

ANEXO III

**Relatório Técnico P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE – Projeto de
Concepção do extravasor Intermediário Barragem Sabão II**

**Desenho P1525-GALV-C-BA-DE-01-AG – Sistema de
Acumulação de Água Barragem Sabão II – Projeto de
Concepção do Extravasor Intermediário – Arranjo Geral**



**PROJETO
SALITRE**

Dinésio Franco
ENGENHARIA / GEOTECNIA



SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA
BARRAGEM DO SABÃO II - EL. 982,0

EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00

PROJETO DE CONCEPÇÃO

P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE

**JULHO
2015**

 Galvani	 Dinésio Franco <small>ENGENHARIA / GEOTECNIA</small>	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 2 / 3
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	VAZÃO DE PROJETO DO SISTEMA EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO	5
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
3	SISTEMA EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO	12

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 Sabão II.....	11

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização da Barragem do Sabão II, 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 Afluente pelo reservatório da Barragem do Sabão II – Chuva de Projeto 24H 200TR.....	10
Figura 2.4 – Trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem do Sabão II – Chuva de Projeto 24H 200TR.....	10

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 3 / 4
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-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 Sabão II.

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 Sabão II ficará localizada no entorno das coordenadas 320.720, 7.890.840 (Figura 1.1), no município de Serra do Salitre, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais.

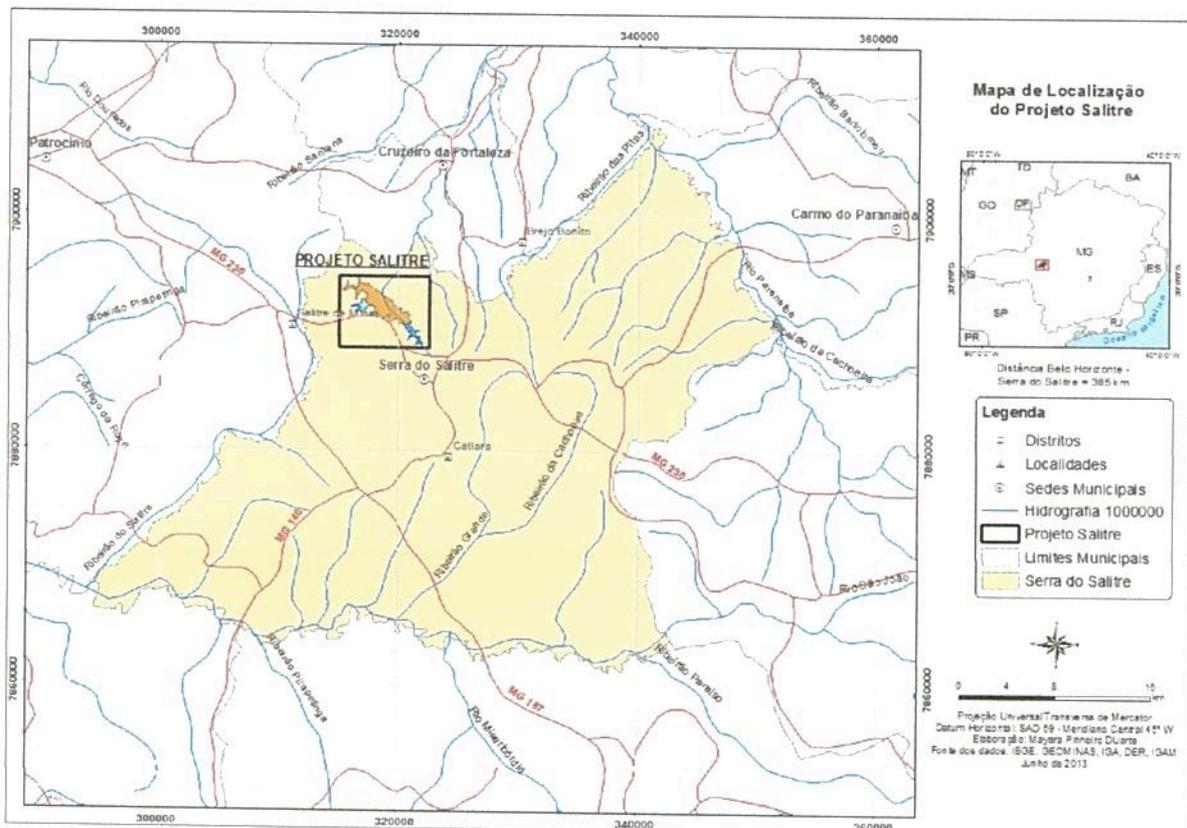


Figura 1.1 – Localização da Barragem do Sabão II, Serra do Salitre/MG.

Para desenvolvimento do projeto utilizou-se os seguintes documentos:

	 Dinésio Franco <small>ENGENHARIA / GEOTECNIA</small>	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 4 / 5
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-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;

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 5 / 6
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

2 VAZÃO DE PROJETO DO SISTEMA EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO

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 Sabão II 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

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 6 / 7
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-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.

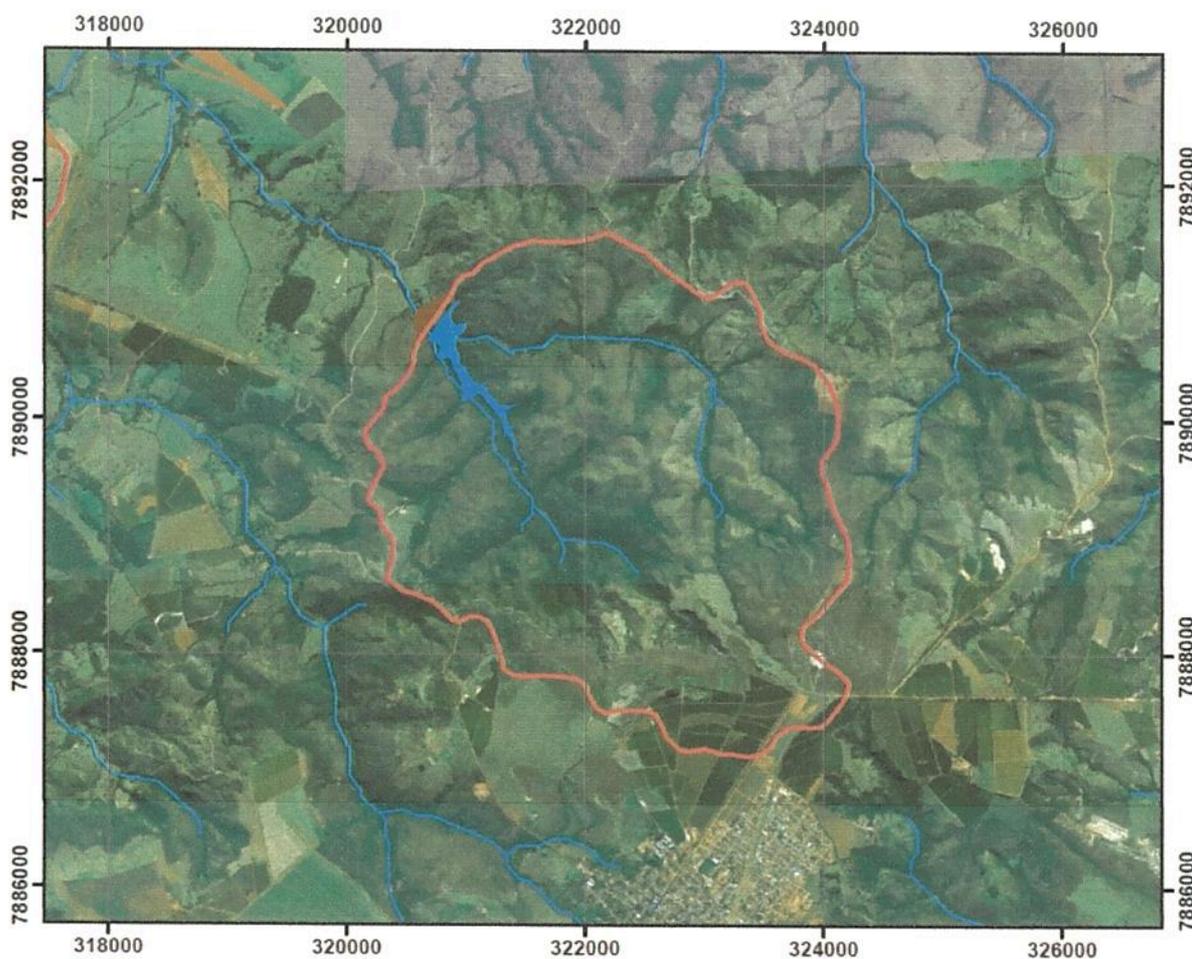


Figura 2.1 – Área da bacia de contribuição. Fonte: World imagery.

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 7 / 8
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

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

PARÂMETROS	Valores
AC (km ²)	12,84
tc (min)	24,8
CN (ponderado)	65
lagtime (min)	14,9
Área impermeável (%)	1,1

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 ²)	Volumes (m ³)	
		Acumulado	X 1000
962	140.975,79	0	0,0
963	156.010,79	148.493	148,5
964	177.234,54	315.116	315,1
965	196.925,93	502.196	502,2

2.4 CURVA DESCARGA

O emboque do extravasor de emergência será realizado por meio de uma galeria dupla de seção quadrada 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 (m³/s)

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 8 / 9
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

- C = Coeficiente de descarga.
- h = Carga hidráulica efetiva (m)
- L_{efetivo} = 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 ³ /s)
962	0,00
963	4,59
964	20,95
965	31,08

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:

- h₀ é a amplitude da onda eólica (m);
- V_v 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).

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 9 / 10
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

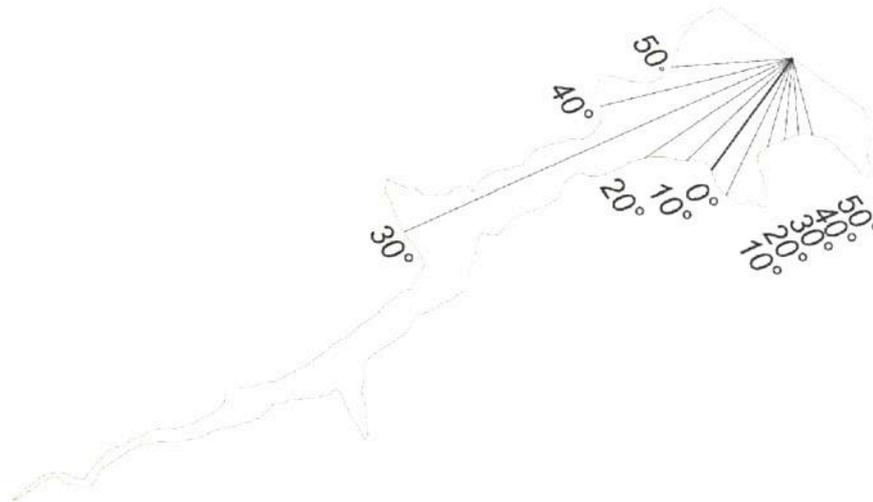


Figura 2.2 – Distâncias relativas aos ângulos 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70° e 80° utilizadas para cálculo do *fetch* para a Barragem.

Tabela 2.5 – Cálculo da amplitude da onda e borda livre

V_{vento} (km/h)	80,0
Fetch (km)	0,27
Onda (m)	0,32
Borda livre (m)	0,44

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 apresentadas graficamente a geração e o trânsito da cheia afluente, derivada da chuva de projeto com período de retorno de 200 anos, pelo reservatório.

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 10 / 11
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

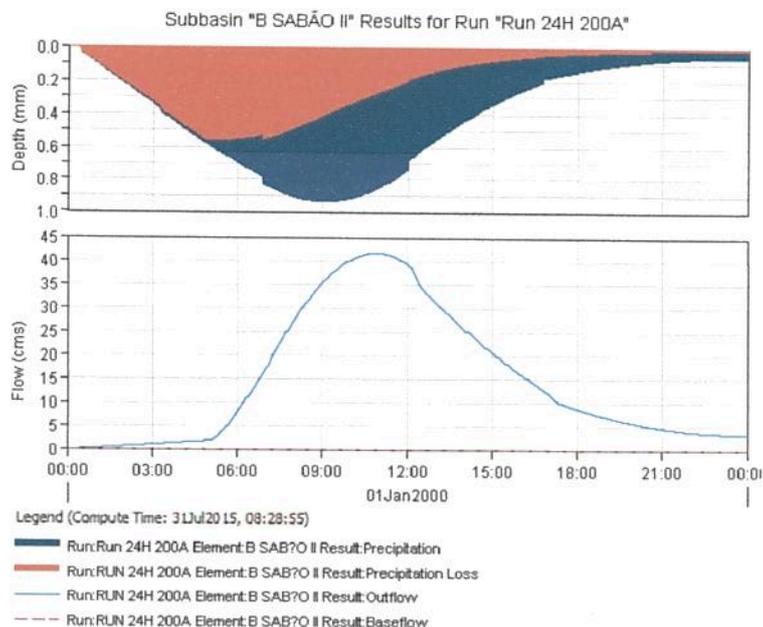


Figura 2.3 – Hidrograma Afluente pelo reservatório da Barragem do Sabão II – Chuva de Projeto 24H 200TR.

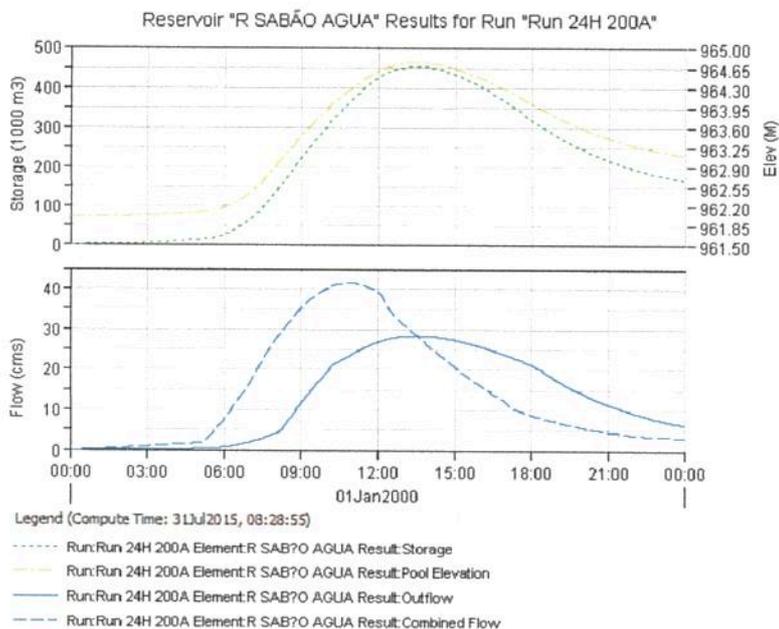


Figura 2.4 – Trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem do Sabão II – Chuva de Projeto 24H 200TR.

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

 Galvani	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 11 / 12
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-GALV-C-BA-RL-01-GE	REV.: 0

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

Parâmetros	Barragem do Sabão II
TR (anos)	200
Duração Crítica (horas)	24
Altura da Chuva Crítica (mm)	197,6
Vazão Máxima Afluente (m ³ /s)	41,6
Vazão Máxima Efluente (m ³ /s)	28,4
Elevação da Soleira do Vertedouro – NA normal (m)	962
Elevação da Crista da Barragem (m)	965
NA Máximo Maximorum (m)	964,6
Diferença de elevação entre NA _{Máx.Max.} e elevação da crista (m)	1,4

	 Dinésio Franco ENGENHARIA / GEOTECNIA	PROJETO SALITRE	
SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA BARRAGEM DO SABÃO II EXTRAVASOR INTERMEDIÁRIO - EL. 962,00 PROJETO DE CONCEPÇÃO		N.º GALVANI:	FOLHA: 12 / 13
		N.º DINÉSIO FRANCO: P1525-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 Sabão II considerando que a vazão de projeto é 28,4m³/s.

O extravasor proposto possui os seguintes componentes:

- Canal de aproximação
- Galeria retangular;

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 da barragem com seção dupla 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 142 metros de comprimento. Nessa situação a lâmina de água dentro da galeria é de cerca de 1,6 metros.

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.

O canal intermediário será conectado ao canal extravasor principal da barragem, a ser projetado.

O desenho **P1525-GALV-C-BA-DE-01-AG** apresenta o arranjo geral do canal extravasor intermediário.