

## **ANEXO II**

Relatório Técnico P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE – Projeto de  
Concepção do extravasor Intermediário Barragem do Jacu

Desenho P1524-GALV-C-BA-DE-01-AG – Sistema de Acumulação  
de Água Barragem do Jacu – Projeto de Concepção do Extravasor  
Intermediário – Arranjo Geral



**PROJETO  
SALITRE**

**Dinésio Franco**  
ENGENHARIA / GEOTECNIA

**SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA**

**BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0**

**EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00  
PROJETO DE CONCEPÇÃO**

**P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE**

**JULHO  
2015**



 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 2 / 3
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>VAZÃO DE PROJETO DO SISTEMA EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO .....</b>	<b>5</b>
2.1	DETERMINAÇÃO DOS QUANTIS DE CHUVA INTENSA DA REGIÃO; .....	5
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO .....	6
2.3	CURVA COTA-VOLUME.....	7
2.4	CURVA DESCARGA.....	7
2.5	BORDA LIVRE .....	8
2.6	ESTUDO DO TRÂNSITO DE CHEIA NO RESERVATÓRIO.....	9
<b>3</b>	<b>SISTEMA EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO .....</b>	<b>12</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Quantis pontuais de chuva (mm).....	5
Tabela 2.2 – Características geomorfológicas da bacia de contribuição da Barragem.....	7
Tabela 2.3 – Curva cota x volume de amortecimento.....	7
Tabela 2.4 – Curva cota x vazão do sistema extravasor intermediário .....	8
Tabela 2.5 – Cálculo da amplitude da onda e borda livre .....	9
Tabela 2.6 – Síntese dos resultados da modelagem hidrológica para a Barragem do Jacu.....	11

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização da Barragem do Jacu, Serra do Salitre/MG.....	3
Figura 2.1 – Área da bacia de contribuição. Fonte: World imagery. ....	6
Figura 2.2 – Distâncias relativas aos ângulos 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70° e 80° utilizadas para cálculo do <i>fetch</i> para a Barragem.....	9
Figura 2.3 – Hidrograma Afluentes pelo reservatório da Barragem do Jacu – Chuva de Projeto 24H 200TR. ....	10
Figura 2.4 – Trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem do Jacu – Chuva de Projeto 24H 200TR. ....	10
Figura 3.1 – Perfil da lâmina de água na galeria.....	13

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 3 / 4
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

## 1 INTRODUÇÃO

Esse documento tem como principal finalidade apresentar os estudos desenvolvidos para o projeto conceitual do sistema extravasor intermediário da Barragem do Jacu.

O extravasor será construído para garantir que a elevação do nível de água no reservatório não ultrapasse a elevação 965,0m, pois essa é a cota máxima de licenciamento da barragem.

A Barragem do Jacu ficará localizada no entorno a latitude  $19^{\circ}3,150'$  sul e longitude  $46^{\circ}44,190'$  (Figura 1.1), no município de Serra do Salitre, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais.

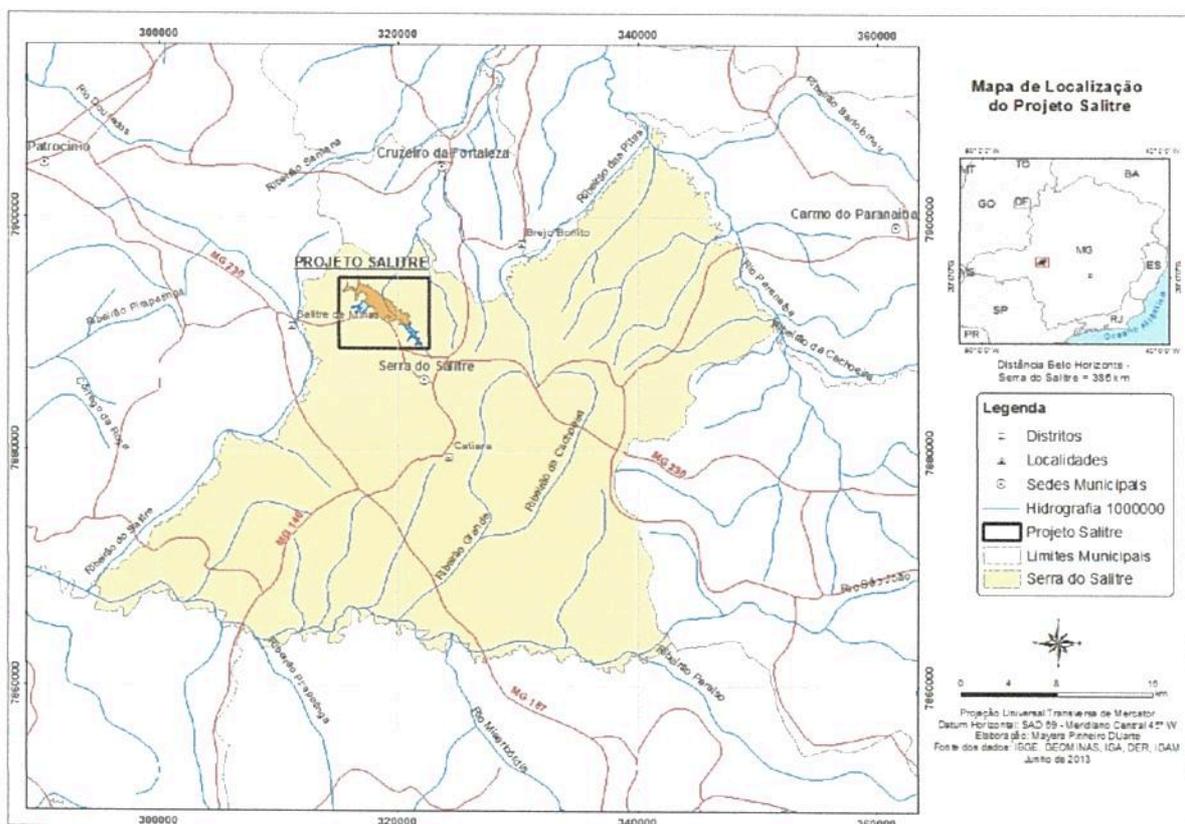


Figura 1.1 – Localização da Barragem do Jacu, Serra do Salitre/MG.

Para desenvolvimento do projeto utilizou-se os seguintes documentos:

	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 4 / 5
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

- Planta topográfica fornecida pela Galvani;
- Dados pluviométricos de estações da região do empreendimento, obtidos a partir do site da ANA – Agência Nacional das Águas (<http://hidroweb.ana.gov.br/>);
- Imagem STRM do projeto TOPODATA;
- Imagem World Imagery;
- Sondagens da região de implantação da barragem, fornecidas pela GALVANI.

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 5 / 6
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

## 2 VAZÃO DE PROJETO DO SISTEMA EXTRAVASOR INTEMEDIÁRIO

O presente item tem por finalidade apresentar os estudos hidrológico / hidráulicos para definição da vazão de projeto do sistema extravasor. Essa vazão foi utilizada para definir as dimensões do sistema extravasor, e que foi calculada seguindo as seguintes etapas: 1) Determinação dos quantis de chuva intensa da região; 2) Caracterização da área de contribuição; 3) Determinação da borda livre; 4) Determinação da vazão de descarga do extravasor; 5) Construção da curva cota x volume de reservatório; 6) Estudo do trânsito de cheia no reservatório.

### 2.1 DETERMINAÇÃO DOS QUANTIS DE CHUVA INTENSA DA REGIÃO;

O extravasor será provisório, pois operará somente até que a GALVANI consiga a licença ambiental do restante do projeto. Por isso o período retorno foi calculado para o mesmo risco hidráulico do fim da vida útil do projeto, admitindo-se que a vida útil do extravasor intermediário corresponde ao tempo necessário para que o rejeito disposto na barragem Sabão I atinja a elevação 962,0m, ou seja, 14 anos, e que a vida útil do projeto é de aproximadamente 25 anos. Assim, aplicando da equação abaixo, fixando-se o tempos de retorno em 500, conforme indicado pela norma NBR 13.028/2006 e vida útil 25 anos temos o risco hidráulico de 9%. Adotando o mesmo risco porém para vida útil de 14 anos obtém-se TR =152 anos, adotando-se então 200 anos. Assim o sistema extravasor intermediário da Barragem do Jacu foi dimensionado para uma cheia gerada por um evento chuvoso com período de retorno de 200 anos, cujos quantis de precipitação encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 2.1 – Quantis pontuais de chuva (mm).

Duração	TR (ANOS)
	200
8	154,16
10	162,07
12	168,00
24	197,65

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 6 / 7
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

A delimitação da área de contribuição foi feita a partir da topografia fornecida pelo cliente complementada com a imagem STRM do TOPODATA e está apresentada na Figura 2.1. Essa delimitação foi utilizada para a definição do tipo de uso e ocupação do solo e os parâmetros do modelo SCS. A Tabela 2.2 apresenta as características geomorfológicas e os parâmetros do modelo SCS que serão utilizados para transformação da chuva em vazão na bacia de contribuição em questão.

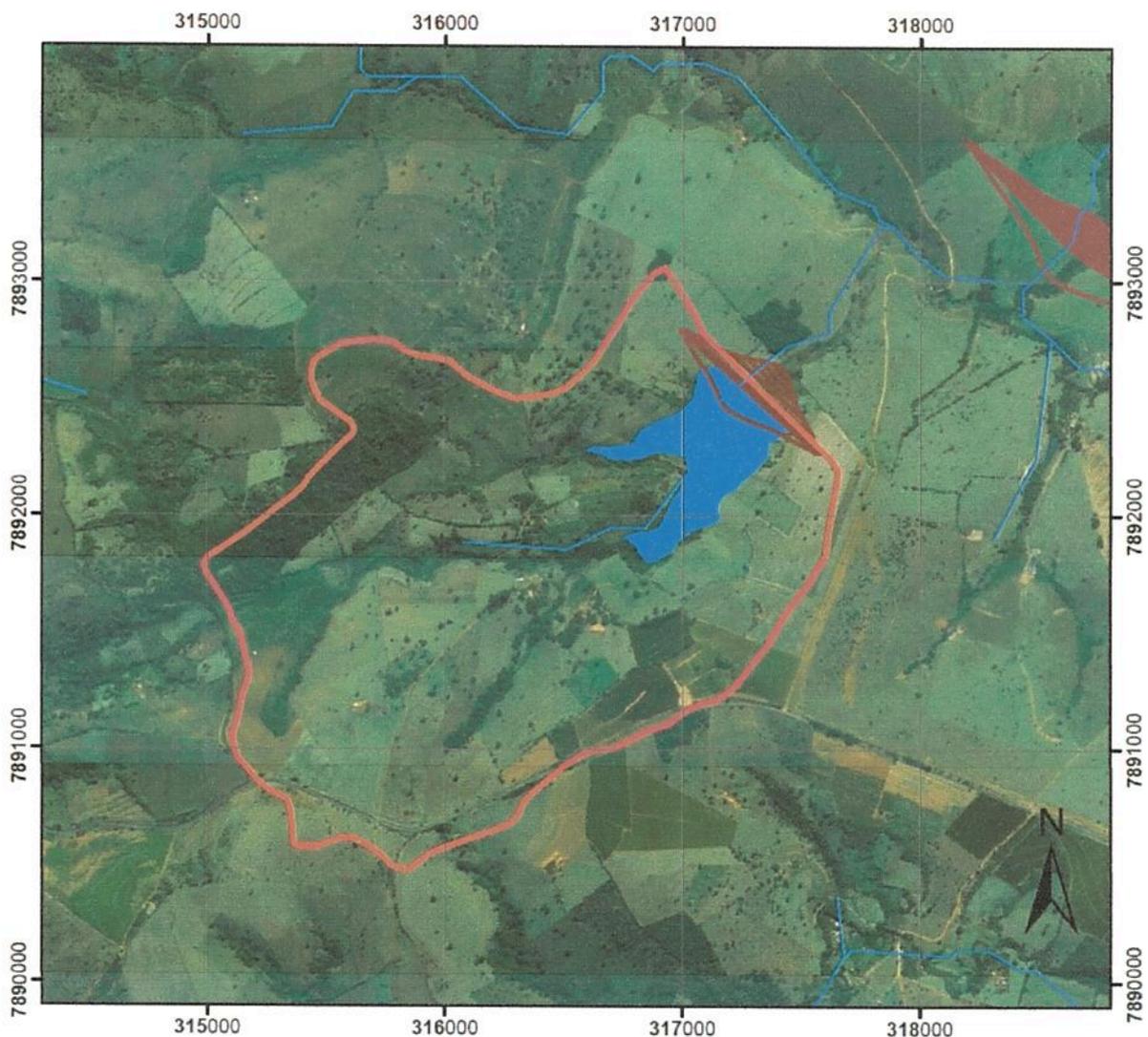


Figura 2.1 – Área da bacia de contribuição. Fonte: World imagery.

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 7 / 8
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

Tabela 2.2 – Características geomorfológicas da bacia de contribuição da Barragem.

PARÂMETROS	Valores
AC (km <sup>2</sup> )	4,1
tc (min)	17,5
CN (ponderado)	69
lagtime (min)	10,5
Área impermeável (%)	14,9

AC é a área de contribuição; tc é tempo de concentração; CN é o Número da Curva Índice do método do SCS; lagtime é o tempo de retardo.

### 2.3 CURVA COTA-VOLUME

A seguir, a Tabela 2.3 apresenta a relação cota x área x volume de amortecimento do reservatório.

Tabela 2.3 – Curva cota x volume de amortecimento

Elevação (m)	Áreas (m <sup>2</sup> )	Volumes (m <sup>3</sup> )	
		Acumulado	X 1000
962	242123	0	0
963	257065	249594	250
964	273839	515046	515
965	290932	797431	797

### 2.4 CURVA DESCARGA

O emboque do extravasor de emergência será realizado por meio de uma galeria de seção retangular de 2,0m x 2,0m com soleira na elevação 962,0m. A curva de descarga dessa galeria foi determinada pela equação abaixo.

$$Q = CL_{efetivo} h^{3/2}$$

Onde:

- Q = Descarga (m<sup>3</sup>/s)

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 8 / 9
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

- C = Coeficiente de descarga.
- h = Carga hidráulica efetiva (m)
- L<sub>efetivo</sub> = Comprimento efetivo do vertedouro.

A seguir, a Tabela 2.4 apresentam a curva cota vazão do extravasor intermediário.

Tabela 2.4 – Curva cota x vazão do sistema extravasor intermediário

Elevação (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
962	0,00
963	5,27
964	10,16
965	13,30

## 2.5 BORDA LIVRE

A borda livre foi definida pela equação abaixo acrescido de um fator de majoração de 40%:

$$h_0 = 0,005 \cdot V_V^{1,06} \cdot F^{0,47}$$

Onde:

- h<sub>0</sub> é a amplitude da onda eólica (m);
- V<sub>V</sub> é a velocidade do vento (km/h); e
- F é o comprimento de “fetch” ou extensão da superfície da água sobre a qual o vento atua (km) (Figura 2.2).

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 9 / 10
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

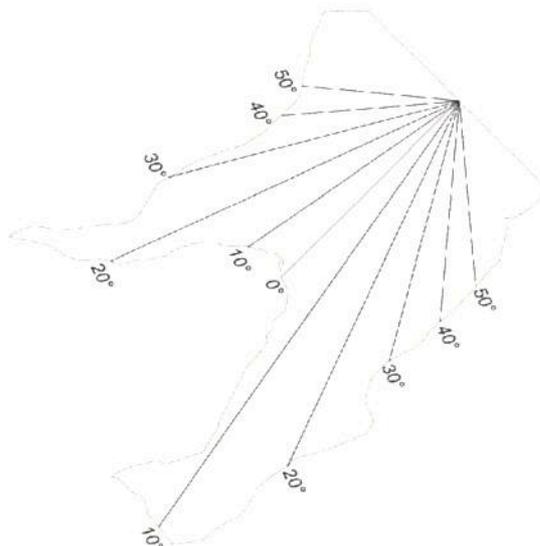


Figura 2.2 – Distâncias relativas aos ângulos 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70° e 80° utilizadas para cálculo do *fetch* para a Barragem.

Tabela 2.5 – Cálculo da amplitude da onda e borda livre

<b>V<sub>vento</sub> (km/h)</b>	80,0
<b>Fetch (km)</b>	0,46
<b>Onda (m)</b>	0,40
<b>Borda livre (m)</b>	0,56

## 2.6 ESTUDO DO TRÂNSITO DE CHEIA NO RESERVATÓRIO

Para definição da vazão de projeto a chuva foi transformada em vazão utilizando o modelo SCS – *Soil consevation servise* o qual está incorporado no o software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System).

Durante a simulação foi realizada uma pesquisa da duração de chuva que gere o maior volume de armazenamento nos reservatórios da barragem ou a maior sobre-elevação do nível de água no interior dos mesmos, quando do trânsito da cheia. A seguir, estão apresentados graficamente a geração e o trânsito da cheia afluyente, derivada da chuva de projeto com período de retorno de 200 anos, pelo reservatório.

	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 10 / 11
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

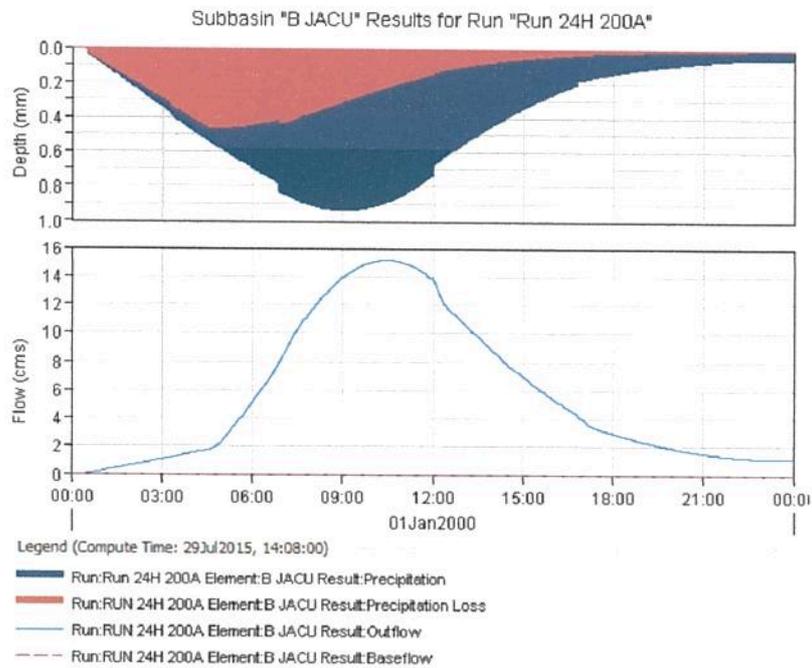


Figura 2.3 – Hidrograma Afluente pelo reservatório da Barragem do Jacu – Chuva de Projeto 24H 200TR.

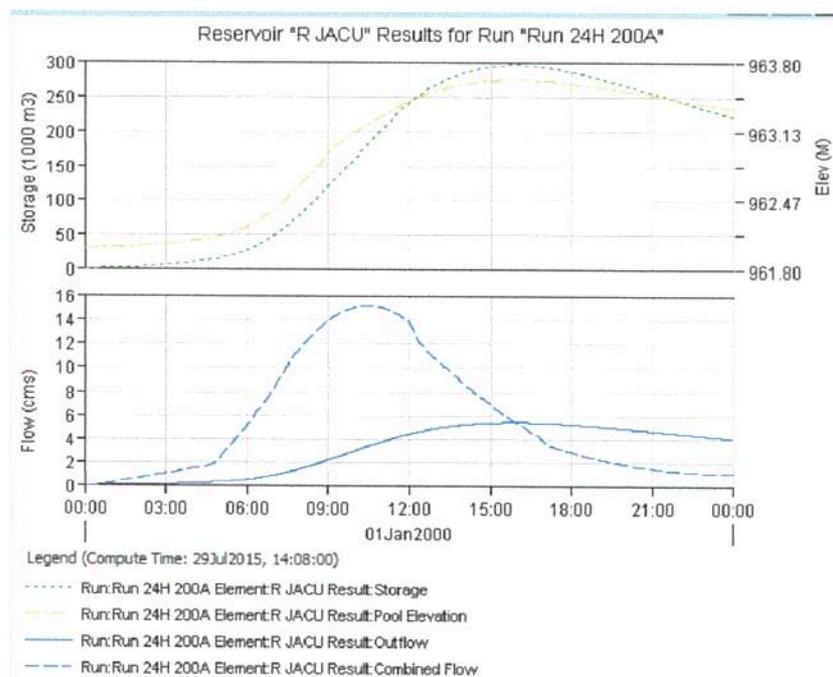


Figura 2.4 – Trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem do Jacu – Chuva de Projeto 24H 200TR.

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 11 / 12
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

A Tabela 2.6 apresenta os resultados da modelagem hidrológica para a Barragem do Jacu.

Tabela 2.6 – Síntese dos resultados da modelagem hidrológica para a Barragem do Jacu.

Parâmetros	Barragem do Jacu
TR (anos)	200
Duração Crítica (horas)	24
Altura da Chuva Crítica (mm)	197,6
Vazão Máxima Afluente (m <sup>3</sup> /s)	15,2
Vazão Máxima Efluente (m <sup>3</sup> /s)	5,1
Elevação da Soleira do Vertedouro – NA normal (m)	962
Elevação da Crista da Barragem (m)	965
NA Máximo Maximorum (m)	963,3
Diferença de elevação entre NA <sub>Máx.Max.</sub> e elevação da crista (m)	1,4

	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 12 / 13
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

### 3 SISTEMA EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO

O presente item tem por finalidade apresentar os estudos e considerações referentes a definição da geometria do extravasor intermediário da Barragem do Jacu considerando que a vazão de projeto é  $5,1\text{m}^3/\text{s}$ .

O extravasor proposto possui os seguintes componentes:

- Canal de aproximação;
- Galeria retangular;
- Canal de descarte final.

O canal de aproximação será escavado para permitir o aporte de água do reservatório até o emboque da galeria. Esse canal terá declividade nula e implantado na elevação 962,0m.

A galeria será implantada na ombreira direita em uma região com solo coluvionar de baixa resistência. Por essa razão será necessário escavação e retirada desse material para que a fundação da galeria seja implantada no solo residual. Essa galeria será retangular, em concreto armado, com seção de 2,0m x 2,0m e declividade de 1%. A soleira da galeria está implantada na elevação 962,0m e possui 138 metros de comprimento. A lamina de água na galeria atinge no máximo 1,0 metro como mostra a Figura 3.1.

A galeria deverá ser envolta em uma camada de areia à jusante do eixo da barragem. Essa camada de areia irá interceptar a água que percola no aterro da barragem e a água que percola no contato da galeria com o aterro. Esse camada de areia funcionará com um filtro que interceptará as partículas de solo e conduzirá a água para jusante.

 <b>Galvani</b>	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 13 / 14
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

Crossing - barragem jacu, Design Discharge - 5.10 cms  
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 5.10 cms

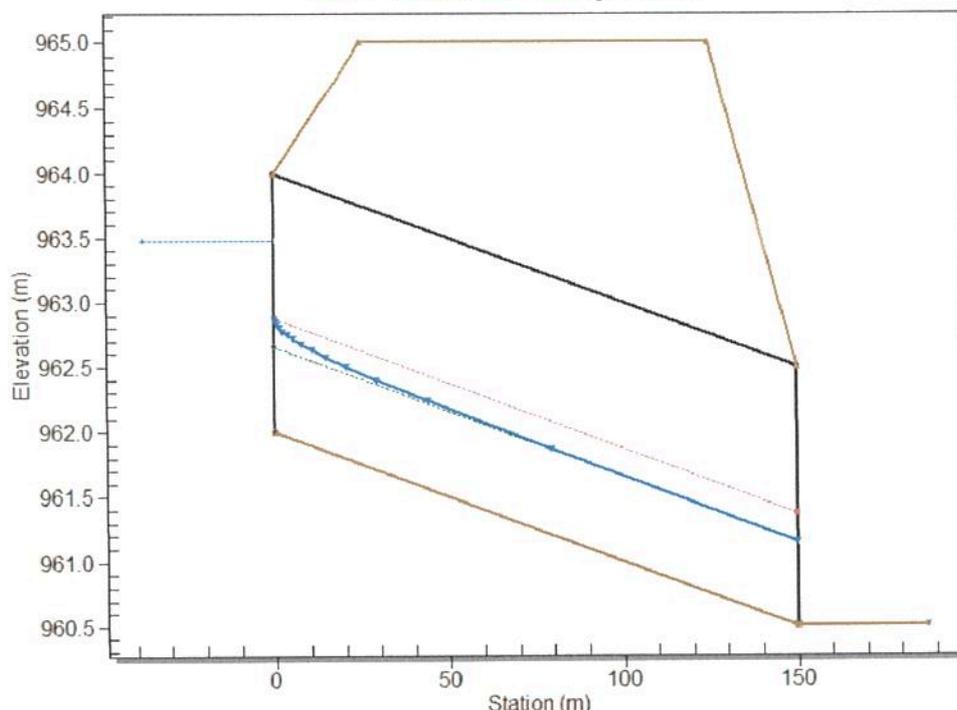


Figura 3.1 – Perfil da lâmina de água na galeria

O canal tem início na saída da galeria e uma extensão de 280 m até o talvegue, com uma largura de 2 m com taludes 1,5H:1V. Em resumo, o canal apresenta as seguintes características principais:

- Vazão de projeto de 5 m<sup>3</sup>/s, correspondendo a uma velocidade de escoamento de 9,0 m/s;
- A lâmina d'água será de cerca de 0,25 m no canal;
- O canal será revestido com em toda sua extensão com manta de PEAD;

Para o revestimento do canal prevê-se a implantação de mantas de PEAD. Para isso é necessário que o substrato de instalação seja regularizado previamente de modo a se obter uma superfície compacta, isenta de irregularidades, a fim de minimizar os esforços de puncionamento sobre a manta.

	 <b>Dinésio Franco</b> ENGENHARIA / GEOTECNIA	<b>PROJETO SALITRE</b>	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO JACU - EL. 982,0 EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 14 / 15
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1524-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

A fim de garantir um funcionamento adequado a esse respeito, o projeto prevê ancoragens longitudinais e transversais ao longo do canal.

O desenho **P1524-GALV-C-BA-DE-01-AG** apresenta o arranjo geral do canal extravasor intermediário.