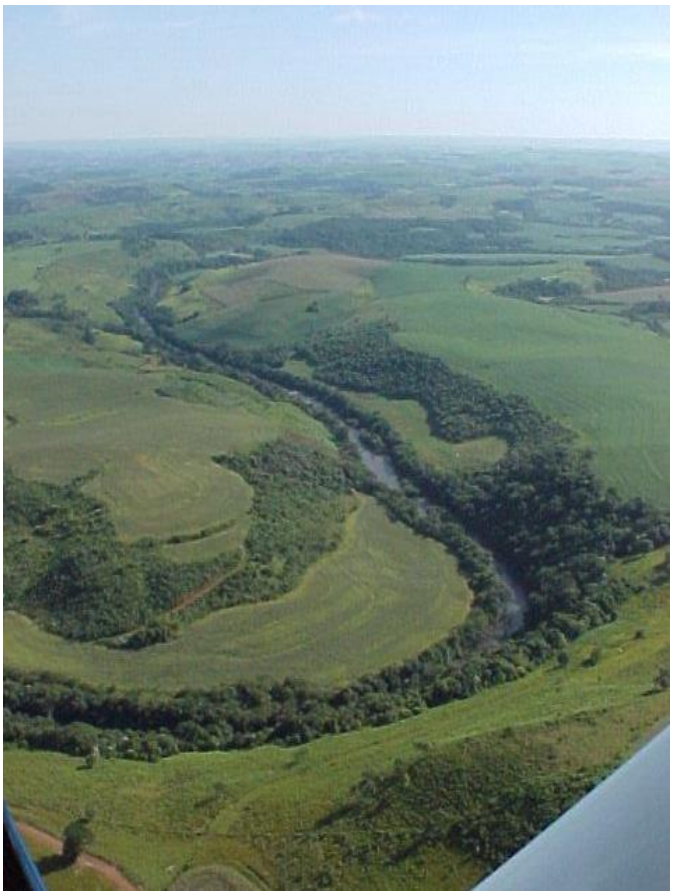
Sudoeste Energia Ltda.

BARRAGEM PCH VILA GALUPO

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE

Coordenador do **PAE**: Eng. Alberto de Andrade Pinto



AGENTE FISCALIZADOR: _____

Documento №: _____ Revisão №: 0-2018
Responsável pela Elaboração: Eng. Eduardo Mayer
Local: São José dos Pinhais - PR
Data: agosto / 2018

Sumário

SEÇÃO I- INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM....4
I.1. APRESENTAÇÃO....4
I.2. OBJETIVO DO PAE....4
I.3. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM; ESTRUTURAS ASSOCIADAS LOCALIZAÇÃO E ACESSO....4
I.4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS FUNDAÇÕES E ANCORAGEM....7
Descrição Geral....7
Estudos de Borda Livre da Barragem....8
Fundações, Aspectos Construtivos e Geologia Local....10
Responsabilidade Técnica....11
Execução da Obra....12
I.5. RESERVATÓRIO E ESTUDOS HIDRÁULICOS DO VERTEDOR....12
Dimensionamentos Hidráulicos do Vertedouro....15
I.6. ESTUDO SOBRE ROMPIMENTO DA BARRAGEM....16
Premissas Técnicas Adotadas Neste Estudo....16
Identificação de Áreas de Risco à Jusante....20
I.8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES....24
II.1 Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura....26
II.2 Ações esperadas para cada nível de segurança....26
SEÇÃO III- FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO....26
SEÇÃO IV- RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE (NÃO APLICÁVEL)....30
IV.1. RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR....30
IV.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE....30
IV.3. RESPONSABILIDADES DO ENCARREGADO DA BARRAGEM....30
IV.4. RESPONSABILIDADES NA NOTIFICAÇÃO....30
IV.5. RESPONSABLIDADES NA EVACUAÇÃO....30
SEÇÃO V- RESULTADOS DO ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM E O RESPECTIVO MAPA DE INUNDAÇÃO....31

VI. ANEXOS E APÊNDICES 32

VI.1. PLANO DE TREINAMENTO DO PAE.....32

VI.2. CORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS, BEM COMO RESTRIÇÕES LOCAIS. 32

VI.3. MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA: MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PERENES EXISTÊNCIA E LOCALIZAÇÃO. 33

VI.8. ANEXO: ART PROJETO GERAL VILA GALUPO 39

SEÇÃO I- INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

I.1. APRESENTAÇÃO

A Lei Federal n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010 estabelece a politica nacional de segurança de barragens (PNSB), além de criar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Em seu artigo 12, define-se que o PAE será responsável por estabelecer as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem, em caso de situação de emergência, bem como identificar os agentes a serem notificados em casos emergenciais.

Dado à pequena altura desta barragem, e a baixa densidade populacional à jusante desta barragem, estamos apresentando este documento em análise simplificada da simulação de uma eventual ruptura da barragem e a consequente de propagação de ondas, com níveis simulados e quais serão as preocupações quanto à população em risco a jusante.

I.2. OBJETIVO DO PAE

Apresentar todas as informações pertinentes a Barragem da PCH Vila Galupo, sob os moldes exigidos pela ANA (Agência Nacional de Águas), de modo que tais informações estejam disponíveis a quaisquer agentes que necessitem de informações sobre este empreendimento, para que sejam tomadas todas as ações de segurança constantes na Lei acima citada.

I.3. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM; ESTRUTURAS ASSOCIADAS LOCALIZAÇÃO E ACESSO

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A **BARRAGEM PCH Vila Galupo,** (de propriedade de Sudoeste Energia Ltda), está localizada no rio Santana, na bacia do rio Paraná, sub-bacia do Rio Iguaçu (distância até a foz 81 km), sub bacia 65, localizada na divisa dos municípios de Bom Sucesso do Sul / PR e Francisco Beltrão / PR, cujo futuro reservatório estará inserido integralmente nos municípios citados. A PCH Vila Galupo tem previsão para inicio de execução a partir de janeiro de 2019 e fim em julho de 2020.

A seguir são apresentadas as coordenadas da barragem, conforme Resolução Autorizativa ANEEL n.º 6.896, de 13 de março de 2018:

Coordenadas Geográficas: 26º 03’ 5” S; 52º 55’ 30” W.
Coordenadas UTM: 307.488,64 m E; 7.116.183,05 m S. SIRGAS 2000 (Processado com o auxílio do Software ProGriD IBGE).

Seguindo a montante, foi identificada uma barragem construída no mesmo rio, sendo esta barragem exposta em detalhes neste estudo. Foram identificadas também algumas benfeitorias a jusante, as quais serão apresentadas em detalhes neste documento.

Não foram detectadas aglomerações urbanas a jusante com risco em potencial de inundação.

De acordo com os Estudos de Inventário Simplificado do rio Santana (despacho ANEEL n.º 80, de 21 de fevereiro de 2003), à jusante da PCH Vila Galupo constam em estudos os seguintes aproveitamentos, a saber:

Nome da Barragem	Distancia à jusante da barragem da PCH Vila Galupo (km)	Obs:
PCH Jacaré	8	Construída
PCH Foz	56	-

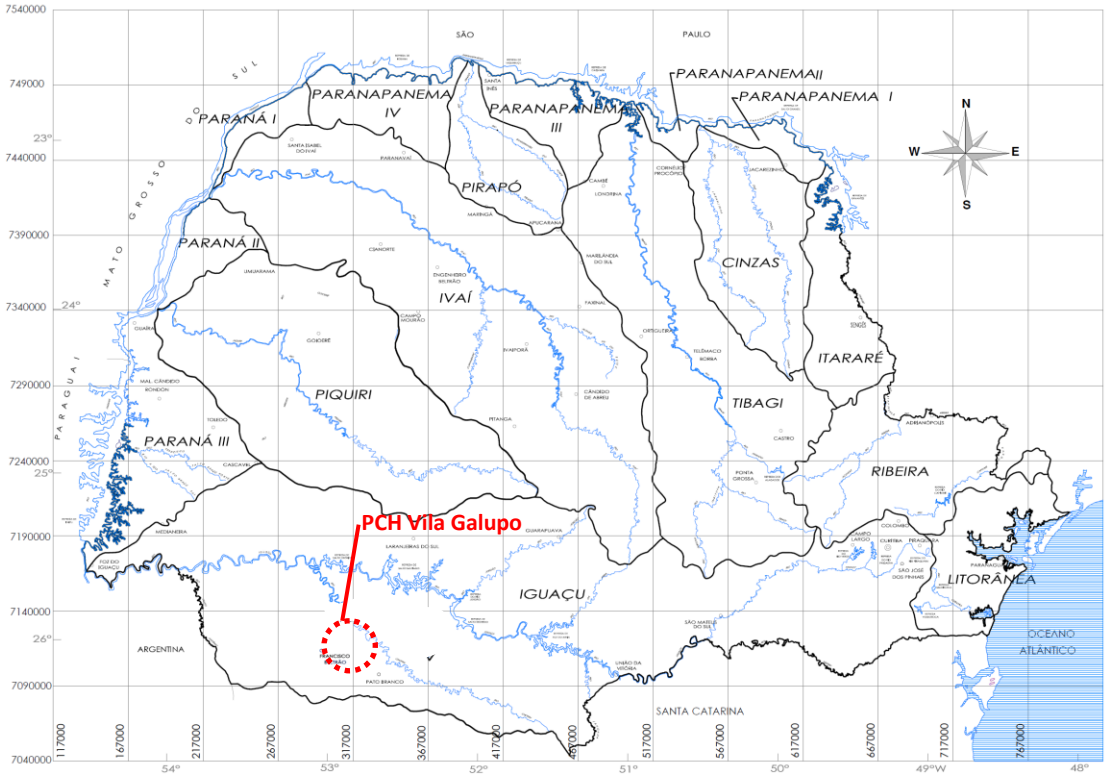


Figura 1. Localização

Para o acesso principal à **BARRAGEM <u>PCH Vila Galupo</u>**:

A barragem localiza-se nos municípios de Francisco Beltrão - PR (margem esquerda) e Bom Sucesso do Sul - PR (margem direita). A cidade mais próxima do local da barragem é Francisco Beltrão - PR, distante cerca de 16 km do eixo.

O acesso ao local da usina pode ser feito a partir de Francisco Beltrão, através da rodovia PR 566 por 5,6 km até a entrada do acesso rural em direção ao município de Itapejara D'Oeste. A

partir do acesso rural, segue-se 9,2 km, até chegar ao local das futuras obras / empreendimento.

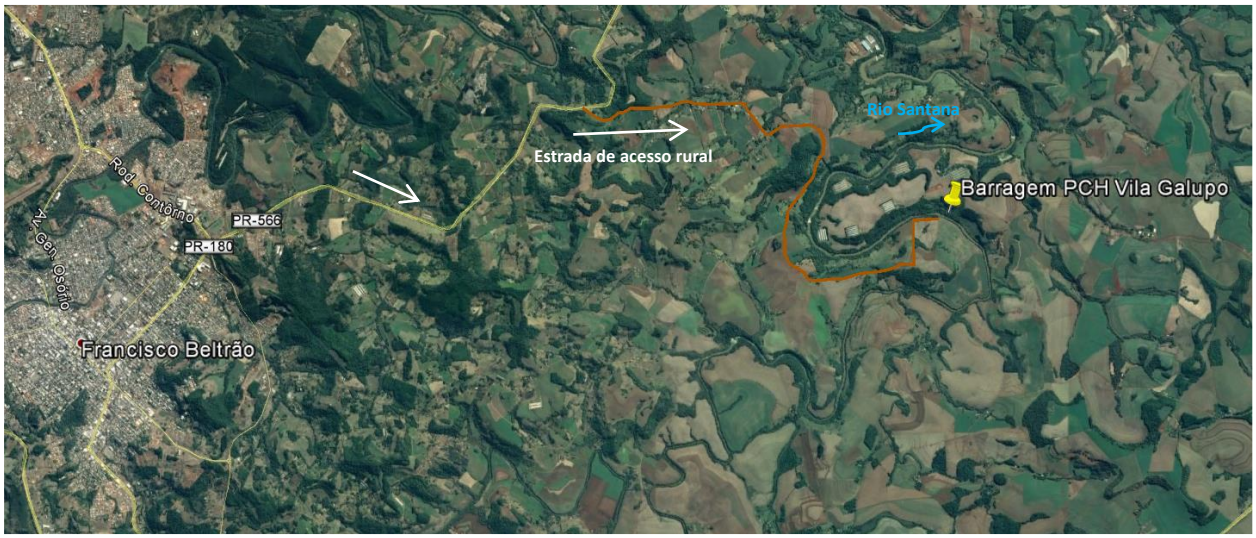


Figura 2. Acessos

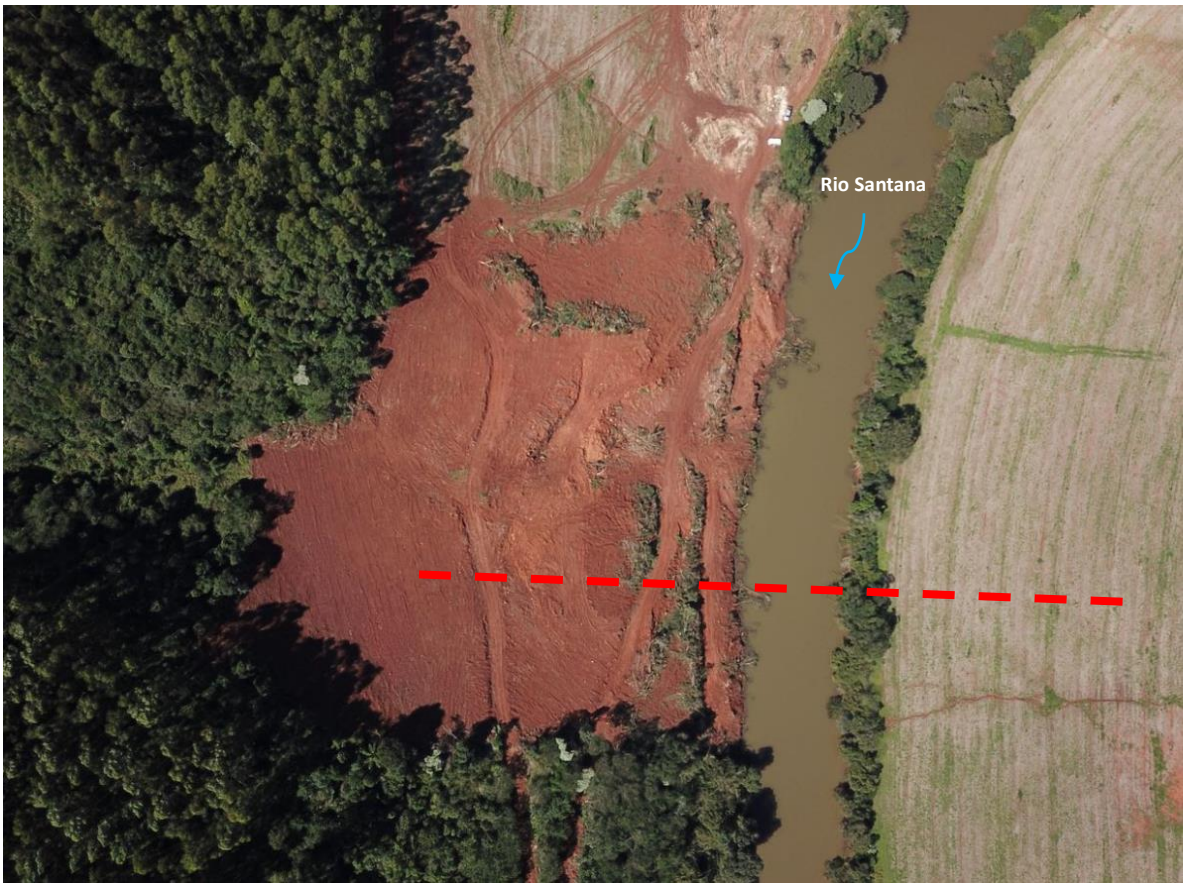


Figura 3. Foto do local do eixo da barragem

I.4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS FUNDAÇÕES E ANCORAGEM

Descrição Geral

A Barragem PCH Vila Galupo (seguindo-se da margem direita para a margem esquerda) é composta de:

- Na margem direita, a barragem é do tipo vertedor, dotado de comportas basculantes, para controle do nível e vazão do reservatório. Esta barragem é constituída em concreto ciclópico, tendo média de 3,50 m, e altura máxima de 8,00 metros, e extensão total de 53,40 m, com cota de coroamento na elevação 534,40 m. Com a comporta levantada, a cota de coroamento do vertedor passa a ser 537,00 m, sendo este o NAm do empreendimento.

- Abaixo do vertedor, estarão posicionadas as galerias de desvio, que terão dupla função: desvio do rio no momento da obra e esvaziamento do reservatório quando necessário. Estas galerias serão constituídas em concreto armado, sendo 6 o numero de galerias, vão hidráulico de 3,30 m cada, sendo que o fechamento serão em pranchões em concreto, e opcionalmente, em uma das galerias a adoção de uma comporta vagão para o funcionamento do descarregamento de fundo.

- Adjacente a este vertedor e próximo à margem do rio à direita hidráulica, está posicionado o muro de transição do barramento, cuja função desta estrutura é promover o escoramento da barragem de enrocamento e reduzir o caminho de percolação da água entre a estrutura geotécnica e a estrutura de concreto do barramento. O muro de transição será uma estrutura em concreto estrutural, de 33 metros de extensão e cerca de 8 metros de altura.

- Ao lado do muro de transição, e perfazendo de margem a margem, promovendo o fechamento do reservatório, encontra-se a barragem de enrocamento, com núcleo vedante em solo compactado, com 190,00 metros de extensão e 11 metros de altura máxima, cuja cota de coroamento está posicionada na elevação 540,20 m, protegendo esta estrutura de vazões acima de TR 10.000 anos.

- A extensão total da barragem somando a parte em concreto e a parte em enrocamento é 245,00 metros, com greide de crista da barragem de enrocamento na elevação 540,20 manm (‘metros acima do nível médio do mar’), e reservatório formado na elevação 537,00 manm (‘metros acima do nível médio do mar’), sendo assim sua inteira constituição, suficiente para promover o estanqueamento do reservatório.

Como pode ser visualizado pelas figuras abaixo, a barragem vertente da PCH Vila Galupo possuirá altura máxima de cerca de 11 metros, sendo este o responsável pelo alteamento do reservatório, e seu volume morto associado ao represamento será pequeno, devido à baixa altura da barragem e pela característica local do reservatório, que está formado em região acidentada.

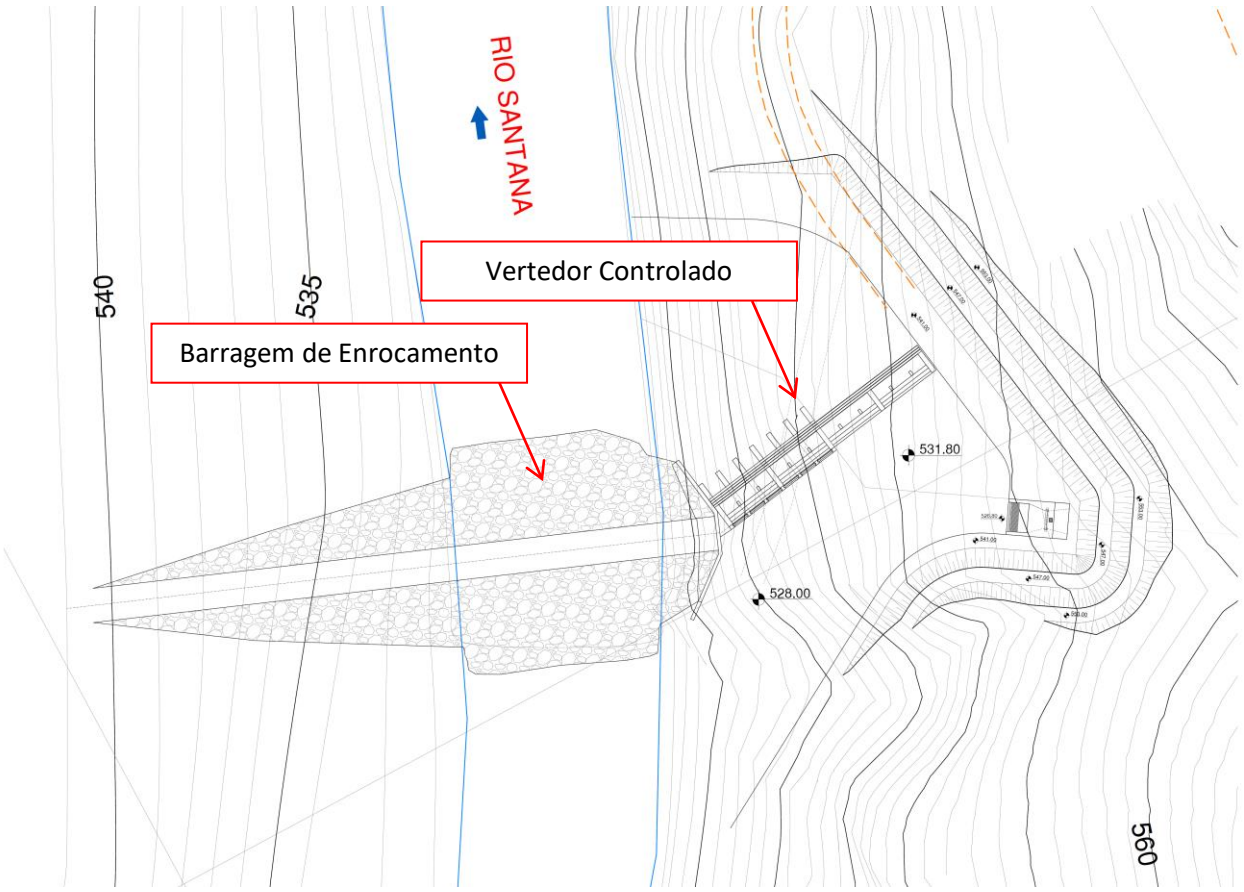


Figura 4. Planta eixo da barragem

Portanto, preocupações quanto aos níveis de segurança relacionadas a esta estrutura serão baixas, conforme será detalhado nos itens a seguir.

Estudos de Borda Livre da Barragem

As figuras a seguir apresentam os níveis característicos do empreendimento, considerando o nível d'água normal do reservatório, o nível d'água referente à cheia TR 10.000 anos, sendo este valor o NA máximo, e a altura da barragem:

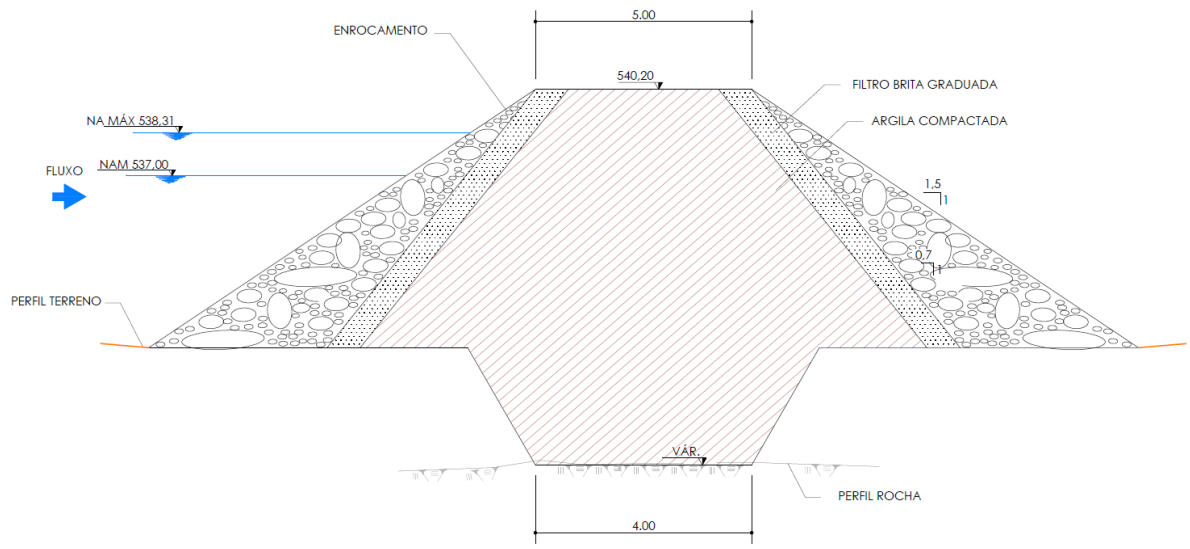


Figura 5. Barragem de Enrocamento – Elevação

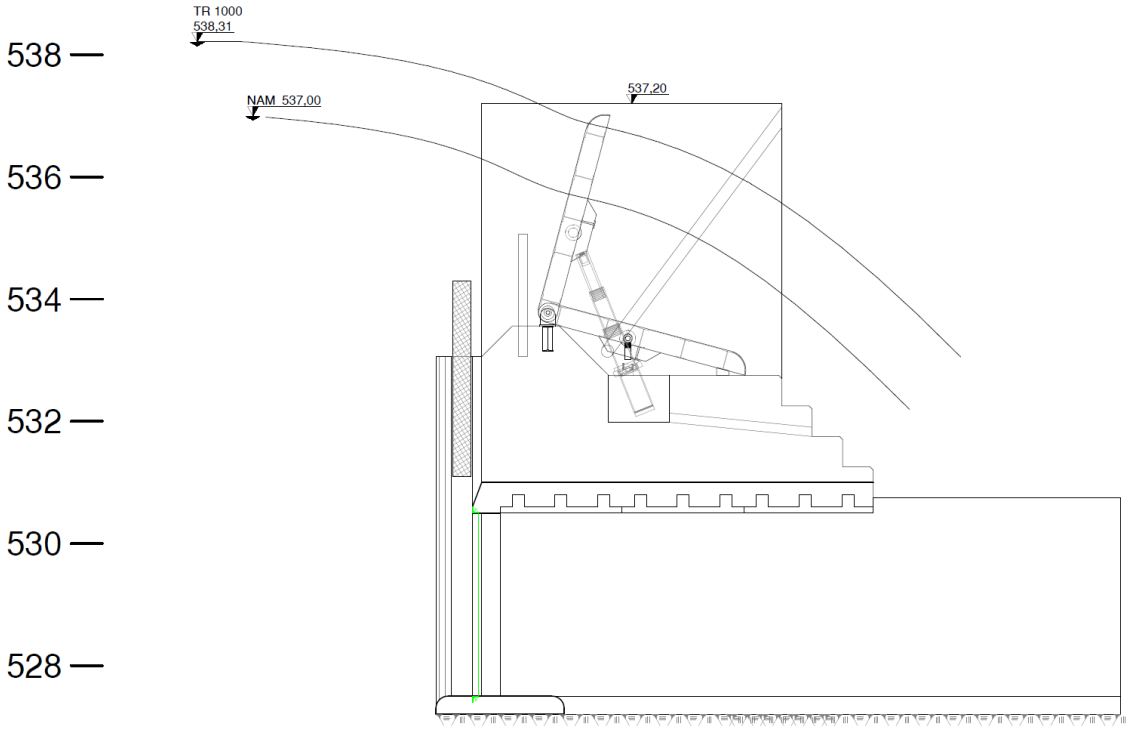


Figura 6. Barragem Vertente de Concreto – Elevação

O projeto da barragem da PCH Vila Galupo apresenta como resultante os seguintes valores para freeboard ou altura livre:

Tabela 1 – Freeboard Calculado PCH Vila Galupo

	NA Normal	NA Máximo TR 10.000 anos
Freeboard (m)	3,20	1,89

De acordo com a publicação “Diretrizes para Projetos de PCHs”, emitida pela ELETROBRÁS, a tabela abaixo apresenta os valores referentes à altura de barragens de enrocamento, com altura máxima de 10 metros:

Tabela 2 – Altura da Borda Livre – Publicação ELETROBRÁS

Tabela 7.1.1 - ALTURA DA BORDA LIVRE (m), PARA BARRAGENS COM ALTURA ≤ 10 m **(*)**

Profundidade da Água Junto à Barragem (m)	Extensão do Espelho d'Água do Reservatório **(**)** - L (km)						
	0,20	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
P ≤ 6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,15	1,25
6,00 < P ≤ 10,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,15	1,25	1,35

(*) Para barragem com altura > 10 m a borda livre deve ser estimada utilizando-se os critérios do USBR (Saville / Bertram), como citado anteriormente.

(**) Na cota do NA máximo

Portanto, para esta barragem, o *freeboard* mínimo para a condição de NA máximo, no valor de 1,89 m, configura-se como um valor aceitável baseado na publicação da ELETROBRÁS.

Fundações, Aspectos Construtivos e Geologia Local

Quanto às fundações, conforme laudos geológicos do projeto básico, a barragem de enrocamento será assente sobre solo coluvionar e saprólito, verificado na região com espessa profundidade. A barragem de concreto será assente em laje de basalto fraturado, que aflora no leito do rio Santana. O substrato desta laje de basalto é fraturado, com algumas fraturas detectadas.

No local previsto para barragem, apenas no leito do rio Santana afloram basaltos, ocorre cobertura de solo com espessura média de 4,36 metros. São solos argilosos, de coloração avermelhada, pouco friáveis. Sob este solo ocorre laje de basalto maciço, de coloração cinza escura, granulação fina com alteração e fraturamento moderados a incipiente.

Devido ao faturamento observado na rocha, no projeto executivo será detalhado um programa de tratamento da fundação, com injeção de calda de cimento, para controle de percolação e redução da subpressão nas fundações. Apesar desse fraturamento incipiente a moderado próximo a superfície, nenhuma evidência de maiores problemas de ordem geotécnica foi observada.

Quanto à concepção e execução da barragem, pode-se afirmar que seus diversos dimensionamentos levaram em consideração os materiais de construção necessários para a execução, e que, em momento oportuno, será verificado se o solo a ser aplicado será de boa qualidade, bem como os materiais rochosos que serão empregados atenderão aos requisitos mínimos para servirem de enrocamento e pedras lançadas no concreto.

Seu vertedouro em concreto é estável a gravidade e está dimensionado hidraulicamente para regimes excepcionais. O projeto do vertedouro prevê como material constituinte concreto, sendo estável à gravidade e dimensionado hidraulicamente para suportar regimes excepcionais de vazões afluentes.

O vertedouro não necessitará de bacia de dissipação ou outra estrutura de amortecimento da velocidade no pé do vertedouro a jusante, pois o lajeado encontrado no local é constituído de rocha bastante competente, com probabilidade mínima de erosão.

A baixa altura da barragem também é fator preponderante para que a energia hidráulica proveniente do mergulho do vertedouro não aumente consideravelmente seu valor. Além disso, o paramento de jusante do vertedouro será constituído em degraus, que promoverão a dissipação da energia hidráulica, sendo as águas vertidas restituídas ao leito do rio com baixa energia.

Como o vertedor é dotado de comportas basculantes, o empreendimento ganha em termos de segurança de estruturas, uma vez que, em períodos de cheia, propensos a maiores riscos, a manobra de baixar as comportas cria um aumento significativo da capacidade de vertimento desta estrutura, escoando rapidamente grandes pulsos de cheia. Além disto, os níveis do reservatório serão praticamente constantes em todo o tempo, decorrente do uso de estruturas de controle no vertedor.

Responsabilidade Técnica

Primeiramente afirma-se aqui que tanto o projeto básico, quanto o executivo da PCH Vila Galupo foram conduzidos sob anotação de responsabilidade técnica com empresa de engenharia contratada, prevendo o lançamento de uma solução de barragem adequada às características locais do projeto e normas setoriais, quando aos aspectos de desvio do rio, capacidade do órgão extravasor, tipo e desempenho de barragem, fundações e materiais de construção.

Na fase de construção da barragem, a empresa responsável pela execução das obras irá emitir ART de execução, bem como o empreendedor manterá em campo um rigoroso sistema de fiscalização, compondo no final um acervo de 3 ART’s:

- Projeto básico e executivo – Design Head Engenharia e Construtora Ltda.
- Execução – A confirmar.
- Fiscalização – A confirmar.

Execução da Obra

A seguir são descritos os cuidados que serão observados na execução das obras da barragem da PCH Vila Galupo. Pondera-se inicialmente que, mesmo tratando-se de uma barragem de altura máxima inferior a 15 metros, construída em concreto ciclópico, todos os cuidados construtivos estão sendo tomados no sentido de resguardar a integridade e vida útil da barragem e, portanto, a operacionalidade do empreendimento, cabendo citar:

- Plano de inspeção das fundações;
- Plano de tratamento das fundações, ancoragens e injeções;
- Plano de instalação de drenagens;
- Plano de controle de qualidade de materiais
- Plano de controle de compactação dos aterros das ombreiras
- Plano de desvio do rio;
- Plano de enchimento do reservatório;

Vale citar que, devido as suas características de volume de reservatório e altura máxima sobre fundações, esta barragem não se enquadra na obrigatoriedade de emissão do plano de segurança de barragens.

I.5. RESERVATÓRIO E ESTUDOS HIDRÁULICOS DO VERTEDOR

O futuro reservatório formado pela PCH Vila Galupo é decorrente do represamento das águas do rio Santana, através da construção da barragem, que terá a função de criar a altura necessária para a produção da energia prevista para o empreendimento. Este reservatório estará encaixado em topografia ondulada, em forma de vale, conforme observado na Figura .

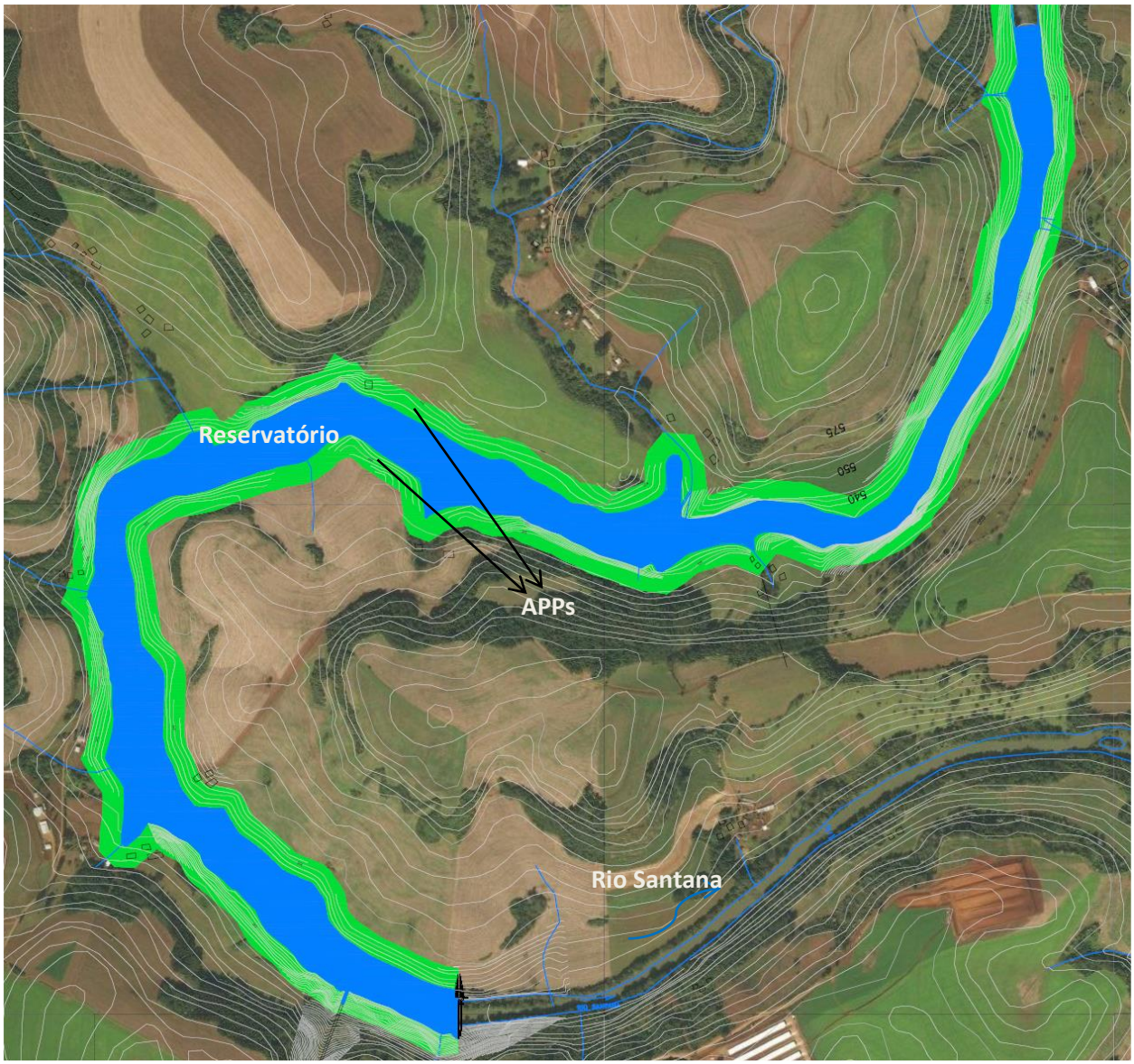


Figura 7. Planta do Reservatório

As principais características do reservatório da PCH Vila Galupo são apresentadas abaixo:

Nível d'água máximo normal:.....El. 537,00 m
Área do Lago..... 47,56 ha
Volume Morto..... 1,506 x 10^6 m³
Volume Útil.....0,000 x 10^6 m³
Depleção.....0,00 m

CURVA COTA - ÁREA - VOLUME DO RESERVATÓRIO		
RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO	**PCH VILA GALUPO**	
Nível de Água Normal de Montante (NAM)	**537,00**	m
Nível de Água Mínimo de Montante	**537,00**	m
Área Alagada total	**47,56**	ha
Área Alagada efetiva	**22,26**	ha
Calha natural do rio área (ha)	**25,30**	ha
Área de Preservação Permanente (APP)	**52,20**	ha

Volume morto (NA min) $10^6 m^3$		**1,506**	10^6 m^3
Volume útil (NA min) $10^6 m^3$		**0,000**	10^6 m^3
Comprimento do reservatório		**5.830**	m
Perímetro do reservatório		**12.540**	m
Cota	**Área**	**Volume Total**	**Volume Útil**
(m)	**(ha)**	**10^6 m^3**	**10^6 m^3**
531,00	1,41	0,000	0,000
532,00	12,31	0,069	0,000
533,00	18,29	0,222	0,000
534,00	25,87	0,442	0,000
535,00	30,97	0,727	0,000
536,00	38,68	1,075	0,000
537,00	47,56	1,506	0,000

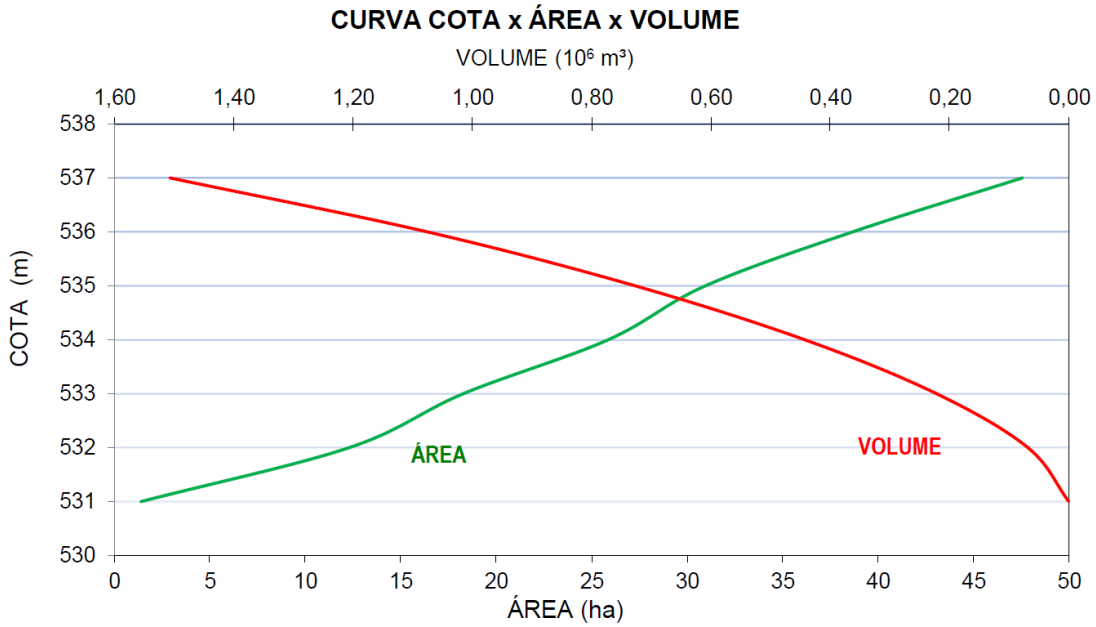


Figura 8. Curva Cota – Área – Volume Reservatório PCH Vila Galupo

Este reservatório trabalhará em regime de fio d'água, ou seja, sem efeito de deplecionamento no reservatório, comumente adotado para projetos de PCHs. Esta é uma característica é importante, pois PCHs que trabalham neste regime tem áreas inundadas pequenas, como é o caso da PCH Vila Galupo, portanto os impactos decorrentes da formação do reservatório serão mínimos.

Além disto, usinas a fio d'água dispensam os estudos de regularização de vazões, pois não são observados os fenômenos de depleção do reservatório. Em tese, usinas a fio d'água geram energia apenas das vazões afluentes do rio, e o reservatório formado é decorrente apenas do alteamento necessário para atingir a queda de projeto da usina.

Calculou-se também, para o reservatório, o comprimento da onda de *Fetch*, que demonstra a altura máxima da onda provocada pela passagem de ventos de alta intensidade. Os resultados encontram-se na tabela a seguir:

Tabela 3 – Altura da Onda de *Fetch* do Reservatório

Velocidade dos Ventos	80 km / h	160 km / h
Altura da onda (m)	0,73 m	0,81 m

Portanto, para ventos com velocidade máxima de 160 km / h, a altura da onda provocada pela passagem de ventos desta magnitude será de 0,81 m, valor que atende satisfatoriamente o *freeboard* considerado para esta barragem, demonstrado no item “Estudos de Borda Livre da Barragem” deste PAE como sendo 1,89 m para o NA máximo.

Dimensionamentos Hidráulicos do Vertedouro

Barragens em concreto são projetadas para permanecer estáveis com auxilio da ação da gravidade, mesmo em condições de cheia de projeto. No caso da PCH Vila Galupo, a altura máxima da barragem vertente será de 8 m.

Para os estudos executivos da barragem perante aos órgãos reguladores e ambientais, foi emitida ART de projeto nº 20155251963, cuja ART contempla o dimensionamento das estruturas vertentes de responsabilidade do eng. Alberto de Andrade Pinto. (anexo)

Destaca-se no caso da PCH Vila Galupo que as estruturas vertentes foram dimensionadas para cheia de recorrência milenar, por se tratar de estrutura galgável e sem risco às vidas humanas em caso de acidente.

A tabela e figura a seguir mostra a curva chave estudada para o vertedouro da PCH Vila Galupo:

PCH VILA GALUPO - RIO SANTANA VERTEDOURO DOTADO DE COMPORTAS BASCULANTES

Comporta Basculante	**Quantidade de comportas:**	**4**	**VAZÕES MÁXIMAS INSTANTÂNEAS (COEF. FULLER)**
Largura de cada Comporta		12.00m	
Altura da Comporta		3.00m	TR 2 ANOS 251 m³/s
Cota do piso da Comporta (Aberta)		534.00m	TR 5 ANOS 365 m³/s
Vertedor Soleira Livre - Concreto			TR 10 ANOS 440 m³/s
Nível de água Normal de Montante		**537.00m**	TR 20 ANOS 513 m³/s
Comprimento de soleira vertente			TR 50 ANOS 606 m³/s
Coeficiente de descarga - cd para carga de projeto		2.11	TR 100 ANOS 677 m³/s
VAZÃO REMANESCENTE		**0.46m³/s**	TR 200 ANOS 746 m³/s
Número de Orifícios (un.)		3	TR 500 ANOS 839 m³/s
Diametro orifício		**0.20m**	**TR 1.000 ANOS 908 m³/s**
Área total de orifício		0.031m²	TR 10.000 ANOS 1140 m³/s
Coef. Perda de carga na entrada		0.25	Free Board 1.89m
Cota do centro de pressão		531.80m	

NA Max	Carga sobre Vert. Basculante (m)	Carga sobre Vert. Soleira Livre(m)	Coef. Real de Descarga Vert. Basculante (k)	Coef. Real de Descarga Vert.Soleira Livre (k)	Vazão Vertedor Comp. Basc. (m³/s)	Vazão Vertedor Soleira Livre (m³/s)	Vazão Remanesc. (m³/s)	Vazão Total (m³/s)
534.00	0.00	0.00	2.11	2.11	0	0.00	0.46	0.46
534.30	0.30	0.00	2.11	2.11	17	0.00	0.50	17.14
534.60	0.60	0.00	2.11	2.11	47	0.00	0.52	47.59
534.90	0.90	0.00	2.11	2.11	86	0.00	0.55	87.03
535.20	1.20	0.00	2.11	2.11	133	0.00	0.58	133.71
535.50	1.50	0.00	2.11	2.11	186	0.00	0.60	186.67
535.80	1.80	0.00	2.11	2.11	245	0.00	0.63	245.21
536.10	2.10	0.00	2.11	2.11	308	0.00	0.65	308.86
536.40	2.40	0.00	2.11	2.11	377	0.00	0.67	377.24
536.70	2.70	0.00	2.11	2.11	449	0.00	0.69	450.03
537.00	3.00	0.00	2.11	2.11	526	0.00	0.71	526.98
537.30	3.30	0.00	2.11	2.11	607	0.00	0.73	607.88
537.60	3.60	0.00	2.11	2.11	692	0.00	0.75	692.55
538.00	4.00	0.00	2.11	2.11	810	0.00	0.78	811.02
538.31	4.31	0.00	2.11	2.11	907	0.00	0.80	908.00
539.02	5.02	0.00	2.11	2.11	1139	0.00	0.84	1140.00
539.60	5.60	0.00	2.11	2.11	1342	0.00	0.87	1343.04
540.20	6.20	0.00	2.11	2.11	1564	0.00	0.91	1564.46

Para a vazão milenar Q Tr1.000 ANOS = 908 m³/s o nível máximo de montante será na el. 538. Recomenda-se adotar uma cota de proteção contra extravasamento na el. 540m configurando um free board de 002m. Os órgãos extravasores, operando em ultimate capacity, suportam uma vazão de 1,564 m³/s.

Tabela 4 – Curva Chave do Vertedouro PCH Vila Galupo

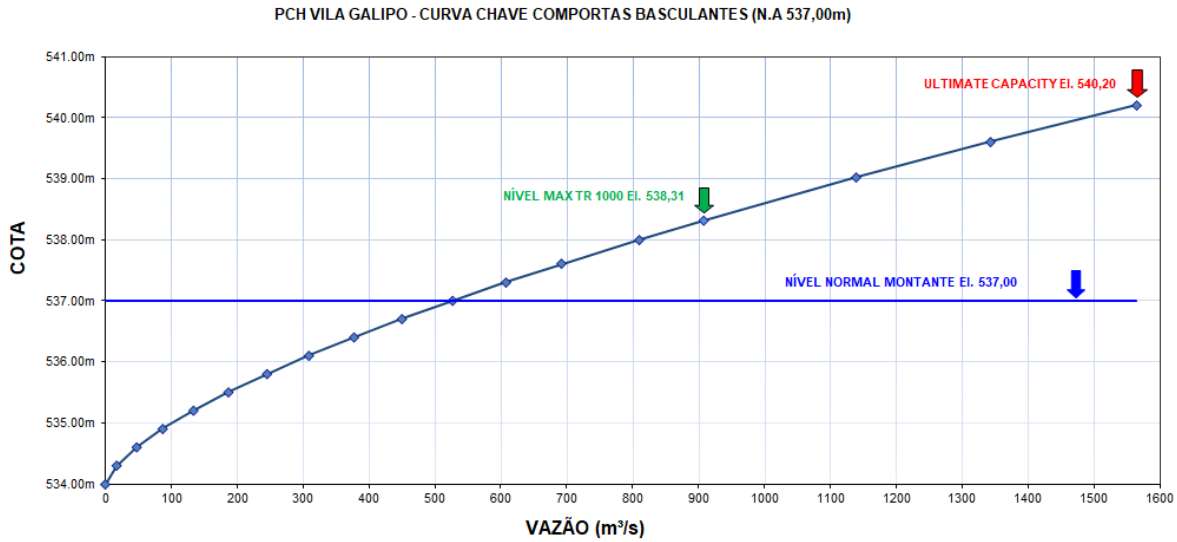


Figura 9. Curva Chave do Vertedouro - PCH Vila Galupo

I.6. ESTUDO SOBRE ROMPIMENTO DA BARRAGEM

Premissas Técnicas Adotadas Neste Estudo

Conforme solicitação do Órgão Ambiental apresenta-se a seguir considerações relativas à hipótese de rompimento da barragem da PCH Vila Galupo.

Em relação a uma ruptura nesta barragem, por se tratar de barragem mista, sendo parte do fechamento do reservatório em concreto e parte em enrocamento com núcleo vedante em argila, entende-se que, baseado no histórico mundial sobre barragens que barragens de solo são mais suscetíveis colapsos do que barragens de concreto, ainda que não seja este fato uma regra.

No caso de barragens de solo, verifica-se o fenômeno de erosão interna como sendo a mais provável causa de colapso de barragens deste tipo. A erosão interna ou retro erosão é um processo de formação de um tubo de escoamento preferencial, denominado entubamento (*piping*), que pode ocorrer em barragens de terra. A falha por *piping* é um fenômeno que ocorre por erosão regressiva, onde há formação de um tubo, originado do carreamento de partículas, de jusante para montante no maciço de terra compactada em uma barragem. Esse tubo tende a aumentar progressivamente seu diâmetro à medida que a água percola pelo solo compactado, conduzindo ao colapso da estrutura.

Fatores determinantes como o grau de compactação do solo, o adequado dimensionamento do sistema de drenagem interna do maciço e o monitoramento de parâmetros geotécnicos são importantes para evitar o processo de formação de *piping* em barragens de terra.

A Figura 10 mostra o mecanismo de progresso do *piping*, passando à formação de entubamento concentrado no maciço até o progresso e o alargamento na forma de brecha, com consequente ruptura da barragem.

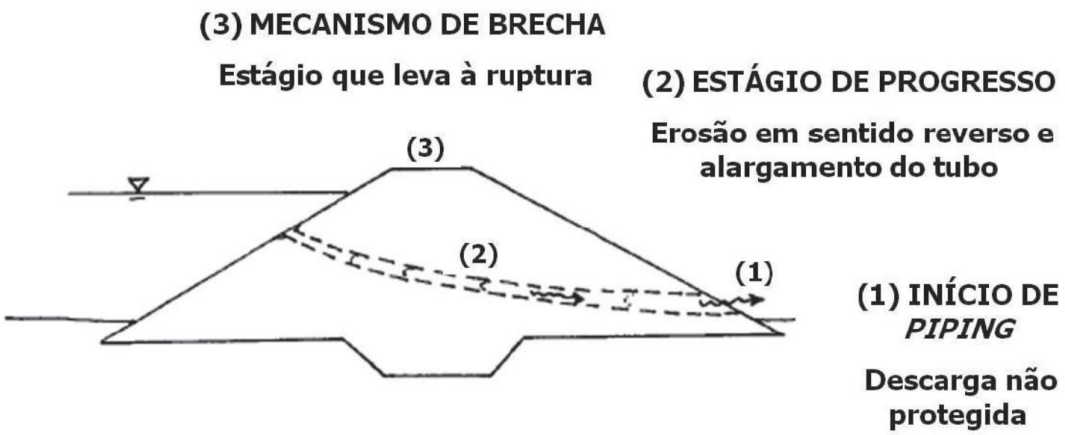


Figura 10. Estágios de desenvolvimento de ruptura por *piping*
Fonte: FOSTER *et al*., 1998 *apud* LADEIRA, 2007

As falhas mais prováveis em barragens de terra são descritas nos itens a seguir:

Falhas nas fundações

O terreno sobre o qual assenta a barragem e a ligação da barragem ao terreno podem deslizar sob o efeito de acomodações geológicas, que resultam do enchimento do reservatório ou da saturação do material da fundação por infiltração. Outra ameaça às fundações são as cheias excepcionais, que podem causar o galgamento das estruturas, quando a água passa por cima da barragem, provocando a erosão gradativa da base da estrutura.

As características da deformação dos materiais constituintes das fundações da barragem são de difícil previsão e a avaliação dos efeitos da construção não muito criteriosa torna-se incerta com respeito ao deslizamento das fundações. Em geral, fundações com resistência não satisfatória a tensões ou que apresentem ligações compostas de materiais como argila, por exemplo, são vulneráveis ao deslizamento. A utilização de materiais impermeáveis em juntas de ligação pode também contribuir no deslizamento, se a infiltração por meio desses materiais não for monitorada para controle.

Falhas no projeto, na Construção ou na Operação

Uma barragem é uma obra de engenharia que exige para a sua segurança critérios bastante cuidadosos durante as fases de projeto, construção e operação, devido à complexidade de funcionamento e risco potencial da estrutura.

Dentre as causas das falhas dessa natureza, destacam-se: projetos de vertedouros com capacidade inferior às cheias de grande magnitude, falhas de procedimentos de sondagens, utilização de materiais de má qualidade e/ou durabilidade na obra, inadequação de execução de drenagens, ancoragens, compactação, limpezas e tratamento de fundação, desobediência às regras de manutenção ou sua interpretação errônea, descontinuidades e/ou a não

manutenção planejada, mau uso e/ou falta de manutenção do vertedouro, falhas na instalação e registro da instrumentação.

Quanto à concepção e execução da barragem, pode-se afirmar que seus diversos dimensionamentos levaram em consideração os materiais de construção necessários para a execução, e que, em momento oportuno, será verificado se a argila será de boa qualidade, bem como os materiais rochosos que serão empregados atenderão aos requisitos mínimos para servirem de enrocamento e pedras lançadas no concreto. Seu vertedouro em concreto é estável a gravidade e está dimensionado hidraulicamente para regimes excepcionais, sendo controlado por comportas, o que garante maior segurança nas estruturas. O projeto do vertedouro prevê como material constituinte o concreto, sendo estável à gravidade e dimensionado hidraulicamente para suportar regimes excepcionais de vazões afluentes.

Além disto, ressalta-se neste relatório que, mesmo tratando-se de uma barragem de altura máxima inferior a 15 metros, todos os cuidados construtivos serão tomados durante a fase de obras, no sentido de resguardar a integridade e vida útil da barragem e, portanto, a operacionalidade do empreendimento.

Mesmo assim insistindo na hipótese remota de uma ruptura, é coerente afirmar que a onda de cheia não superará a cheia de projeto das estruturas vertentes, que adotou um evento de recorrência milenar neste caso.

Segundo Collischonn, 1997, o tipo de barragem é importante no que diz respeito às causas da ruptura. Barragens de concreto são mais suscetíveis a problemas na fundação ou na estrutura, cujo colapso pode ser quase instantâneo. Barragens de terra são sensíveis ao galgamento, em cheias maiores que as de projeto, quando o vertedouro não é suficiente, e a água verte sobre a crista da barragem.

Nesses casos, inicia-se a erosão do talude de jusante da barragem e ocorre a consequente formação de uma brecha de forma regressiva. Os problemas de infiltração e entupimento do sistema de drenagem interno da barragem também são importantes em barragens de terra, gerando brechas que se iniciam como pontos de vazamento e crescem a partir do ponto de surgimento (*piping*). Barragens de gravidade de concreto podem gerar brechas instantâneas, mas apenas parciais, nas quais um bloco da construção é retirado.

No caso da PCH Vila Galupo, adotar-se-á a hipótese de ruptura no maciço de solo compactado, devido ao histórico mundial constatado de que há mais acidentes em barragens em solo que barragens em concreto.

A forma mais frequente de ruptura de barragens de solo é a formação de brechas de forma trapezoidal, devido ao galgamento deste tipo de estrutura, conforme figura a seguir:

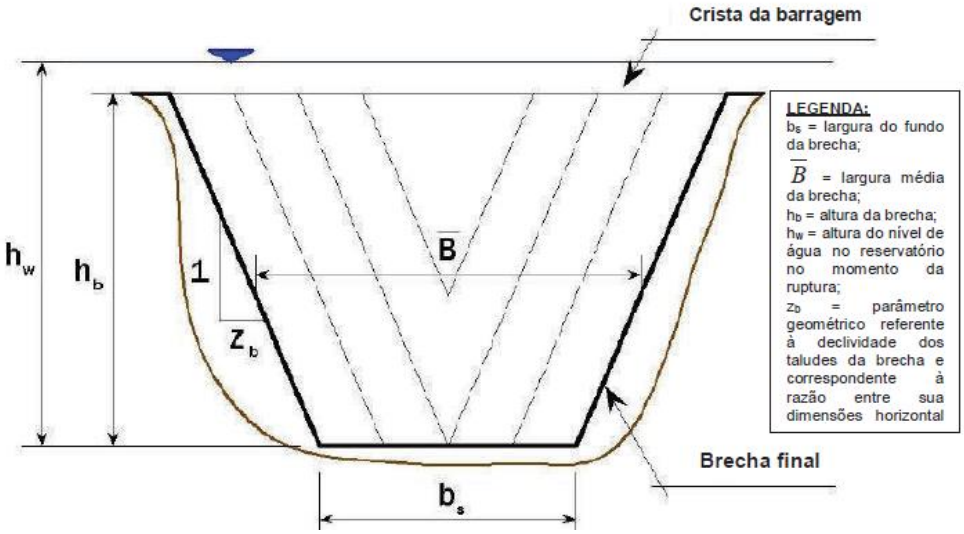


Figura 11. Progressão e provável geometria da ruptura por *piping*

A tabela abaixo apresenta alguns parâmetros propostos para determinar as características de formação da brecha.

Tabela 5 – Parâmetros característicos de formação de brecha

Tipo de Barragem	Comprimento da brecha (Bb)	Componente horizontal da declividade dos taludes da brecha (H) H:1V	Tempo de Ruptura tr (horas)	Referencia
Terra / Enrocamento	(0,5 a 3,0) x H	Entre 0 e 1	0,5 a 4,0	USACE (1980)
	(1,0 a 5,0) x H	Entre 0 e 1	0,1 a 1,0	FERC (1988)
	(2,0 a 5,0) x H	Entre 0 e 1	0,1 a 1,0	Fread (2006)
	(2,0 a 4,0) x H	Entre 0,25 e 1	0,1 a 1,0	ELETROBRÁS (2003)

H = Altura da barragem (m)

Na hipótese remota de uma ruptura, é coerente afirmar que a onda de cheia não superará a cheia de projeto das estruturas vertentes, que adotou um evento de recorrência milenar neste caso.

Singh, 1996, propôs ser possível medir a vazão na brecha colapsada em barragem vertente, assumindo que o escoamento pela brecha é análogo ao escoamento de um vertedor retangular de soleira espessa.

A equação proposta por Singh é:

$$Q_{max} = 1{,}7 \times B_b \times H_b^{3/2}$$

Com B_b = largura da brecha, em m;

H_b = Altura da brecha, em m.

Esta equação acima descrita demonstra uma estimativa do que pode ocorrer em um caso real de ruptura da barragem.

Identificação de Áreas de Risco à Jusante

A figura abaixo mostra o local onde será executada a PCH Vila Galupo, bem como a identificação das benfeitorias existentes nos primeiros quilômetros a jusante da barragem:

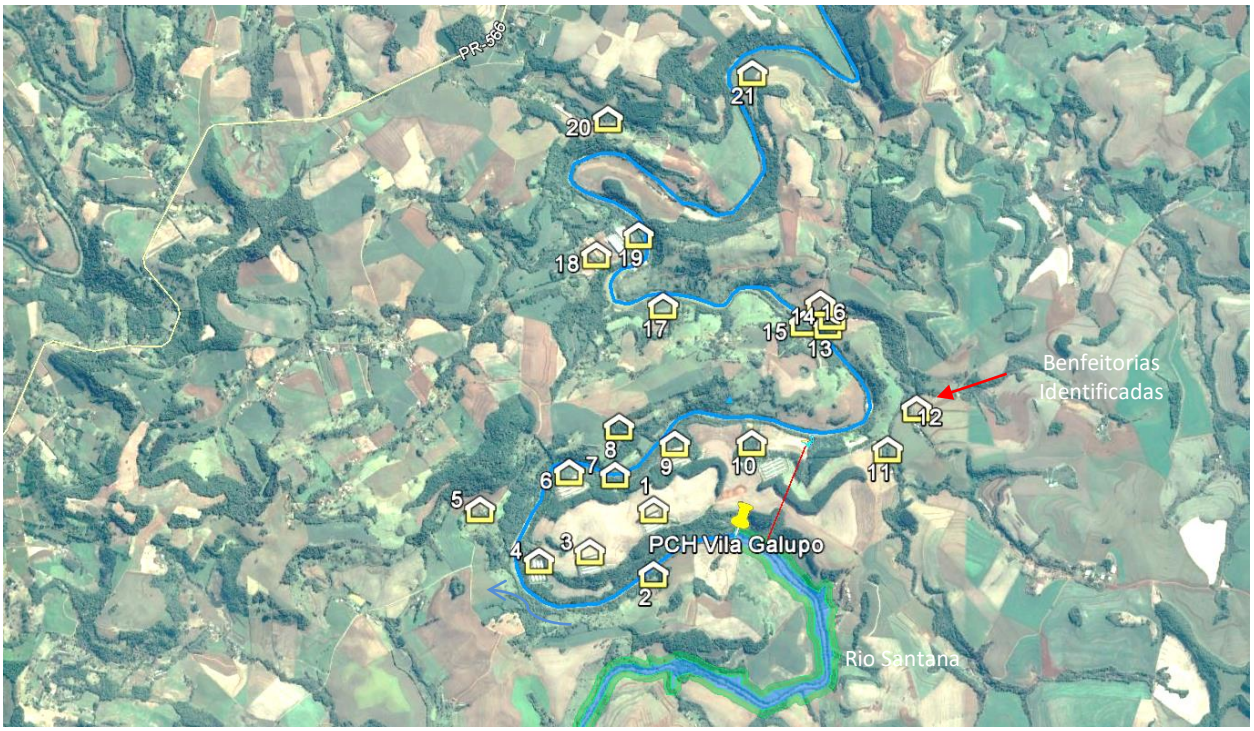


Figura 12. Identificação à jusante da PCH Vila Galupo

A seguir descreve-se de forma sucinta o vale do rio Santana a jusante do barramento:

Constitui-se este trecho a jusante da barragem numa região basáltica, maciço, coloração cinza escura, granulação final com alteração e fraturamentos moderados a incipiente. O solo da região caracteriza-se como argiloso, de colocação avermelhada, pouco friável.

Foram detectadas poucas habitações a jusante do barramento, ao longo dos primeiros 15 km a jusante da mesma. As aglomerações urbanas encontram-se em distancia bastante seguras, fora da bacia de drenagem do leito do rio, portanto, em posições bastante seguras.

Na tabela a seguir demonstram-se as benfeitorias identificadas à jusante do barramento:

Tabela 6 – Área a jusante do barramento da PCH Vila Galupo

Id	Tipo de Benfeitoria	Distancia do Barramento (km)	Distancia da habitação até a margem do rio (m)	Cota Estimada Cartografia Inventário (m)	Cota Estimada NA (m)	Altura ortométrica entre NA e Cota Benfeitoria (m)	Risco
1	Granja ou viveiro	0,6	230	590,00	532,00	58,00	Baixo a Inexistente

2	Edificações	0,9	80	545,00	531,60	13,40	Baixo a Inexistente
3	Granja ou viveiro	1,3	250	590,00	530,50	59,50	Baixo a Inexistente
4	Granja ou viveiro	2,1	65	545,00	528,50	16,50	Baixo a Inexistente
5	Edificações	2,5	230	590,00	525,80	64,20	Baixo a Inexistente
6	Granja ou viveiro	3,0	85	550,00	521,50	28,50	Baixo a Inexistente
7	Edificação	3,7	100	555,00	516,00	39,00	Baixo a Inexistente
8	Edificação	3,9	230	570,00	516,00	54,00	Inexistente
9	Granja ou viveiro	4,1	95	560,00	515,50	44,50	Inexistente
10	Granja ou viveiro	5,1	335	540,00	515,30	24,70	Inexistente
11	Edificações	6,1	365	565,00	510,50	54,50	Inexistente
12	Edificações	6,2	355	> 570,00	509,50	60,50	Inexistente
13	Ponte Acesso Rural	7,0	0	510,00	505,00	5,00	Baixo
14	Edificações	7,0	80	520,00	505,00	15,00	Inexistente
15	Edificações	7,1	120	525,00	505,00	20,00	Inexistente
16	Edificações	7,2	50	535,00	505,00	30,00	Inexistente
17	Edificações	8,6	170	530,00	503,00	27,00	Inexistente
18	Fábrica Alcast do Brasil	9,3	105	> 525,00	502,00	23,00	Inexistente
19	Fábrica Alcast do Brasil	9,7	65	510,00	496,00	14,00	Inexistente

Figura 13. Topografia das Áreas de Risco à jusante da PCH Vila Galupo - Inventário rio Santana – Restituição de 5 em 5 m

No item a seguir é simulada a hipótese de ruptura e sua provável altura de onda de cheia.

I.7. ESTUDO SOBRE A RUPTURA DA BARRAGEM

Uma ruptura da futura barragem da PCH Vila Galupo seria um evento progressivo com curto tempo de ocorrência, e promoveria uma onda de cheia a qual se propagaria para jusante, dissipando sua intensidade à medida que o vale fosse percorrido. Este fenômeno físico e hidráulico, característico de um escoamento não permanente, promoveria grande amortecimento da onda de cheia, esta, de difícil quantificação.

À jusante da PCH Vila Galupo, nos próximos quilômetros não estão previstas barragens e formação de reservatórios. Apenas o próprio rio será responsável por absorver um pulso de cheia decorrente de uma ruptura da barragem da PCH Vila Galupo. Em determinados pontos do rio, devido à topografia regional, haverá espraiamentos do pulso de cheia, inundando as margens e produzindo um efeito de dissipação da onda de cheia. O impacto, portanto, será maior nas proximidades da barragem.

Para simulação da ruptura da barragem, foram consideradas três premissas básicas, a saber:

- Ruptura na barragem de enrocamento, cujo calculo da formação da brecha é baseada na equação de Singh;

- Análise da cartografia dos Estudos de Inventário;

- Altura máxima hipotética da onda de cheia.

Foi considerado que a brecha de formação do colapso da barragem é progressiva, com base no tipo de barragem deste estudo.

A vazão de pico considerada foi modelada conforme a equação de Singh descrita no item “Falhas no Projeto, na Construção ou na Operação”.

Considerando um caso extremo, com formação agressiva da brecha, cujo comprimento simulado é de 5 metros, e altura da brecha de 10 metros, a vazão de pico seria:

$$Q_{max} = 1{,}7 \times B_b \times H_b^{3/2}$$

B_b = 5 m

H_b = 10 m

Q_{max} = 270 m³/s

Observando os níveis das propriedades identificadas na tabela 3, inseridas na faixa de influencia mais significativa em caso de uma hipotética ruptura da barragem, observa-se que todas as propriedades, com exceção da propriedade 13, encontram-se em altura ortométrica média superiores a altura máxima da barragem, que é 11 metros.

Desta forma, ao se considerar um evento extremo de uma onda de cheia, cuja altura critica seja considerada igual à altura da barragem, nenhuma benfeitoria, com exceção da 13, seria atingida. Esta premissa de uma onda de cheia com altura igual à altura da barragem é improvável fisicamente, dado o efeito de amortecimento da onda de cheia decorrente dos obstáculos naturais à jusante, que vai abatendo gradativamente a altura da onda, mas ilustra o que se poderia considerar como o pior caso possível.

Quanto à propriedade 13, que foi identificada como sendo uma ponte de acesso rural, a mesma possui uma altura entre o NA e o tabuleiro estimado entre 4 e 5 metros.

Para simplificar os cálculos, pode-se considerar um efeito de laminação do reservatório, ou seja, qual seria a elevação do rio a jusante da barragem quando todo volume represado seja instantaneamente esvaziado, considerando o trecho a jusante estudado de 40 km, ou seja, até a foz do rio Santana.

Adotando a largura média do rio com sendo 20 m, tem-se a área do trecho a jusante até a foz de 800.000 m². Portanto, a laminação será:

Laminação = Volume do Reservatório / Área no leito do rio

Laminação = 1.506.000 m³ / 800.000 m² = 1,88 m.

Ou seja, numa estimativa expedita, o rio elevaria sua calha em média 1,88 m acima do NA, no caso da ruptura da barragem e o esvaziamento instantâneo do reservatório.

Como a benfeitoria 13 tem 4 metros de *freeboard* até seu tabuleiro, hipoteticamente esta estrutura não sofreria galgamento. Pondera-se também que, caso esta estrutura sofra um galgamento, não se tem informações sobre sua capacidade estrutural para julgar se esta ponte se manterá estável numa cheia desta proporção, mas estima-se que a probabilidade é baixa de colapso nesta estrutura.

Pode-se avaliar também a seção da benfeitoria 13 através da análise da seção topobatimétrica desta. A figura a seguir apresenta uma topobatimetria estimada da seção no rio na região da benfeitoria 13, a partir dos dados de cartografia dos estudos de inventário:

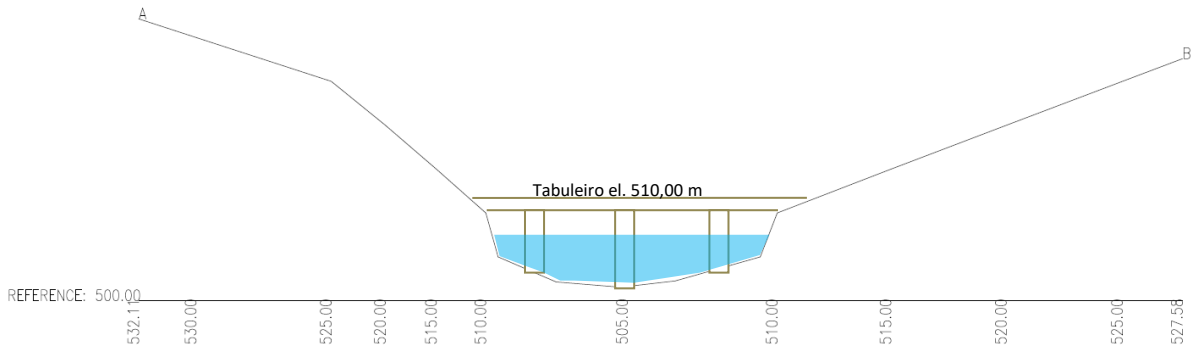


Figura 14. Seção Topobatimétrica Estimada Benfeitoria 13 - Inventário rio Santana

A área calculada da seção topobatimétrica, para a elevação 510,00 m, ou seja, na iminência do galgamento desta estrutura, é de 800 m², e para esta área, a velocidade é de 0,30 m/s quando simula-se a vazão de ruptura ora calculada.

Na prática, as velocidades de escoamento são mais altas. Para efeito de calculo, considerando uma vazão de ruptura de 270 m³/s, e uma velocidade média coerente de escoamento do rio em 1,00 m/s, tem-se uma seção de escoamento de água de 270 m². Para esta área de 270 m², tem-se um nível d'água associado na elevação estimada de 507,00 m.

A elevação calculada através da análise da seção topobatimétrica estimada, neste caso, é de 2,00 m acima do NA normal do rio, valor próximo ao calculado através do processo de laminação do reservatório, no valor de 1,88 m. Em ambas as hipóteses, não há galgamento na benfeitoria 13, sendo esta considerada, portanto, assim como as demais, em elevações seguras contra cheias provocadas por uma hipotética ruptura na barragem.

I.8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As características da futura barragem da PCH Vila Galupo, demonstradas neste PAE indicam que esta estrutura será segura, pelos diversos motivos citados a seguir:

- Robustos estudos hidrológicos para esta barragem, com estudos de vazões excepcionais, baseados em longas séries históricas de vazões consistidas pela ANA, que garantem dados confiáveis para o correto dimensionamento hidráulico do vertedouro e barragem;

- Barragem dimensionada para TR 10.000 anos, com *freeboard* que garante que um evento de galgamento desta estrutura seja estatisticamente improvável de ocorrer;

- Reservatório pequeno, por se tratar de PCH, trabalhando à fio d'água;

- Baixa estatura da barragem vertente e grande comprimento de vertimento, reduzindo consideravelmente a carga excepcional sobre a estrutura;

- Excelentes condições de fundações, por se tratar de laje aflorada de basalto, com previsão de tratamento nas fundações. As tensões incidentes ao pé da barragem, oriundas do máximo carregamento, não atingirão percentual da capacidade e de carga do maciço a ponto de causar eventos de ruptura ou sismos (tensão admissível do basalto);

- Baixíssima probabilidade de sismos na região. Em raros eventos sísmicos na região da futura barragem, os registros apontaram sismos pequenos, perfeitamente absorvíveis pelo dimensionamento estrutural da barragem. Portanto, que não há risco de ordem sismológica que justifique um monitoramento para este projeto;

- Sólidos projetos estruturais que serão executados no Projeto Executivo desta barragem, que confirmarão que esta estrutura será estável quanto ao tombamento, ao escorregamento e à flutuação, evidenciando por fim que a barragem terá excelente integridade estrutural;

- Projetos de engenharia, fiscalização e execução de obras com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) perante o CREA, comprometendo os profissionais envolvidos no tocante às responsabilidades técnicas e jurídicas incidentes sobre a barragem;

- A barragem será executada observando uma série de condicionantes com o propósito de garantir que esta estrutura será entregue em perfeitas condições de funcionamento. Serão verificados durante a execução, as condições e os tratamentos das fundações adequadas, bem como ancoragens e injeções, as instalações de drenagens, e será feito um rigoroso controle de qualidade dos materiais empregados e um controle de compactação dos aterros das ombreiras;

- Um plano de desvio do rio e o enchimento do reservatório serão documentos que farão parte do pacote de projetos constantes na execução desta estrutura;

- Vale pouco habitado à jusante do reservatório, com poucas propriedades identificadas em região de baixa a nula probabilidade de atingimento, as quais foram demonstradas neste PAE que não serão atingidas em caso de ruptura desta barragem.

A seguir demonstra-se o roteiro sugerido para o PAE, não aplicável a PCH Vila Galupo:

SEÇÃO II- DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

II.1 Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

TABELA 1
Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Nível de Segurança	
Nível 0 (azul) – Alerta de Inundação por Operação de Estruturas de Descarga	538,31 (TR 1.000 ANOS)
Nível 1 (Verde) – Situação Potencial de Ruptura está se Desenvolvendo	538,50
Nível 2 (amarelo) – Situação Potencial de Ruptura está Piorando	539,00
Nível 3 (Laranja) – Situação de Ruptura Iminente	540,00
Nível 4 (Vermelho) – Ruptura está ocorrendo ou acabou de ocorrer	540,20

II.2 Ações esperadas para cada nível de segurança

O QUE FAZER (N/A)	QUEM FAZ (N/A)	QUANDO FAZER (N/A)	COMO FAZER (N/A)
Alertar Empresa	Observador	Ao verificar Ocorrência	Telefone ou Pessoalmente
Comunicar Coordenador	Operador	Ao Receber Alerta e identificar ocorrência	Confirmar Visualmente. Informar por telefone, e-mail ou rádio
Avaliar Situação e Definir Ações	Coordenador do PAE	Ao ser notificado	Assumir posto no local
Notificar Empresa e Órgãos	Coordenador do PAE	Ao avaliar a situação	Declarar Nível
Avaliar Situação e Definir Ações	Coordenador do PAE	Ao avaliar a situação	Lista de Notificação
Avaliar Progresso da Situação e Definir Novas Ações	Coordenador do PAE	Ao verificar o progresso do evento e resultado de medidas	Adotar Procedimentos Operacionais
Avaliar Se Progresso da Situação Retrocede para Nível x ou Evolui para Nível x	Coordenador do PAE	Ao verificar o progresso e resultado de medidas	Declarar Novo Nível

SEÇÃO III- FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Caso seja encontrada uma situação anormal, com lenta tendência de evolução para Ruptura da Barragem, mas que, apesar de não estar em condição iminente, poderá ocorrer caso não seja tomada nenhuma providência, deve ser iniciada a Notificação sobre o problema em potencial. Deve ser estabelecida uma programação periódica de envio de Boletins de atualização das condições, para:

- Defesa Civil;

- Autoridades Locais (Prefeitura, Polícia, Corpo de Bombeiros; etc);
- Agência Reguladora;
- Projetista (se possível), Consultoria ou Órgão capaz de efetuar avaliação das condições de Segurança e fornecer orientação para se tentar reduzir o risco de Ruptura.

Devem ser tomadas as providências programadas, conforme estabelecido na Tabela 2. Caso ocorra piora nas condições, deve ser preparada a utilização do Fluxograma de Notificação da página .....

Caso a Ruptura seja iminente ou já esteja em progresso, a Evacuação no vale a jusante deve ser iniciada de imediato, de acordo com os procedimentos programados:

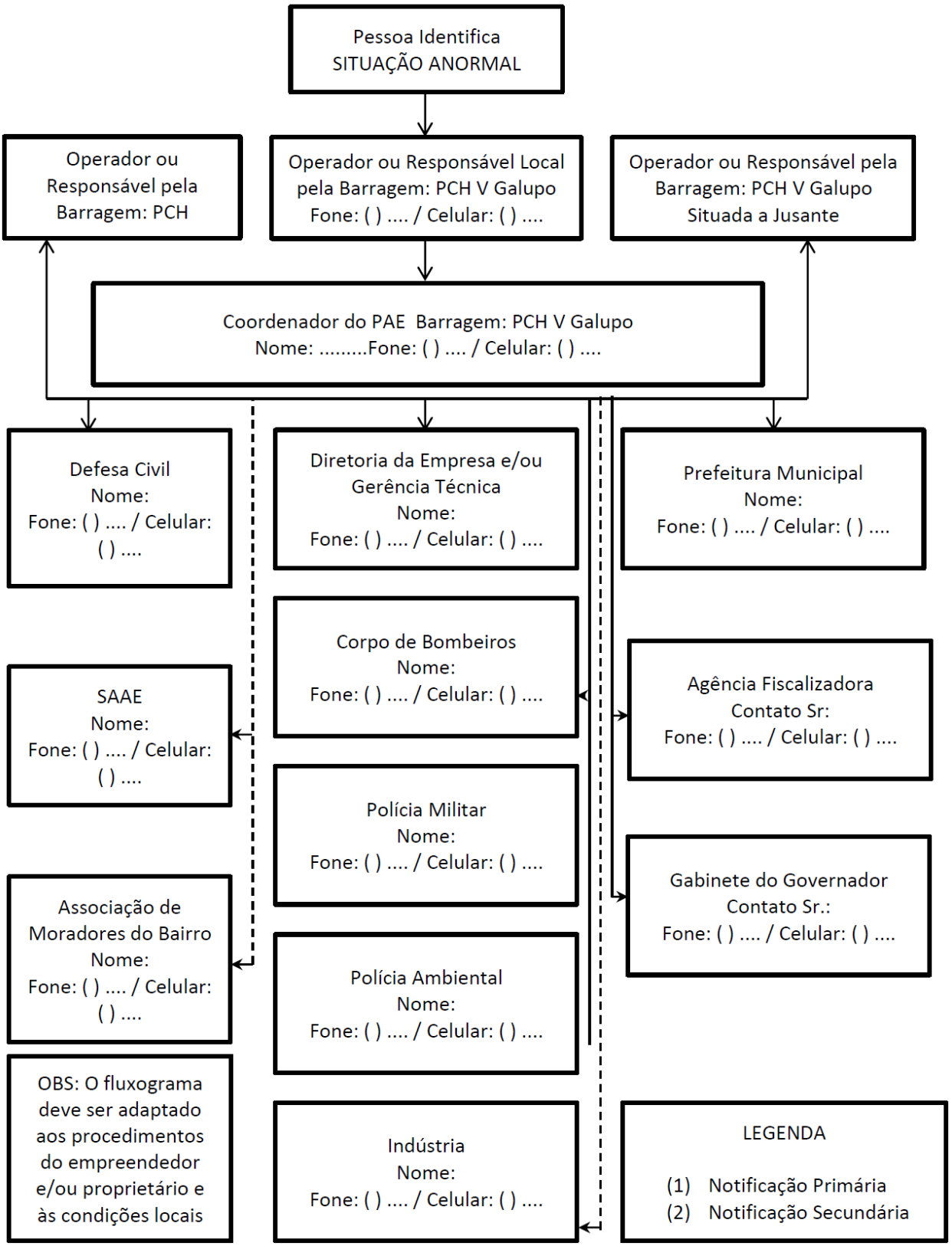
- Notificar as pessoas existentes logo à jusante da Barragem e em caso de agravamento da situação, providenciar sua Evacuação e transferência para a defesa Civil;
- Notificar as Autoridades Locais (Prefeitura, Polícia, Corpo de Bombeiros; etc);
- Notificar a Agência Reguladora e seguir qualquer procedimento recomendado;
- Desenvolver as ações programadas, conforme Tabela .....

Não existem construções (casa e edificações) no vale a jusante, que poderão ser afetadas pela Onda de Cheia. As construções estão identificadas no Mapa de Inundação e os contatos estão anotados na Listagem de Notificação. As águas da frente de Onda de Inundação devem atingir as primeiras construções em aproximadamente (não aplicável neste caso) minutos após o início da Ruptura da Barragem.

Deverão ser feitas tentativas de comunicação, usando-se telefone fixo, telefone celular (voz e 'torpedo'), rádio, e-mail, etc. Eventualmente serão necessários outros recursos extras, tais como o envio de pessoa com veículo (automotor ou aéreo – helicóptero).

Figura 15. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO (NÃO APLICÁVEL PARA A BARRAGEM DA PCH VILA GALUPO)

Não sendo possível Notificar o Contato Principal, procurar os Contatos Imediatos:



PAE DA BARRAGEM

LISTA: FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Nome / Contato	Endereço, Telefone, Site e E-mail	
	Comercial	Residencial
Coordenador do PAE – Barragem: PCH Vila Galupo		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Defesa Civil		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Diretoria da Empresa		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Agência Fiscalizadora		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Gabinete do Governador do Estado		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Prefeitura Municipal e SAAE		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Barragem à Montante		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Barragem à Jusante		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Polícia Civil, Polícia Florestal e de Mananciais, Polícia Militar (PM)		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Corpo de Bombeiros		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Associação de Moradores de		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -
Empresa / Indústria		
	R. , n ( ) - ( ) -	Av. , n , And ( ) - ( ) -

SEÇÃO IV- RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE (NÃO APLICÁVEL)

IV.1. RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR

(Nome do Empreendedor e/ou Proprietário) é o (a) responsável pelas ações em Segurança de Barragens de suas estruturas, devendo designar formalmente um coordenador para executar as ações descritas no PAE. E ainda: (...)

(Nome do Empreendedor e/ou Proprietário) é o (a) responsável pelas ações, durante a situação de Emergência, que visem garantir a (...)

IV.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

O Coordenador Responsável designado por **Evandro Chiochetta**, conforme definido e registrado nos documentos deste **PAE** é o Sr. **Alberto de Andrade Pinto**, fone (41) 3588-1120. Também está(ão) registrado(s) o(s) nome(s) do(s) substituto(s): Sr. _____ fone ( ) / cel: ( ) ; e Sr. ___ ___ fone ( ) / cel: ( ) .

É responsável por:

- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis e código de cores padrão;
- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Alertar a população potencialmente afetada na zona de auto salvamento;
- Notificar as autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- Emitir declaração de encerramento da emergência;
- Providenciar a elaboração do relatório de fechamento de eventos de emergência.

IV.3. RESPONSABILIDADES DO ENCARREGADO DA BARRAGEM

O encarregado da Barragem é responsável local pela barragem. Em caráter excepcional poderá decretar os níveis azul e verde, além de:
(...)

IV.4. RESPONSABILIDADES NA NOTIFICAÇÃO

(...)

IV.5. RESPONSABLIDADES NA EVACUAÇÃO

(...)

SEÇÃO V- RESULTADOS DO ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM E O RESPECTIVO MAPA DE INUNDAÇÃO

Apresentação dos resultados do estudo de rompimento.

A figura a seguir demonstra a Mancha de Inundação em situação hipotética de rompimento da barragem da PCH Vila Galupo:

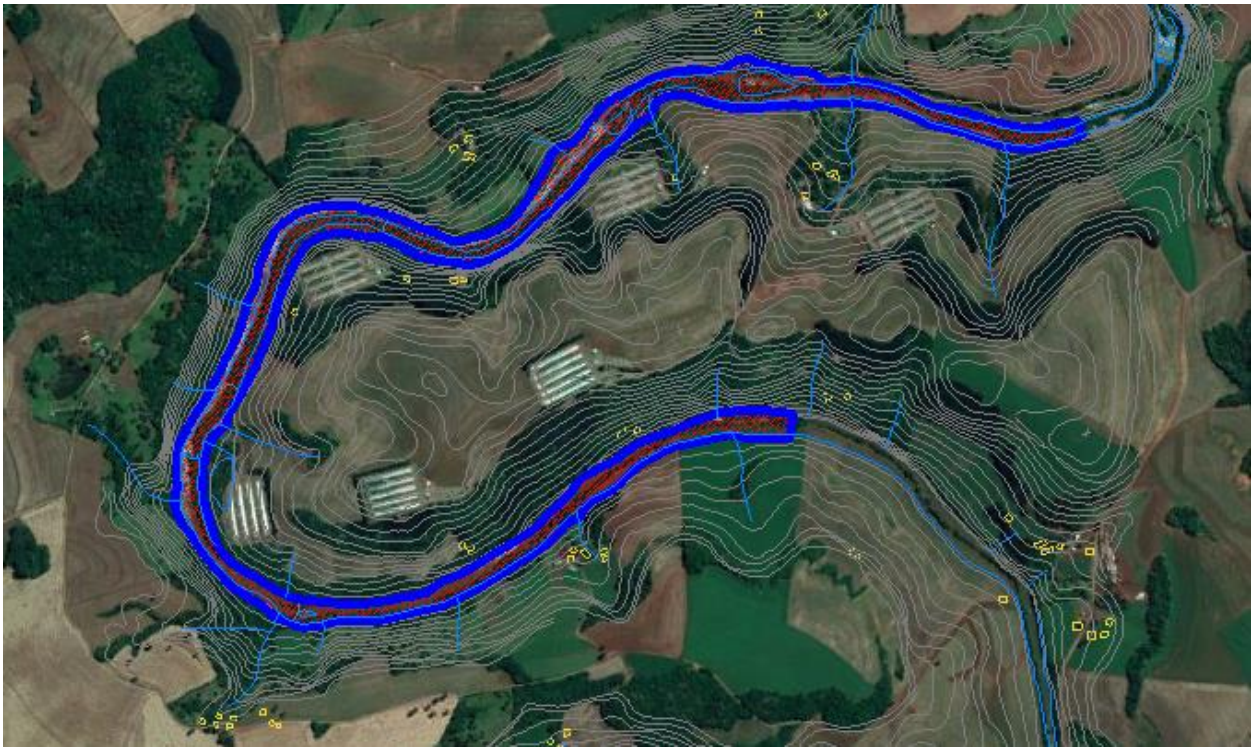


Figura x. Mancha de Inundação PCH Vila Galupo

Distância à Jusante (km)	Nível d'água máxima (m)	Elevação Máxima (m)	Vazão Máxima (m^3/s)	Tempo para Vazão Máxima (hh:mm)
0,6	532,00	535,00	270,00	00:20
0,9	531,60	537,50	268,00	00:30
1,3	530,50	537,00	264,00	00:41
2,1	528,50	531,00	251,00	00:58
2,5	525,80	530,00	246,00	01:10
3,0	521,50	528,00	220,00	01:32
3,7	516,00	525,00	180,00	01:47
3,9	516,00	523,00	150,00	02:05
4,1	515,50	522,00	70,00	02:36
5,1	515,30	521,00	45,00	03:15
6,1	510,50	520,00	30,26	03:40

VI. ANEXOS E APÊNDICES

[Os Anexos e Apêndices constam do Original e das vias principais.
Esses documentos complementares podem ser separados e suprimidos nas distribuições das cópias, colocando-se apenas os de real utilidade ao usuário].

VI.1. PLANO DE TREINAMENTO DO PAE.

(...)

VI.2. CORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS, BEM COMO RESTRIÇÕES LOCAIS.

A tabela a seguir apresenta as coordenadas dos principais pontos identificados neste PAE:

Id	Tipo	E	S
1	Granja ou viveiro	306.761,75	7.116.276,72
2	Edificações	306.809,01	7.115.711,60
3	Granja ou viveiro	306.227,87	7.115.901,10
4	Granja ou viveiro	305.781,88	7.115.824,21
5	Edificações	305.338,24	7.116.318,25
6	Granja ou viveiro	306.044,62	7.116.558,34
7	Edificação	306.435,03	7.116.561,33
8	Edificação	306.439,62	7.116.950,62
9	Granja ou viveiro	306.963,64	7.116.831,75
10	Granja ou viveiro	307.574,34	7.116.877,13
11	Edificações	308.767,81	7.116.824,27
12	Edificações	309.043,85	7.117.195,72
13	Ponte Acesso Rural	308.237,19	7.117.879,56
14	Edificações	308.327,12	7.117.939,18
15	Edificações	307.958,50	7.117.935,99
16	Edificações	308.166,29	7.118.151,31
17	Edificações	306.811,41	7.118.020,96
18	Fábrica Alcast do Brasil	306.245.87	7.118.428,83
19	Fábrica Alcast do Brasil	306.590,01	7.118.635,96

VI.3. MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA: MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PERENES EXISTÊNCIA E LOCALIZAÇÃO.

O responsável pelo Suprimento de Materiais deve manter o controle e garantir a manutenção e/ou reposição de estoque de **MATERIAIS PERENES**. Esses materiais são necessários para um atendimento imediato e provisório, para fazer frente às condições de Emergência que estejam se iniciando, para que se possa ganhar tempo, até à chegada de equipe, equipamento e materiais, que realmente possam ter uma ação mais completa sobre o evento. Os materiais constantes da lista em anexo devem estar à disposição para uso no local próprio, no canteiro da Barragem, antes do início do período oficial de chuvas de cada ano.

Para execução dos serviços na condição anormal, para se tentar reverter o progresso do evento, devem estar disponíveis (além dos materiais e das pessoas), algumas Ferramentas específicas, mantidas em estoque separado.

PAE DA BARRAGEM PCH Vila Galupo CONTROLE DE MATERIAIS / EQUIPAMENTOS	
Material / Equipamentos	

VI.4. FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA

Empreendedor e/ou Proprietário: Sudoeste Energia Ltda.

BARRAGEM PCH Vila Galupo

DECLARAÇÃO DE EMERGÊNCIA

SITUAÇÃO _____

Eu,_____(nome e cargo), na condição de Coordenador do **PAE** da **Barragem PCH Vila Galupo** no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração de Emergência**, na **Situação** de _____, para a **Barragem PCH Vila Galupo** partir das____horas e minutos do dia _/_/__, em função da ocorrência de:

_____

_____

(local), __ de _____ de .

_____ _____
(nome e assinatura)
(cargo e RG)

VI.5. FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

Empreendedor e/ou Proprietário: Vila Galupo Energia Ltda.

BARRAGEM PCH Vila Galupo

DECLARAÇÃO DE EMERGÊNCIA

SITUAÇÃO _____

Eu, (nome e cargo), na condição de Coordenador do **PAE** da **Barragem PCH Vila Galupo** e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração de Encerramento da Emergência**, na **Situação** de _____, para a **Barragem PCH Vila Galupo** a partir das horas e minutos do dia ____ / _____ / _____, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da Barragem e eliminação do Risco de Ruptura.

OBS: _____

_____

(local), __ de _____ de .

_____ _____

(nome e assinatura)
(cargo e RG)

VI.6. FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

URGENTE

Mensagem resultante da aplicação do *Plano de Ação de Emergência* - **PAE** da **Barragem PCH Vila Galupo** em __ / ___ / ___.

A partir das ___: ___ h de __ / ___ / ___, está sendo ativado o Nível de Segurança_____ do *Plano de Ação de Emergência* - **PAE** da **Barragem PCH Vila Galupo** porque _____.

Esta é uma mensagem de (Declaração/Alteração) do Nível de Segurança, feita por_____, Coordenador do *Plano de Ação de Emergência* - **PAE** da **Barragem PCH Vila Galupo**.

A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc).

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente a _____, _____ e ___.

As circunstâncias ocorridas fazem com que devam se precaver e por em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do *Plano de Ação de Emergência* - **PAE** da **Barragem PCH Vila Galupo** e os respectivos Mapas de Inundação.

Favor confirmar o recebimento desta comunicação ao Sr. _____ pelo telefone número ( ) ____ - ____, e fax número ( ) ____ - ____ e/ou e-mail ___@_____.___.__.

Nós os manteremos atualizados da situação em caso de mudança do Nível de Segurança, caso ela se resolva ou se torne pior. Nova Comunicação será emitida novamente, dentro de _____ horas ou de hora em hora, para sua atualização.

Para outras informações, entre em contato com o Sr._____ pelo telefone número ( ) ____ - ____, e fax número ( ) ____ - ____ e/ou e-mail ___@_____.___.__.

Fim da Mensagem

VI.7. FORMULÁRIO DE CONTROLE DE ATUALIZAÇÃO DO PAE

Constantemente, no dia a dia, à medida que forem obtidas novas informações, o Responsável pela Atualização do **PAE** da **Barragem PCH Vila Galupo** (Sr. _____) deverá efetuar as anotações manuais em sua cópia do **PAE**, para manter a atualização provisória.

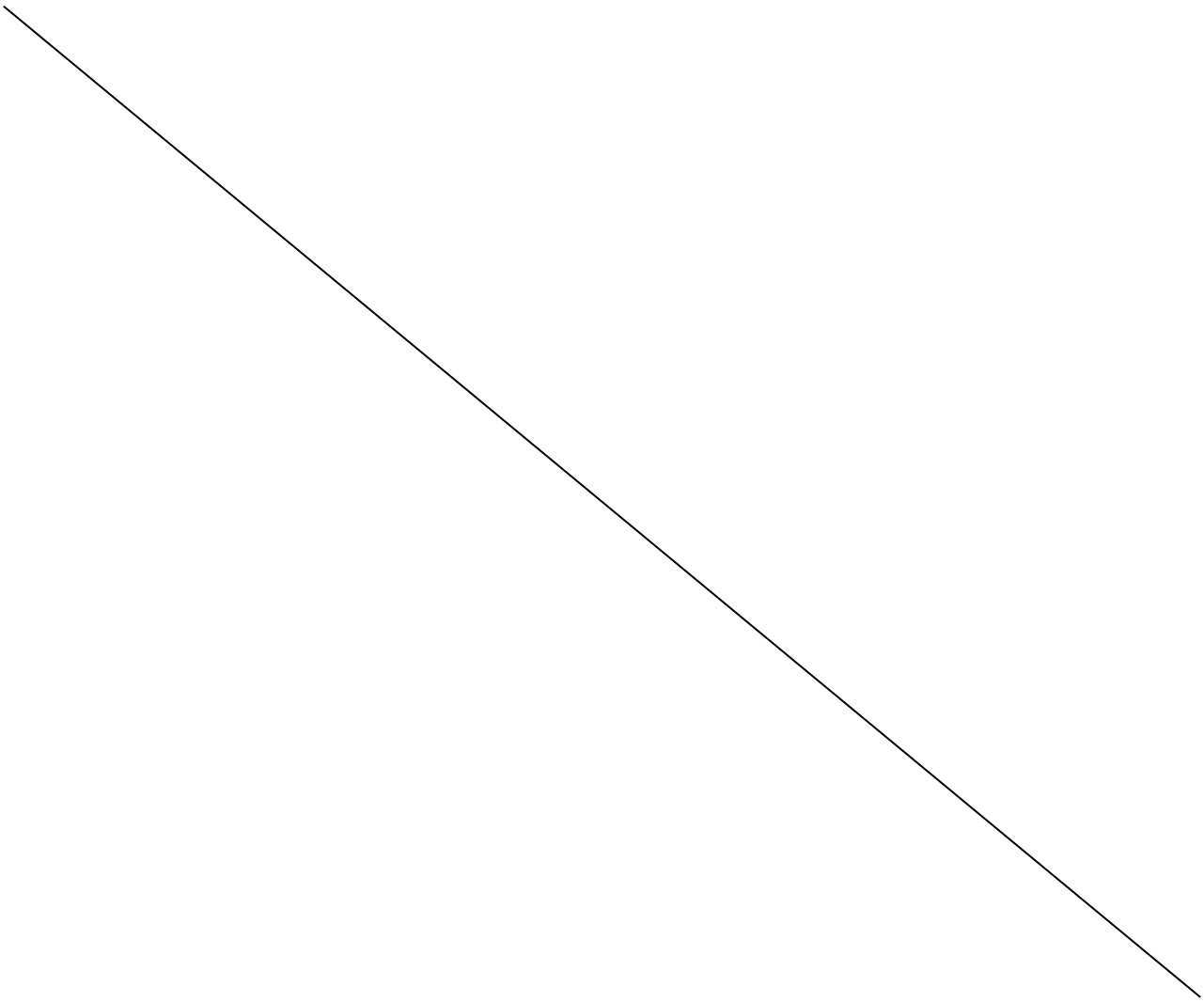
Anualmente, até 31 de maio, o presente PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE da Barragem PCH Vila Galupo, deverá ser atualizado, sendo incluídas as novas informações, e com remoção dos dados tornados desatualizados e/ou incorretos. As folhas corrigidas deverão ser anotadas adequadamente em seu rodapé e suas cópias serão distribuídas para todas as pessoas que participem do PAE e tenham em seu poder, uma cópia para uso.

PAE DA BARRAGEM PCH Vila Galupo CONTROLE DE REVISÕES				
Atualiz.	***Data***	***Descrição***	***Elaborado***	***Aprovado***

Controle Efetuado por: (Nome, Cargo, Registro, Visto, Local, Data)

OBS: Deve ser verificada adequação ao Procedimento do Empreendedor e/ou Proprietário

VI.7. RELAÇÃO DAS AUTORIDADES PÚBLICAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE E OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS.



VI.8. ANEXO: ART PROJETO GERAL VILA GALUPO

21/03/2018 ART

CREA-PR Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná
Anotação de Responsabilidade Técnica Lei Fed 6496/77
Valorize sua Profissão: Mantenha os Projetos na Obra
2ª VIA - ÓRGÃOS PÚBLICOS

ART Nº 20181269442
Obra ou Serviço Técnico
ART Principal

Esta ART somente terá validade se for apresentada em conjunto com o comprovante de quitação bancária.

Profissional Contratado: ALBERTO DE ANDRADE PINTO (CPF:832.662.919-72)Nº Carteira: PR-25341/D - Nº Visto Crea: -
Título Formação Prof.: ENGENHEIRO CIVIL.
Empresa contratada: DESIGN HEAD ENGENHARIA & CONSTRUTORA LTDA Nº Registro: 38628
Contratante: SUDOESTE ENERGIA LTDA CPF/CNPJ: 05.093.515/0001-05
Endereço:LOCALIDADE VILA SANTANA KM 81 S/N SANTANA
CEP: 85515000 BOM SUCESSO DO SUL PR Fone: 46 999721221
Local da Obra/Serviço: LOCALIDADE VILA SANTANA KM 81 S/N Quadra: Lote:
SANTANA - BOM SUCESSO DO SUL PR CEP: 85515000

Tipo de Contrato	4 PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS	Dimensão	5,67 MWATT
Ativ. Técnica	2 ESTUDO, PLANEJAMENTO, PROJETO, ESPECIFICAÇÕES		
Área de Comp.	1107PORTOS, RIOS, CANAIS, BARRAGENS E DIQUES		
Tipo Obra/Serv	**124 BARRAGENS**		
Serviços contratados	035 PROJETO		
		Dados Compl.	0
		Data Início	20/02/2018
		Data Conclusão	20/02/2020

Vlr Taxa R$ 218,54

Base de cálculo: TABELA VALOR DE CONTRATO

Outras Informações sobre a natureza dos serviços contratados, dimensões, ARTs vinculadas, ARTs substituídas, contratantes, etc
PROJETO EXECUTIVO CIVIL DA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA VILA GALUPO COM 5.670KW DOTADA DE DUAS UNIDADES GERADORAS COM TURBINAS FRANCIS ROTOR DUPLO 450RPM, LOCALIZADA NO RIO SANTANA, MUNICÍPIOS DE BOM SUCESSO DO SUL E FRANCISCO BELTRÃO-PR, CONSTANDO DE:
• ELABORAÇÃO DO PROJETO BÁSICO APROVADO PELA ANEEL COM EIXO DE BARRAMENTO NA LATITUDE 26° 03' 10" S LONGITUDE 52° 57' 17" W E NÍVEIS 537,00 MONTANTE E 511,50 JUSANTE;
• COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO EXECUTIVO;
• COORDENAÇÃO DOS CONTRATOS DE FORNECIMENTO;
• ORÇAMENTO E CRONOGRAMA DA OBRA;
• DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS ELEMENTOS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURAS EM AÇO SEGUNDO NORMAS VIGENTES
• VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE E FUNDAÇÕES DAS DIVERSAS ESTRUTURAS
• ESTUDOS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS DE DESVIO DO RIO E ÓRGÃOS EXTRAVASORES

Insp.: 4269
21/03/2018
CreaWeb 1.08

Assinatura do Contratante

Assinatura do Profissional

2ª VIA - ÓRGÃOS PÚBLICOS Destina-se à apresentação nos órgãos de administração pública, cartórios e outros.
Central de Informações do CREA-PR 0800 041 0067
A autenticação deste documento poderá ser consultada através do site www.crea-pr.org.br

A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) foi instituída pela Lei Federal 6496/77, e sua aplicação está regulamentada pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) através da Resolução 1025/09.