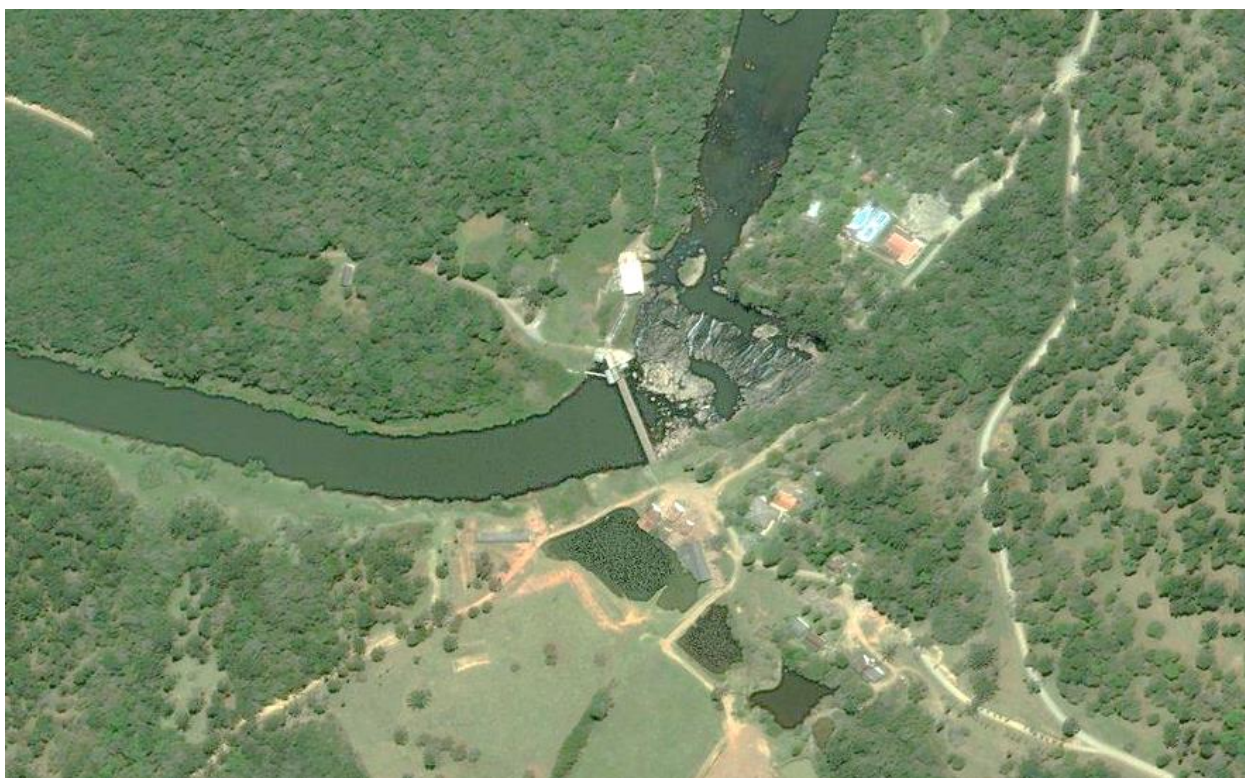


BARRAGEM PCH DOIS SALTOS

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE



Coordenador do PAE: Alberto de Andrade Pinto

AGENTE FISCALIZADOR: _____

Documento Nº: _____ Revisão Nº: 1-2021

Responsável pela Elaboração: Eduardo Mayer

Local: São José dos Pinhais - PR

Data: julho / 2021

Sumário

SEÇÃO I- INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM.....	3
1. APRESENTAÇÃO.....	3
2. OBJETIVO DO PAE.....	3
3. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM; ESTRUTURAS ASSOCIADAS LOCALIZAÇÃO E ACESSO	3
ESTRUTURAS ASSOCIADAS FUNDAÇÕES E ANCORAGEM.....	6
Descrição Geral	6
Fundações, Aspectos Construtivos e Geologia Local	9
RESERVATÓRIO	10
Dimensionamentos Hidráulicos do Vertedouro	11
ESTUDO SOBRE ROMPIMENTO DA BARRAGEM.....	13
Comparação entre Barragens de Rejeito e Barragens de Hidrelétricas	15
Identificação de Áreas de Risco à Jusante	16
EFEITO DE LAMINAÇÃO À JUSANTE DA BARRAGEM ATÉ AS BENFEITORIAS.....	19
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
ANEXO: ART DA BARRAGEM DA PCH DOIS SALTOS	23

SEÇÃO I- INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

1. APRESENTAÇÃO

A Lei Federal n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010 estabelece a política 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 e volume armazenado desta barragem existente, não ocorre o enquadramento formal para necessidade de elaboração do PAE segundo órgão regulatório.

Não obstante, em atendimento a solicitação expressa do órgão ambiental IAP, conforme condicionante n.º 4 da Licença de Instalação, estamos procedendo apresentação de uma versão do PAE. Nesta, se considera a inexistência de população residente à jusante na região das margens na faixa de possível elevação de nível d'água. Também corrobora a baixa altura da barragem de concreto de 3,80 m de altura média sobre fundações competentes em rocha Diabásio.

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 eventual população em risco a jusante.

2. OBJETIVO DO PAE

Apresentar todas as informações pertinentes a Barragem da PCH Dois Saltos, 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.

3. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM; ESTRUTURAS ASSOCIADAS LOCALIZAÇÃO E ACESSO

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A **BARRAGEM PCH Dois Saltos**, (de propriedade de Dois Saltos Empreendimentos de Geração de Energia Elétrica Ltda), está localizada no Rio dos Patos, na bacia do rio Paraná, sub-bacia do Rio Iguaçu (distância até a foz 81 km), sub bacia 65, localizada no município de Prudentópolis / PR, cujo reservatório encontra-se inserido integralmente no município citado. A

recuperação da barragem vertedouro já existente da PCH Dois Saltos tem previsão para início de execução a partir de maio de 2021 e conclusão até julho de 2021.

A seguir são apresentadas as coordenadas da barragem, conforme Nota Técnica n.º 848/2015-SCG/ANEEL, de 3 de dezembro de 2015:

- Coordenadas Geográficas: 25° 10' 36" S; 50° 56' 25" W.
- Coordenadas UTM: 506.017,91 m E; 7.215.488,67 m
- DATUM SIRGAS 2000 (Processado com o auxílio do Software ProGrid IBGE).

Não foram identificadas benfeitorias a jusante, item este que será apresentado em detalhes neste documento. Não foram detectadas aglomerações urbanas a jusante com risco em potencial de inundação.



Figura 1. Vale a jusante da futura casa de Força da PCH Dois Saltos

De acordo com os Estudos de Inventário da bacia hidrográfica do rio dos Patos, à jusante da PCH Dois Saltos constam em estudos os seguintes aproveitamentos em fase de estudo, a saber:

Nome da Barragem	Distancia à jusante da barragem da PCH Dois Saltos (km)	Obs:
CGH Salto Rio Branco	4	-
PCH Barra Mansa	13	-
PCH Palmeiras	18	-
PCH Serra do Tigre	22	-

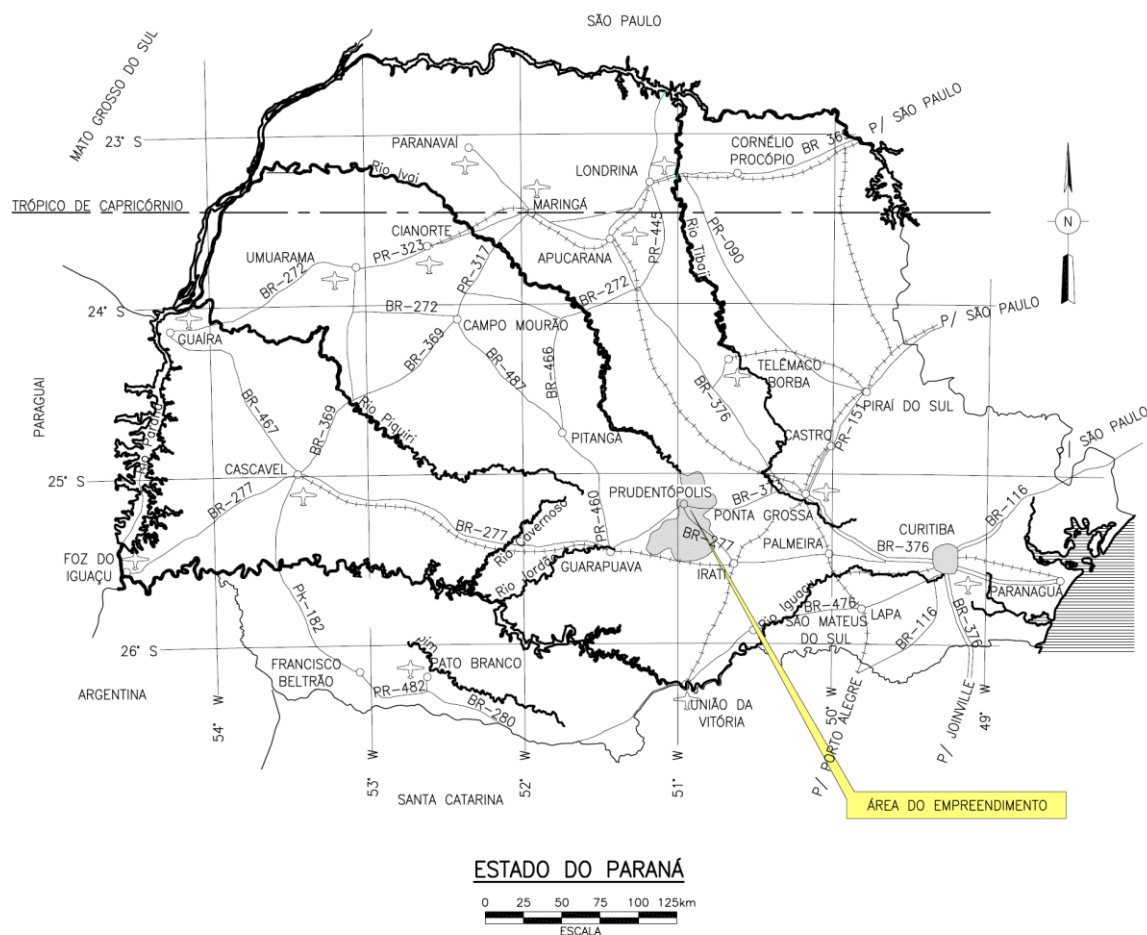


Figura 2. Localização

Para o acesso principal à **BARRAGEM PCH Dois Saltos**:

A barragem localiza-se no município de Prudentópolis – PR, sendo esta a cidade mais próxima do local do aproveitamento, distante cerca de 13 km do eixo, a contar do centro da cidade, a montante da barragem.

O acesso ao local da usina pode ser feito a partir de Prudentópolis, através da rodovia PR 373 por 9,5 km até a entrada do acesso rural em direção ao rio dos Patos. A partir do acesso rural, segue-se 3,2 km, até chegar ao local das futuras obras / empreendimento.

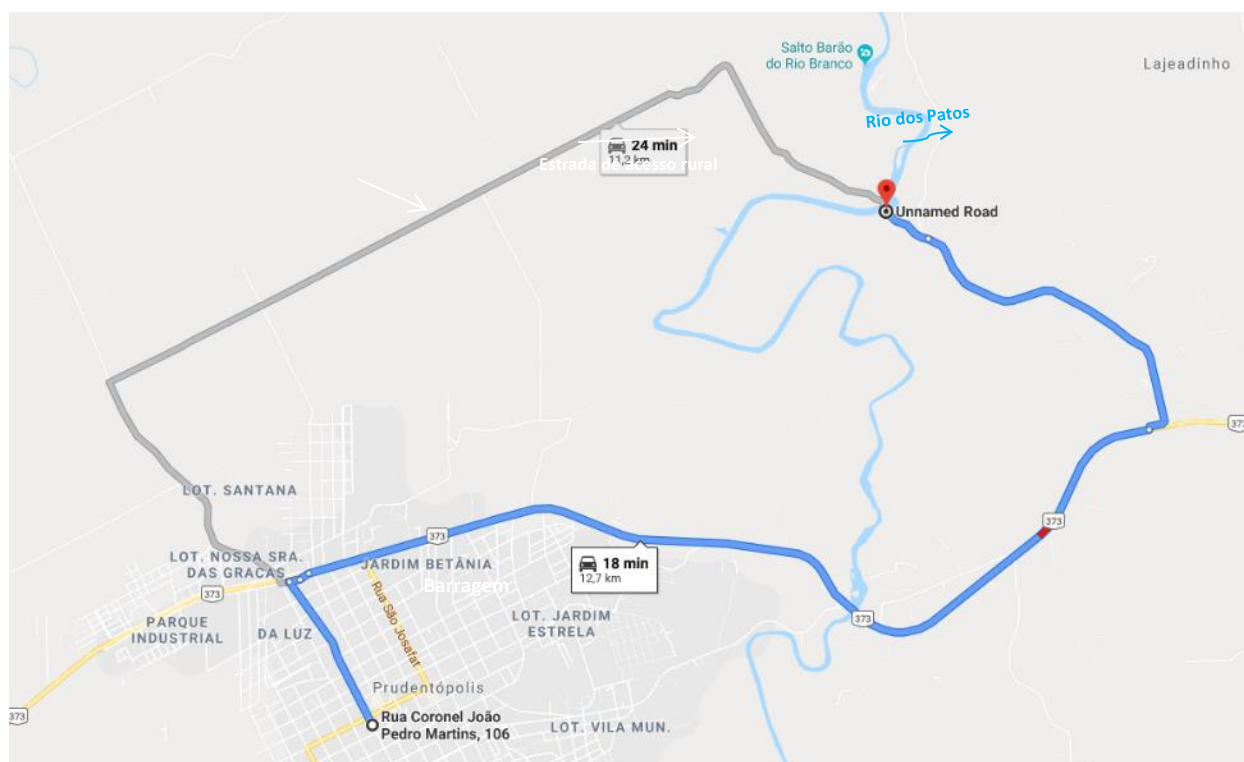


Figura 3. Acessos.

ESTRUTURAS ASSOCIADAS FUNDAÇÕES E ANCORAGEM

Descrição Geral

A Barragem vertente da PCH Dois Saltos aproveita instalações existentes da PCH Rio dos Patos (desativada). Seguindo-se da margem direita para a margem esquerda é composta de:

- Na margem direita, o projeto original havia um dique fusível que foi rompido com a passagem da cheia do ano de 2014, atingindo um TR 500 anos, conforme especificado no manual de PCHs da Eletrobrás. No projeto executivo, ocupando o local anteriormente deste dique fusível é previsto a instalação de um complemento de vertedouro, com crista coroada na elevação 711,60 m sendo este o NAM do empreendimento. Esta barragem é constituída em concreto, tendo altura média de 1,00 m da parte de concreto.
- Ao lado do vertedouro e na calha do rio, já existe e em operação uma barragem vertente de soleira livre, em concreto, de extensão 70,10 m e altura média de 2,50 m, altura máxima sobre fundações de 3,80 m e cota da crista 711,60m.



Figura 4. Barragem existente - ogiva Creager

- Na margem esquerda do rio, estão posicionadas 2 adufas de desvio, para promover o escoamento das águas do rio durante a execução das obras. Cada célula tem 3,60 m de comprimento, garantindo a passagem das cheias de projeto de desvio do empreendimento.
- A extensão total da barragem vertente será de 85,1 m, com soleira na elevação 711,60 m.
- Com isto o arranjo da PCH Dois Saltos fica configurado para atender a passagem de cheias superiores a TR 10.000 anos, e reservatório formado na elevação 711,60 manm ('metros acima do nível médio do mar').

Como pode ser visualizado pelas figuras abaixo, a barragem vertente da PCH Dois Saltos possuirá altura máxima de 3,80 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 encaixada.

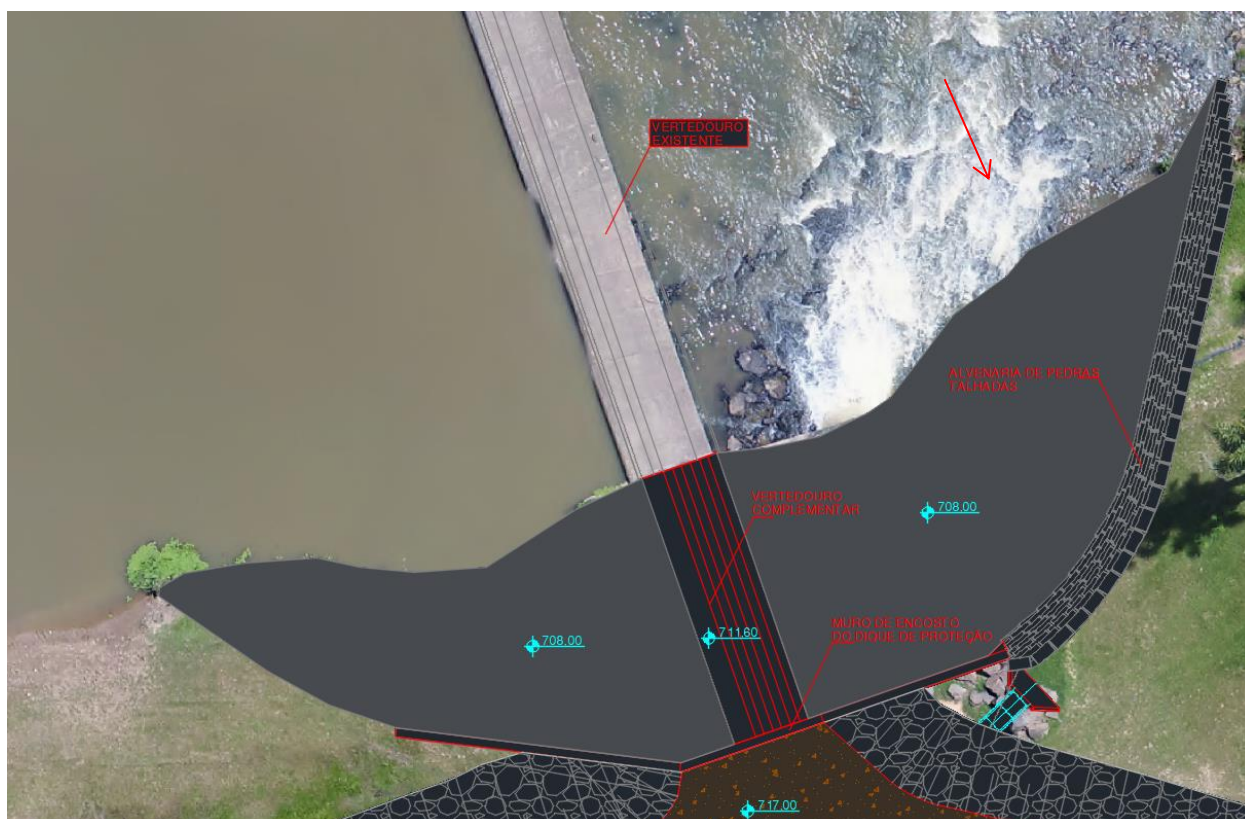


Figura 5. Planta eixo da barragem

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

Fundações, Aspectos Construtivos e Geologia Local

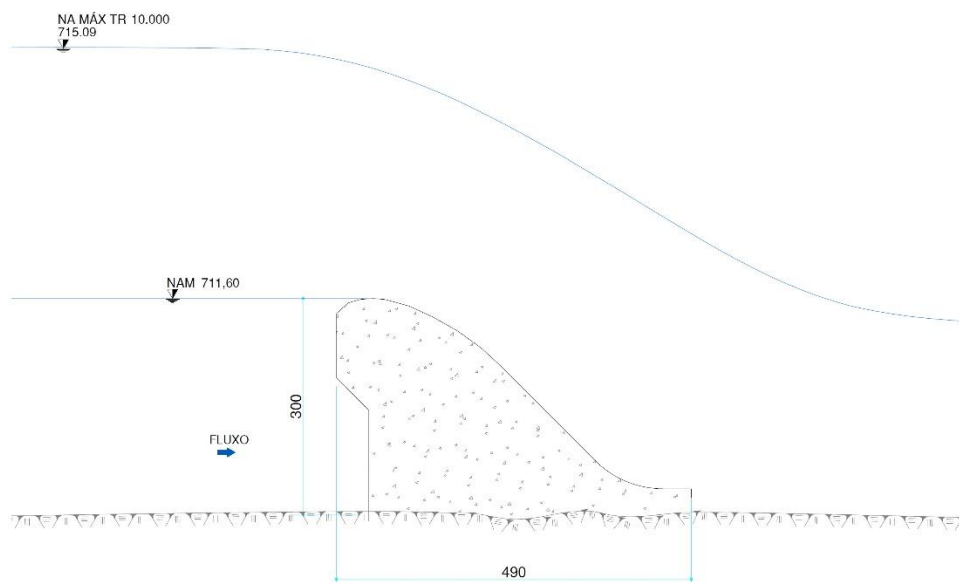
A barragem de concreto está assente em laje de Diabásio pouco fraturado, que aflora no leito do Rio dos Patos.

No leito do rio, a jusante da cachoeira, verifica-se a formação de aluviões constituídos de blocos de grandes dimensões, na maioria provenientes das soleiras de Diabásio aflorantes no vale do rio e mais resistentes aos processos fluviais, comumente imersos em matriz arenosa e com seixos centimétricos.

A área do empreendimento caracteriza-se por um platô, de relevo suavemente ondulado, onde o Rio dos Patos escava profundamente, entalhando um vale abrupto e íngreme, com formação de escarpas, saltos e corredeiras.

Os solos são via de regra argilosos, com espessuras variando de menos de 1m até 2 à 3 m, normalmente.

Devido ao baixo fraturamento observado na rocha, bem como a adequada estanqueidade do eixo de vertedouro existente, no projeto executivo será avaliado um programa adicional mínimo de tratamento da fundação, com injeção de calda de cimento, para eventual 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.



Figuras 6. Barragem Vertente soleira livre

Quanto à concepção e execução do vertedouro, o mesmo é previsto em concreto estável a gravidade e está dimensionado hidraulicamente para regimes excepcionais.

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 complementar em escada dissipadora de energia, enquanto o vertedouro existente possui o sistema *bucket*, promovendo a dissipação da energia hidráulica, sendo as águas vertidas restituídas ao leito do rio com baixa energia. A barragem vertedoura de concreto foi implantada no ano de 1947 e foi reformada no ano de 1997, atingindo a cota atual através do capeamento com concreto fck 15MPa.

RESERVATÓRIO

O reservatório formado pela PCH Dois Saltos é decorrente do represamento das águas do Rio dos Patos, através da barragem existente, a qual tem 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 Dois Saltos são apresentadas abaixo:

Nível d'água máximo normal:.....El. 711,60 m
 Área do Lago..... 10,45 ha
 Volume Morto..... 0,261 x 10⁶ m³

Volume Útil.....0,000 x 10⁶ m³
Depleção.....0,00 m

Este reservatório trabalhará em regime de fio d'água, ou seja, sem efeito de deplecionamento sensível no reservatório, comumente adotado para projetos de PCHs. Esta é uma característica importante, pois PCHs que trabalham neste regime tem áreas inundadas pequenas, como é o caso da PCH Dois Saltos, 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.

Dimensionamentos Hidráulicos do Vertedouro

Barragens em concreto são projetadas para permanecer estáveis com auxílio da ação da gravidade, mesmo em condições de cheia de projeto. No caso da PCH Dois Saltos, a altura máxima da barragem vertente será de 3,80 m.

Destaca-se no caso da PCH Dois Saltos que as estruturas vertentes foram dimensionadas para cheia de recorrência decamilenar, ainda que se trata de estrutura galgável e sem risco às vidas humanas em caso de acidente que poderia perfeitamente estar enquadrada para dimensionamento na classe de vazões TR500 anos conforme manual de PCH's da Eletrobras.

A tabela e figura a seguir mostram a curva chave assumida para o vertedouro da PCH Dois Saltos:

PCH DOIS SALTOS - RIO DOS PATOS - CURVA CHAVE VERTEDOURO SOLEIRA LIVRE									
Comporta Basculante		Quantidade de comportas:				0		VAZÕES MÁXIMAS INSTANTÂNEAS	
Largura de cada Comporta						0,00m		(COEF. FULLER)	
Altura da Comporta						0,00m		TR 2 ANOS 277 m³/s	
Cota do piso da Comporta (Aberta)						0,00m		TR 5 ANOS 425 m³/s	
Vertedor Soleira Livre - Concreto								TR 10 ANOS 523 m³/s	
Nível de água Normal de Montante						711,60m		TR 20 ANOS 617 m³/s	
Comprimento de soleira vertente						82m		TR 50 ANOS 739 m³/s	
Coeficiente de descarga - cd para carga de projeto						2,11		TR 100 ANOS 830 m³/s	
VAZÃO REMANESCENTE						1,30m³/s		TR 1.000 ANOS 1131 m³/s	
Número de Orifícios (un.)						9		TR 10.000 ANOS 1432 m³/s	
Diâmetro orifício						0,20m		Free Board 1,40m	
Área total de orifício						0,032m²			
Coef. Perda de carga na entrada						0,25			
Cota do centro de pressão						709,60m			
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)	
711,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	1,30	1	
711,95	0,35	0,35	0,00	1,58	0	27	1,41	28	
712,30	0,70	0,70	0,00	1,70	0	82	1,51	83	
712,65	1,05	1,05	0,00	1,80	0	159	1,61	161	
713,10	1,50	1,50	0,00	1,91	0	288	1,72	290	
713,60	2,00	2,00	0,00	2,00	0	464	1,84	466	
714,10	2,50	2,50	0,00	2,06	0	670	1,95	672	
714,45	2,85	2,85	0,00	2,10	0	828	2,02	830	
714,60	3,00	3,00	0,00	2,11	0	901	2,06	903	
715,05	3,45	3,45	0,00	2,14	0	1129	2,15	1131	
715,10	3,50	3,50	0,00	2,15	0	1155	2,16	1157	
715,60	4,00	4,00	0,00	2,18	0	1430	2,25	1432	
715,60	4,00	4,00	0,00	2,18	0	1430	2,25	1432	
715,85	4,25	4,25	0,00	2,19	0	1576	2,30	1578	
716,10	4,50	4,50	0,00	2,20	0	1727	2,34	1729	
717,00	5,40	5,40	0,00	2,25	0	2322	2,50	2325	
Para a vazão decamilenar Q Tr10.000 ANOS = 1432 m³/s o nível máximo de montante será na el. 715,60. Recomenda-se adotar uma cota de proteção contra extravasamento na el. 717,00m configurando um free board de 1,40m. Os órgãos extravasores, operando em ultimate capacity, suportam uma vazão de 2324,75 m³/s.									

Tabela 1 – Curva Chave do Vertedouro PCH Dois Saltos

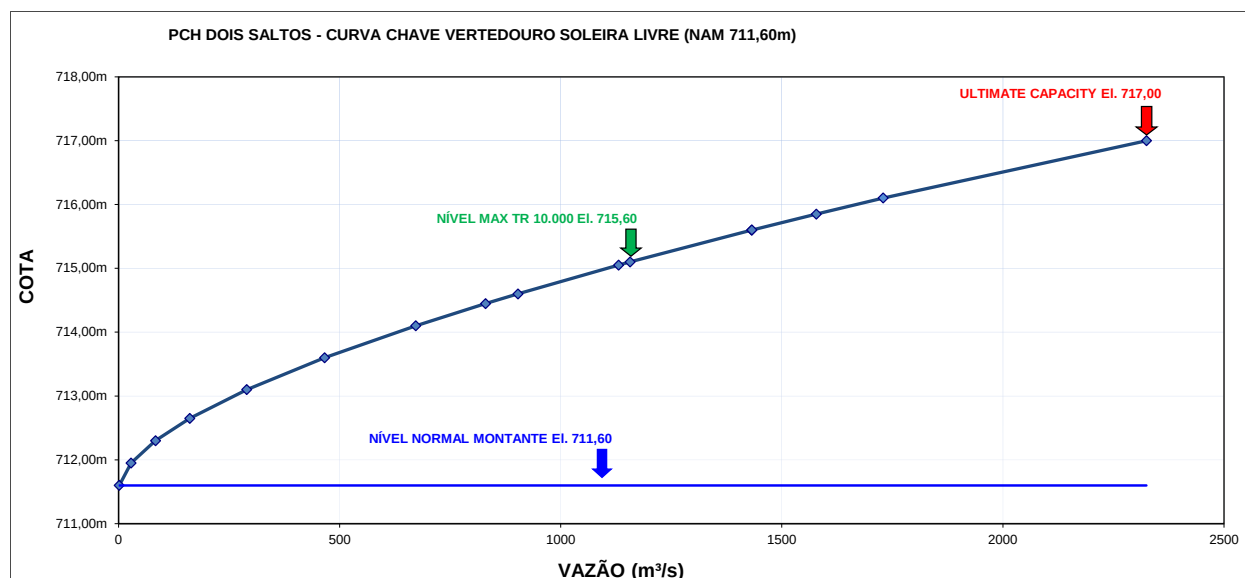


Figura 8. Curva Chave do Vertedouro - PCH Dois Saltos

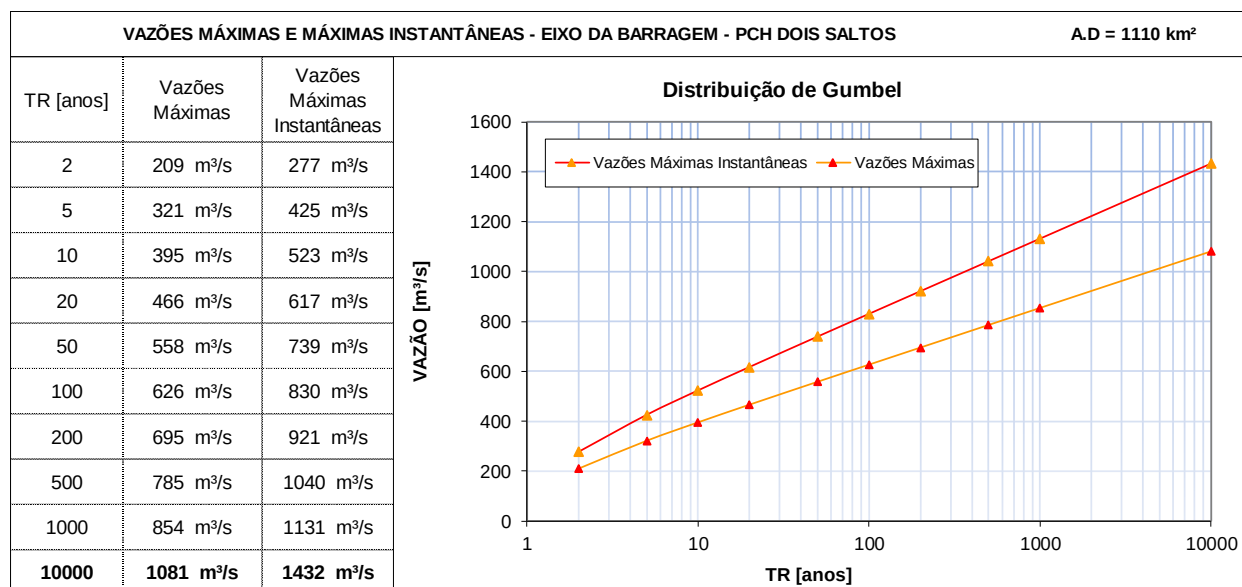
DA RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Primeiramente, afirma-se aqui que tanto o projeto básico, quanto o projeto executivo da PCH Dois Saltos foram conduzidos sob anotação de responsabilidade técnica com empresa de engenharia contratada, prevendo o lançamento de uma solução de barragem e vertedouro 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 executivo – Design Head Engenharia e Construtora Ltda.
- Execução – Lauricar Construtora e Pré-moldados.
- Fiscalização – Eng. Silvestre Paul Júnior.

Vale ressaltar que, da fase de projeto básico para a fase de projeto executivo, a capacidade do vertedouro está sendo sensivelmente ampliada em função de que, na fase de projeto executivo houve a revisão das vazões de cheia do rio dos Patos, incorporando cerca de 10 anos a série de dados de vazões máximas diárias, em cada ano, e nestes com algumas cheias bastante expressivas, o que potencializou a projeção de vazões máximas em acréscimo de cerca de 9%.



EXECUÇÃO DA OBRA

A seguir são descritos os cuidados que serão observados na execução das obras da barragem da PCH Dois Saltos. 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 (não se aplica)
- Plano de desvio do rio;
- Plano de enchimento do reservatório;

Vale citar que, devido as suas características de pequeno volume de reservatório e altura máxima sobre fundações de apenas 2,50 m, esta barragem vertente não se enquadra na obrigatoriedade de emissão do plano de segurança de barragens.

ESTUDO SOBRE ROMPIMENTO DA BARRAGEM

As falhas mais prováveis em barragens 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. Naturalmente, esta hipótese não se aplica ao caso concreto.

Falhas no Projeto, na Construção ou na Operação

Uma barragem é uma obra de engenharia que exige para a sua segurança critérios bastantes 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, pode-se citar 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. Tais itens citados, entretanto, foram e serão meticulosamente avaliados pela projetista / construtora, o que reduz de forma significativa os riscos relacionados a este item neste empreendimento.

Quanto à concepção e execução da barragem, seu vertedouro em concreto é estável a gravidade e está dimensionado hidraulicamente para regimes excepcionais. O projeto possuirá ancoragens na fundação que podem ser solicitadas em eventos de cheia muito intensa criando um componente estabilizador adicional.

Além disto, ressalta-se neste relatório que, mesmo tratando-se de uma barragem de altura máxima muito 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 decamilenar 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.

Barragens de gravidade de concreto podem gerar brechas instantâneas, mas apenas parciais, nas quais um pedaço do bloco da construção é retirado, esta seria a hipótese aqui lançada para simulação das ondas de cheia.

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 vertedouro 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.

Nas simulações adotadas neste estudo, considerou-se a ruptura de um bloco de 20 metros, totalizando uma vazão de ruptura de 135 m³/s, valor inferior a TR 2 anos (277 m³/s), sendo uma considerado uma vazão muito baixa.

Comparação entre Barragens de Rejeito e Barragens de Hidrelétricas

Devido aos recentes acidentes ocorridos com barragens de rejeito, em 2015 e 2019, faz-se necessário um tópico neste PAE contendo explicações técnicas das diferenças entre barragens de rejeito e barragens de hidrelétricas.

Barragem de rejeitos são estruturas de terra construídas para armazenar resíduos de mineração, formando um reservatório com substâncias sólidas e água, sob a forma de lama, resultantes de processos de beneficiamento de minérios. O armazenamento desses rejeitos é necessário para evitar danos ambientais. Estas barragens são construídas a partir de um dique formado por materiais argilosos ou rochas compactadas, com alteamentos (elevações) feitos para aumentar a capacidade de armazenamento. Nem sempre as barragens de rejeitos encontram-se sobre fundações rochosas.

Já as barragens de hidrelétricas tem por finalidade represar e estocar água, matéria-prima para a produção de energia, e obter o desnível necessário para girar as turbinas das unidades geradoras. Apesar de ambas serem estruturas geotécnicas, o material reservado de cada uma é diferente, o que faz com que estas barragens trabalhem com tensões e modos diferentes.

As figuras a seguir apresentam os cortes típicos destas barragens:

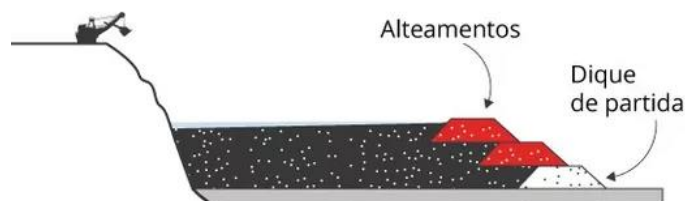


Figura 9. Processo de Construção de barragens de Rejeito



Figura 10. Corte típico de barragens de hidrelétricas

Na tabela a seguir são apresentadas as principais diferenças técnicas entre as barragens, demonstrando que as barragens executadas para hidrelétricas são, por definição, mais seguras:

Elementos de Análise	Barragem de Rejeito – Alteamento a Montante	Barragem de Terra / Enrocamento
Fundação	Fundação sobre o próprio rejeito	Fundação consolidada sobre rocha tratada com injeções de calda de cimento
Barragem	Construído com material de rejeito drenado e compactado	Construída com enrocamento como material estável, núcleo vedante em argila compactada ensaiada e sistema de filtros internos
Drenagem	DHPs	Drenagem interna com filtros verticais e horizontais
Proteção Superficial	Cobertura vegetal	Cobertura vegetal jusante, RIP-RAP a montante, face de concreto ou enrocamento
Ciclo de Vida	Construção dinâmica, barramento alteado continuamente	Construída em etapa única, estrutura não alteada
Instrumentação	Reduzida, com pouca qualidade e variedade	Ampla: piezômetros, inclinômetros, medidores de recalques, medidores de deslocamento
Dimensionamento de Vertedouros	Drenagem superficial	Dimensionada para tempo de recorrência TR 10.000 anos
Classificação de risco quanto a instabilidade	Alto	Baixo
Risco de Ruptura por Liquefação – Sismo	Alto	Nulo
Quanto ao impacto Ambiental Poluente - Ruptura	Alto	Nulo

Identificação de Áreas de Risco à Jusante

A figura abaixo mostra o local onde será executada a PCH Dois Saltos, bem como a identificação do trecho a jusante da barragem, onde não foram identificadas benfeitorias a jusante da mesma, até o reservatório existente localizado a 10 km da barragem:



Figura 11. Identificação à jusante da PCH Dois Saltos

A região é coberta por uma base cartográfica de alta precisão com curvas de nível a cada metro oriundas de restituição aerofotogramétrica sobrevoos escala 1:6.000, devidamente apoiado em campo.

A seguir descreve-se de forma sucinta o vale do Rio dos Patos a jusante do barramento:

Não foram detectadas habitações a jusante do barramento, em faixa superior a 200 m de distância do leito do rio, ao longo dos 10 primeiros km. Na região a jusante da barragem, encontra-se o município de Ivaí. No entanto, este município está fora da bacia hidrográfica do rio dos Patos, portanto, livre da área de risco de inundação.

Foi identificada uma CGH existente, que atenuará o efeito da onda de cheia em caso de hipotética ruptura da barragem da PCH Dois Saltos. A CGH Salto Rio Branco inclusive contém um pequeno reservatório que atuaria positivamente na atenuação do hipotético evento em estudo, com espelho d'água de 6,15 ha, e volume de $0,123 \times 10^6 \text{ m}^3$, localizada a 1,5 km, conforme detalhe a seguir:



Figura 12. CGH Salto Rio Branco a jusante



Figura 13. Barragem Vertedouro da CGH Salto Rio Branco.

EFEITO DE LAMINAÇÃO À JUSANTE DA BARRAGEM ATÉ AS BENFEITORIAS

Foram simuladas duas hipóteses para este PAE, descritas a seguir:

- 1) Considerando o vertimento de 135 m³/s com base na ruptura em um dos blocos de concreto.
- 2) Considerando a hipótese da laminação do reservatório a jusante da barragem, cujo esvaziamento seria instantâneo do reservatório, evento fisicamente impossível ocorrer, mas que ilustra o pior caso possível.

Na hipótese 1, o escoamento a jusante seria a passagem de apenas 135 m³/s, valor inferior a TR 2 anos do empreendimento. A jusante da barragem, localizado a 1,5 km, existe um pequeno reservatório da CGH de volume 123.000 m³, que faria um efeito de “freio hidráulico” na passagem da onda de cheia de 135 m³/s, absorvendo toda inércia desta cheia e conduzindo para jusante uma vazão regularizada.

Na hipótese 2, calcula-se o efeito da laminação do pulso de cheia da ruptura da barragem da PCH Dois Saltos dissipando-se completamente em 5 km, utilizando os dados geométricos do reservatório deste empreendimento, conforme item Reservatório, constante neste relatório.

Considera-se para efeito de cálculo o comprimento e a largura média da calha do rio, e por fim, o amortecimento desta lâmina sobre o próprio leito do rio.

Área Jusante Dois Saltos = Área da calha do rio até o reservatório

Área Jusante Dois Saltos = 5.000 m x 36 m

Área Jusante Dois Saltos = 360.000 m²

Área Total = Área Jusante Dois Saltos

Dh = Volume Reservatório Dois Saltos / Área Total = 261.287,5 m³ / 360.000 m² ≈ 1,45 m.

Ao atingir os 5 primeiros quilômetros do rio dos Patos, as águas do reservatório da PCH Dois Saltos seriam integralmente absorvidas.

Portanto, ao considerar o esvaziamento do reservatório no leito do rio dos Patos, a sobre-elevação máxima em caso de ruptura da barragem da PCH Dois Saltos, desprezando os efeitos de perdas energéticas, seria uma elevação máxima de cerca de 1,45 m no leito do rio.

A seguir é representada as manchas de inundação decorrente da ruptura da barragem, hipóteses 1 e 2:



Figura 14. Mancha de Inundação à Jusante da PCH Dois Saltos – Hipótese 1



Figura 15. Mancha de Inundação à Jusante da PCH Dois Saltos – Hipótese 2 Extrema

Observa-se nas figuras acima que, a mancha de inundação perde força ao passar pelo reservatório da CGH existente, devido ao inexpressivo reservatório formado pela PCH Dois Saltos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Destaca-se que nesta fase do projeto executivo, foram executados 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 hidrológico e hidráulico do vertedouro e barragem;

Além disto, o reservatório formado é pequeno, por se tratar de PCH com barragem vertente de baixa altura, e será operado como fio d'água sem grandes deplecionamentos.

Quanto às fundações, foram constatadas excelentes condições de assentamento das estruturas, por se tratar de laje aflorada de Diabásio. Além disso, o projeto prevê tratamento nas fundações, instalação de barras adicionais de ancoragem.

As tensões incidentes ao pé da barragem, oriundas do máximo carregamento, não atingirão percentual expressivo da capacidade de carga do maciço a ponto de causar eventos de ruptura ou sismos (tensão admissível do Diabásio).

Todos os projetos de engenharia, bem como a fiscalização e execução desta barragem serão conduzidas em momento oportuno através de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) perante o CREA, comprometendo os profissionais envolvidos no tocante às responsabilidades técnicas e jurídicas incidentes sobre a barragem.

Os projetos executivos estruturais desta barragem promoverão minuciosa investigação geológica, para que o projeto executivo promova pequenos ajustes, para confirmar que esta estrutura será estável quanto ao tombamento, ao escorregamento e à flutuação perante os carregamentos severos em condições de cheia, evidenciando também que a barragem terá excelente integridade estrutural.

Todos os cuidados construtivos em relação a esta estrutura serão observados. O vertedouro, no trecho que cabe a recuperação, será executado 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, procedendo com um rigoroso controle de qualidade dos materiais empregados e um controle de compactação dos aterros das ombreiras.

Por outro lado não foram identificadas residências ou moradores a jusante dentro de uma área considerada de risco (NA+10m). O vale à jusante da barragem é desabitado e inacessível, conforme imagens de satélite constantes neste relatório e inspeções em campo.

Foi identificado uma CGH existente, cujo pequeno reservatório promoverá significativa ajuda quanto a contenção da onda de cheia, em caso de uma hipotética ruptura na barragem.

Para uma simulação mais condizente com a realidade, simulou-se os efeitos de uma ruptura proveniente do colapso entre as juntas dos blocos do vertedouro, com base em estudos consagrados na literatura sobre o assunto em outras barragens similares que romperam, mas

que causaria uma onda de cheia inferior a TR 2 anos, evento este que constantemente é verificado no rio.

Numa condição extrema, fisicamente improvável de ocorrer, com o escoamento integral do reservatório a jusante de forma imediata, ainda sim, nesta condição extrema não causaria nenhum impacto a jusante devido ao vale ser desabitado.

Todos estes fatos e colocações corroboram pela inexigibilidade de apresentação do PAE nos moldes exigidos pelas instancias reguladoras ANEEL e outros, sendo aqui somente apresentado por exigência do órgão ambiental no sentido de avaliação da potencialidade de riscos e danos ambientais.

ANEXO: ART DA BARRAGEM DA PCH DOIS SALTOS

19/02/2019

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 20190769061
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: PRIDAY ENERGIA LTDA

CPF/CNPJ: 23.359.435/0001-22

Endereço: AV ANITA GARIBALDI 850 SALA 207 CABRAL

CEP: 80540400 CURITIBA PR Fone:

Local da Obra/Serviço: RIO DOS PATOS S/N

Quadra:

Lote:

ZONA RURAL - PRUDENTOPOLIS PR

CEP: 84400000

Tipo de Contrato	4	PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS	Dimensão	30 MWATT
Ativ. Técnica	2	ESTUDO, PLANEJAMENTO, PROJETO, ESPECIFICAÇÕES		
Área de Comp.	1107	PORTOS, RIOS, CANAIS, BARRAGENS E DIQUES		
Tipo Obra/Serv	124	BARRAGENS		
Serviços contratados	035	PROJETO		

Dados Compl.	0
Data Início	18/02/2019
Data Conclusão	18/01/2021

Vlr Taxa R\$ 226,50

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 DOIS SALTOS COM 30.000KW DE POTENCIA
INSTALADA DOTADA DE DUAS UNIDADES GERADORAS COM TURBINAS TIPO FRANCIS SIMPLES 514,2RPM,
LOCALIZADA NO RIO DOS PATOS, MUNICÍPIO DE PRUDENTÓPOLIS, PR, CONSTANDO DE:

- 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 NBR6118 E NBR 8800;
- VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE E FUNDAÇÕES DAS DIVERSAS ESTRUTURAS;
- ESTUDOS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS DE DESVIO DO RIO E ÓRGÃOS EXTRAVASORES ;
- ESTUDOS HIDRO ENERGÉTICOS SOBRE A SÉRIE HIDROLÓGICA DE VAZÕES MÉDIAS MENSIS ORIUNDAS DA ESTAÇÃO HIDROLÓGICA REGIONAL, COM EXTENSÃO MÍNIMA DE 70 ANOS;
- CÁLCULOS HIDRÁULICOS RELATIVOS AS PERDAS DE CARGA DO CIRCUITO ADUTOR, LIBERAÇÃO DE VAZÕES SANITÁRIAS, CAPACIDADE DE DESCARGA DOS ÓRGÃOS EXTRAVASORES, PLANO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO;

Insp.: 4269
19/02/2019
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.



19/02/2019

ART

ART Nº. 20190769061 - Informações a serem impressas no verso da ART

- CÁLCULO DA GARANTIA FÍSICA OU ENERGIA ASSEGURADA CONFORME PORTARIA 463/2009 MME ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO BALANÇO HIDROLÓGICO DAS SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSIS TRUNCADO NA CONDIÇÃO DE ENGOLIMENTO MÁXIMO DA USINA;
- PROJETO DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIOS DO CANTEIRO E CASA DE FORÇA;
- ACOMPANHAMENTO DA CONSTRUÇÃO ATÉ A FASE DE OPERAÇÃO COMERCIAL;
- EMISSÃO DE RELATÓRIOS TÉCNICOS PERANTE A ANEEL DE FISCALIZAÇÃO DO ANDAMENTO DA OBRA CONFORME O CRONOGRAMA;
- DEFINIÇÃO FUNDIÁRIA DAS ÁREAS ATINGIDAS PELO PROJETO E INSTRUÇÃO DO PROCESSO DE DECLARAÇÃO DE UTILIDADE PÚBLICA PERANTE A AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA ;
- CONCEPÇÃO DA OBRA: CAPTAÇÃO D'ÁGUA NO NÍVEL DE NAM. 711,80M COM CIRCUITO ADUTOR PREVISTO NA MARGEM ESQUERDA DOTADO DE CANAL DE EMBOQUE COM 350M, TOMADA D'ÁGUA, TÚNEL DE BAIXA PRESSÃO COM 30M² DE SEÇÃO E 1000M DE COMPRIMENTO, CANAL ADUTOR DE 285M, TÚNEL PRESSURIZADO DE 30M² E 600M DE COMPRIMENTO, PLUG DE CONEXÃO, CONDUTO FORÇADO COM 3,20M DE DIÂMETRO E 95M DE COMPRIMENTO EM AÇO TIPO COR 500 , CASA DE FORÇA COM SALA DE COMANDO COM ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA PARA FINS DE EMISSÃO DE ALVARÁ MUNICIPAL 1.118,70M² E CANAL DE FUGA PREVISTO COM NAJ NA EL. 598,90M.
- ENTREGA DO PROJETO FINAL AS BUILT.