEmpreendedor>).

Em agosto/2024 foi realizada a estudo de rompimento da Barragem PCH São Bernardo, onde teve o objetivo de confirmar o dano potencial associado, Baixo, não tendo nenhum atingido na jusante da Barragem.

A primeira Revisão periódica da Segurança da Barragem deverá ser realizada até dez/2024 de acordo com RN 1064/2023. Onde deverá ser atualizado as condições de segurança da barragem, a equipe de segurança da Barragem, bem como dos procedimentos de inspeção: periodicidade, acompanhamento das estruturas e instruções de trabalho (gerais e específicas). A revisão periódica de segurança da Barragem está de acordo com as ações adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da Barragem, compreendendo:

- I – o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;
- II – a revisão dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor, considerando os avanços da tecnologia e as novas metodologias em segurança de barragens;
- III – a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente;
- IV – a revisão e atualização dos estudos hidrológicos para determinação de vazões extremas e verificação da capacidade de laminação da cheia de projeto pelos dispositivos de descarga, medido em Tempo de Recorrência (TR);
- V – a análise das condições estruturais, de acionamento e de segurança das comportas de vertedouro e do sistema de adução;

- VI – a análise dos sistemas de alívio de subpressão e drenagem interna nas barragens, quando existente;
- VII – a revisão dos limites de atenção e alerta para os instrumentos de auscultação da barragem considerando os critérios de projeto e avaliação da necessidade de recuperação e instalação de novos instrumentos;
- VIII – a avaliação da necessidade de atualização do projeto da usina, indicando documentos a serem atualizados, ou elaborando o projeto em caso de sua inexistência;
- IX – as condições de estabilidade global das estruturas da barragem mediante cálculo de estabilidade, estrutural e geotécnico, para verificação dos coeficientes e fatores de segurança, conforme critérios ou diretrizes estabelecidas em Norma Técnica ou referências nacionais e internacionais;
- X - declaração de condição de estabilidade de barragem, com base na análise do item IX, assinada pelo responsável técnico;
- XI – revisão dos estudos de rompimento e mapa de inundação de que trata o § 2º do art. 6º, considerando atualização do uso e ocupação do solo a jusante da barragem e os resultados dos novos estudos hidrológicos a que se refere o inciso IV;
- XII – indicação de recomendações e medidas de monitoramento e reparação necessárias à garantia da segurança da barragem e manutenção do nível de segurança na condição normal, que deverão ser classificadas quanto à sua importância, baixa, média ou alta, com definição dos prazos para atendimento.

Esta revisão deverá ser realizada de 10 em 10 anos devido ao fato de a Barragem ter sido classificada como **Classe C** e sempre por equipe multidisciplinar especializada em segurança de barragens.

A primeira revisão periódica deste empreendimento deverá ser realizada até dezembro/2025.

Atualizações dos responsáveis e das equipes de operação deverão ser realizadas sempre que ocorrer a troca dos colaboradores e contatos sempre mantendo atualizados os meios de comunicação entre os profissionais atuantes na usina.

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

No estudo de rompimento da Barragem PCH São Bernardo (SEB-DB-001-00-24), foi identificado os seguintes cenários possíveis de acidente ou desastres.

No item 7.1 do estudo de rompimento (SEB-DB-001-00-24), dois são os cenários analisados neste estudo, sendo os mesmos mais bem descritos a seguir:

12.1 Cenários de não rompimento – Simulação 1

Serão verificadas a partir de simulações no HEC-RAS 6.5, as manchas de inundação de jusante formadas a partir da passagem de ondas de cheia com QMLT e TR 1.000 anos. Essa última consideração é importante de ser tomada para fins de comparação entre a mancha de inundação do cenário de rompimento com a mancha de inundação pela cheia máxima TR 1.000 anos.

12.2 Cenário de rompimento – Simulação 2

Para a realização das simulações, assumiu-se que o colapso da barragem de São Bernardo ocorre a partir da entrada, no reservatório, de vazão de cheia com descarga superior à vazão de QMLT e TR 1.000 anos. Essa premissa foi adotada visando gerar um cenário bastante desfavorável quanto ao rompimento da Barragem.

Desse modo, as condições gerais adotadas para o cenário de rompimento da PCH São Bernardo são:

- Formação da brecha com características apresentadas 7.2 do SBE-DB-001-00-24 – Dam Break PCH São Bernardo;
- Vazão máxima de Cheia conforme tempo de retorno no pico máximo do hidrograma.

Mais especificações a respeito das condições de contorno e premissas adotadas neste cenário de rompimento serão apresentadas nos itens **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

12.3 Cenário de galgamento da barragem

Este cenário de galgamento da Barragem não foi simulado, pois o vertedouro é do tipo soleira livre e não tem controle de nível e possui capacidade de descarga acima da TR 1.000 anos.

12.4 Cenário efeito cascata

Como UHE Machadinho tem reservatório extremamente grande, cerca de 3339,12 hm³, o rompimento da PCH São Bernardo já amortece antes do encontro com rio Pelotas.

13 MAPA DE INUNDAÇÃO, CONSIDERANDO PIOR CENÁRIO IDENTIFICADO

O mapa de inundação para pior cenário, rompimento com enchente de TR 1.000 anos está apresentado no desenho SBE-C-MPI-001-00-24 – Mapa de Inundação – TR 1.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 03, no Anexo II – 2 Mapas de Inundação, do Estudo de rompimento da Barragem (SBE-C-MPI-001-00-24).

Abaixo segue figura do mapa geral e Tabela 8 com os tempos de chegada da onda em cada seção de interesse mapeado no trecho de jusante, onde somente é atingida a própria Casa de Força da PCH São Bernardo.

Maiores detalhes estão apresentados no Estudo de rompimento da Barragem – PCH São Bernardo, documento SBE-C-MPI-001-00-24.

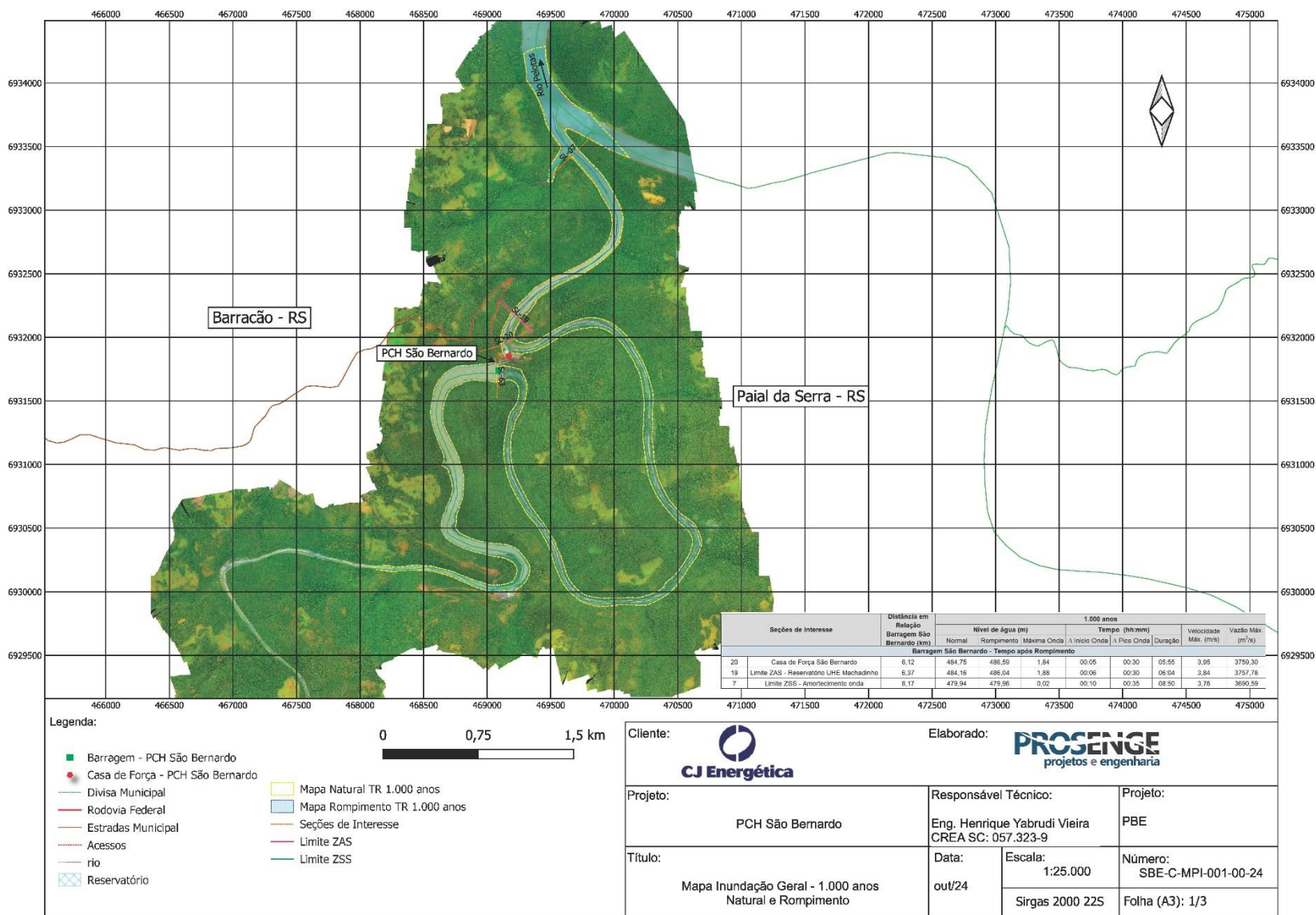


Figura 20 - Mapa Rompimento PCH São Bernardo TR 1.000 nos

Tabela 8 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 1.000 anos

Seções de Interesse		Distância em Relação Barragem São Bernardo (km)	1.000 anos							
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração		
Barragem São Bernardo - Tempo após Rompimento										
20	Casa de Força São Bernardo	6,12	484,75	486,59	1,84	00:05	00:30	05:55	3,95	3759,30
19	Limite ZAS - Reservatório UHE Machadinho	6,37	484,16	486,04	1,88	00:06	00:30	06:04	3,84	3757,78
7	Limite ZSS - Amortecimento onda	8,17	479,94	479,96	0,02	00:10	00:35	08:50	3,76	3690,59

(*) Não foi atingida nenhuma estrutura de jusante

- A zona de auto salvamento fica definida como 6,37 km da Barragem PCH São Bernardo, ou seja, até SL-19 junto ao encontro com reservatório da UHE Machadinho.
- A Zona de Secundária de Segurança fica definida junto com amortecimento da onda, SL-7 cerca de 8,17 km da barragem PCH São Bernardo.

14 IDENTIFICAÇÃO E DADOS TÉCNICOS DAS ESTRUTURAS, DAS INSTALAÇÕES E DOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO DA BARRAGEM

A PCH São Bernardo está localizada no município de Barracão, no estado do Rio Grande do Sul, e aproveita um desnível bruto de 50 m no local entre a Barragem e a casa de força. O rio onde foi implantada a usina é o rio Bernardo José.

A usina é composta de uma barragem/vertedouro em concreto compactado a rolo, com altura máxima de 21 m e comprimento total de 189,58 m.

A adução da vazão é feita a partir de uma tomada d'água na margem esquerda do rio, seguindo por um conduto metálico até o circuito de geração.

Na casa de força estão abrigadas três turbinas do tipo Francis Horizontal Simples, cada uma com 5 MW de potência nominal na saída dos bornes do gerador.

Maiores detalhes dos dados técnicos do empreendimento e de monitoramento das estruturas estão detalhados nos itens 4 ao 7.

15 EQUIPE TÉCNICA

Nome	Formação	Função
Henrique Yabrudi Vieira	Engenharia Civil	Hidráulica – Segurança de Barragens
Patrícia Becker	Engenharia Civil	Estruturas – Segurança de Barragem

As Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) dos profissionais envolvidos nos trabalhos estão apresentadas no Anexo V.

16 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, A. B. de. **A gestão do risco em sistemas hídricos: conceitos e metodologias aplicadas a vales com barragens**. 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, APR. Cabo Verde, 2003.

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

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

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - Resolução Normativa – ANA - Nº 236/2017 alterada pela Nº 121/2022;

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Resolução Normativa Nº 1.064, de 02 de maio de 2023 - Estabelece critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas fiscalizadas pela ANEEL, de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BARBOSA, N. P.; MENDONÇA, A. V.; SANTOS, C. A. G.; LIRA, B. B. **Barragem de Camará**. Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia. Ministério Público Federal. Procuradoria da República no Estado da Paraíba. PB, 2004. Disponível em: <<http://www.prpb.mpf.gov.br/>>. Acesso em 23/09/2008.

CETESB. **Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos**. Norma P4.261, Maio/2003.

COLLISCHONN, V. **Análise do rompimento da barragem de Ernestina**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: UFRGS, 1997.

CRUZ, P.T. **100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projetos**. Oficina de Textos, São Paulo, 2004.

DUARTE, Moacir. Riscos Industriais: **Etapas para a investigação e a prevenção de acidentes**. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

FEEMA. **Manual do Curso de Análise de Riscos Ambientais**. Agosto de 1998.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, Comitê Brasileiro De Grandes Barragens, Núcleo Regional De São Paulo.

LEI Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010, **Política Nacional de Segurança de Barragens**, Presidência da República, Alterada Lei 14.066/2020.

MENESCAL, R. A.; VIEIRA, V. P. P. B.; FONTENELLE, A. S.; OLIVEIRA, S. K. F. 2001. **Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem**. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R. A.; MIRANDA, A. N.; PITOMBEIRA, E. S.; PERINI, D. S. **As Barragens e as Enchentes**. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004 Florianópolis - SC.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil** / [Organizador, Rogério de Abreu Menescal]. Brasília: Proágua, 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília, 2002.

SILVA, M. M. A.; LACERDA, M. J.; SILVA, P. K.; SILVA, M. M. P. **Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande, PB**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Volume 6 – Número 1. 2006.

SILVEIRA, J.F.A. **Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento**. Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

17 ANEXOS

ANEXO I – DOCUMENTOS DE PROJETO

ANEXO II – FICHAS DE INSPEÇÕES

- Inspeções rotineiras – mensais
- Inspeções regulares – anuais e especiais

ANEXO III – INSTRUÇÕES DE TRABALHO

ANEXO IV – TREINAMENTO EQUIPE INTERNA - OPERADOR

ANEXO V – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ANEXO I– DOCUMENTOS DO PROJETO

Apresenta-se a seguir uma relação dos principais documentos que auxiliarão nas atividades de inspeção e manutenção.

1 - GERAL

2 – BARRAGEM E VERTEDOURO

3 – TOMADA D'ÁGUA

4 – CONDUTO FORÇADO

5 - CASA DE FORÇA E CANAL DE FUGA

6 - SÍTIO CIRCUNVIZINHO

7 – INSPEÇÃO CIVIL REGULAR – ISR 2024

8 – ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM - 2024

ANEXO II – FICHAS INSPEÇÕES - INSPEÇÃO

INSPEÇÕES ROTINEIRAS – MENSAIS

INSPEÇÕES REGULARES –ANUAIS E ESPECIAIS

ANEXO III – INSTRUÇÕES DE TRABALHO

ANEXO IV – TREINAMENTO EQUIPE INTERNA - OPERADOR

ANEXO V – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA