

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 1/33	
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03	

RELATÓRIO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE

DISPOSIÇÃO DE REJEITOS E ESTÉRIL

SAM – SUL AMERICANA DE METAIS S/A
(PROJETO FERRO VALE DO RIO PARDO)

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 3/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

SUMÁRIO

RESUMO	5
1.0 INTRODUÇÃO	6
2.0 OBJETIVO.....	6
3.0 INFORMAÇÕES BÁSICAS	7
3.1 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	7
3.2 TOPOGRAFIA E IMAGEAMENTO	7
4.0 DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	8
4.1 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	8
4.2 ARRANJO GERAL	11
4.3 CURVA COTA-VOLUME DO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO VALE.....	11
4.4 BARRAGEM DO RIO VACARIA.....	13
4.4.1 Curva cota-volume da barragem do Rio Vacaria.....	13
4.4.2 Curva cota descarga da barragem do Rio Vacaria.....	14
5.0 METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS.....	15
5.1 SÍNTESE METODOLÓGICA	15
5.2 CENÁRIO DE SIMULAÇÃO	15
5.3 HIDROGRAMAS DE RUPTURA	16
5.3.1 Hipóteses de Ruptura e Modo de Falha	16
5.3.2 Definição do Volume de Material Mobilizado.....	16
5.3.3 Parâmetros da Brecha.....	16
5.3.4 Desenvolvimento da Brecha e do Hidrograma de Ruptura	17
5.4 PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS	18
5.4.1 Descrição do Trecho de Propagação	18
5.4.2 Parâmetros de Resistência.....	18
5.4.3 Condições Iniciais e de Contorno	18
5.4.4 Definição do Critério de Parada.....	19
5.4.5 Zona de autossalvamento	19
5.4.6 Modelo Matemático-Computacional	19
5.4.7 Modelo Matemático-Computacional	20
5.5 MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO.....	21
5.5.1 Seções Transversais de Referência.....	21
5.5.2 Parâmetros de Inundação Mapeados.....	22
6.0 RESULTADOS	22

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 4/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

6.1	HIDROGRAMAS DE RUPTURA	22
6.2	PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS	25
6.3	REQUISITOS DO CRITÉRIO DE PARADA	30
6.4	DESCRIÇÃO RESUMIDA DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO	30
6.5	MAPAS DE INUNDAÇÃO.....	30
7.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
8.0	REFERÊNCIAS.....	32
9.0	APÊNDICES.....	33

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 5/33	
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03	

RESUMO

São apresentadas neste relatório as informações consideradas para os estudos hidrológicos e hidráulicos associados à ruptura hipotética da barragem do Vale, bem como as premissas utilizadas, o cenário de análise e os resultados encontrados.

De acordo com os resultados apresentados no item 6.0 do presente relatório, podem ser elencadas as seguintes constatações:

- Para a barragem do Vale adotou-se a hipótese de ruptura considerando-se o nível de água como no NA normal da barragem, para o cenário de ruptura.
- Na avaliação da propagação do hidrograma de ruptura da barragem do Vale pelo vale a jusante, verificou-se que a mancha se propaga por aproximadamente 25 km a jusante da barragem.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 6/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

1.0 INTRODUÇÃO

Neste documento é apresentado o estudo de ruptura hipotética da barragem do Vale, de propriedade da empresa Sul Americana de Metais S.A. (SAM), tendo como foco a caracterização da propagação da onda de cheia e delimitação das áreas potencialmente inundáveis à jusante.

2.0 OBJETIVO

Os objetivos desse relatório técnico do estudo de ruptura hipotética da barragem do Vale consistem em:

- Caracterizar a área de estudo com a apresentação da região a jusante da barragem;
- Apresentar a metodologia adotada;
- Definir os cenários de ruptura hipotética da barragem;
- Determinar os hidrogramas de ruptura da barragem;
- Apresentar a propagação dos hidrogramas defluentes da barragem ao longo da região a jusante; e
- Apresentar o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis a jusante da barragem.

Assim, para melhor compreensão, além deste item introdutório, este documento está estruturado da seguinte maneira:

- **Item 3:** no qual são apresentados os dados básicos utilizados para a elaboração deste estudo;
- **Item 4:** no qual é apresentada a caracterização da área do empreendimento;
- **Item 5:** no qual são apresentadas as metodologias, premissas e critérios utilizados;
- **Item 6:** no qual são apresentados os resultados das modelagens;
- **Item 7:** no qual são feitas as conclusões e recomendações finais;
- **Item 8:** no qual são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração dos estudos; e
- **Item 9:** no qual são apresentados os apêndices, contendo os desenhos da mancha de inundação.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 7/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

3.0 INFORMAÇÕES BÁSICAS

3.1 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

A seguir são apresentados uma lista com os dados que subsidiaram a elaboração do presente estudo.

- MINA_BLC8007-1010-O-17-00 – Estudo Conceitual – Mina – Engenharia – Disposição de Estéril e Rejeito – Barragem Vacaria – Arranjo Geral – Planta e Seção Típica. Elaborado pela WALM Engenharia em 02/07/2018;
- MINA_BLC8007-1010-O-18-00 – Estudo Conceitual – Mina – Engenharia – Disposição de Estéril e Rejeito – Barragem Vacaria – Sistema Extravasador – Planta, Perfil e Detalhes Típicos. Elaborado pela WALM Engenharia em 02/07/2018;
- BSU-C-BV-RE-009-3 – Barragem do Rio Vacaria – Estudos Complementares e Esclarecimentos Solicitados sobre o Projeto Conceitual – elaborado pela DAM Engenharia em dezembro de 2015;
- BSU-C-BV-DE-401-12 – Barragem do Rio Vacaria – Projeto Conceitual – Curvas CotaxÁreaxVolume do Reservatório – 2ª Etapa na Normal 634 – Planta e Gráfico – Fl. 02/02.
- MINA_BLC8007-1010-G-RE-29 – Estudo Conceitual – Mina – Engenharia Disposição de Estéril e Rejeito – Barragem Do Vale – Relatório técnico
- Sistema de Fases de Lavra e Sequenciamento – Documento fornecido pela SAM em 29/05/2018.

3.2 TOPOGRAFIA E IMAGEAMENTO

A topografia utilizada no estudo foi definida por curvas de nível, obtidas por meio de aerolevantamento por perfilhamento a laser (ALS - Airborne LASER Scanning), fornecido pela SAM na porção da planta, em resolução de metro em metro. Foi necessário realizar o complemento da topografia, fora da área levantada, no caso um MDE (Modelo Digital de Elevação) oriundo do projeto Topodata que é elaborado a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponível no site <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. O MDE original foi trabalhado com o objetivo de dar maior consistência hidrológica ao terreno, retirando depressões espúrias e representando o traçado do talvegue conforme imagens de satélite, além de viabilizar a sua união com a topografia disponibilizada pela SAM. Foi determinado um MDT (Modelo Digital de Terreno) com cinco metros de resolução como resultado final. A Figura 3.1 ilustra um dos MDTs utilizado no estudo.

PROJETO CONCEITUAL
 MINA
 ENGENHARIA
 DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
 ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA
 (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE
 RELATÓRIO TÉCNICO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
8/33

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03

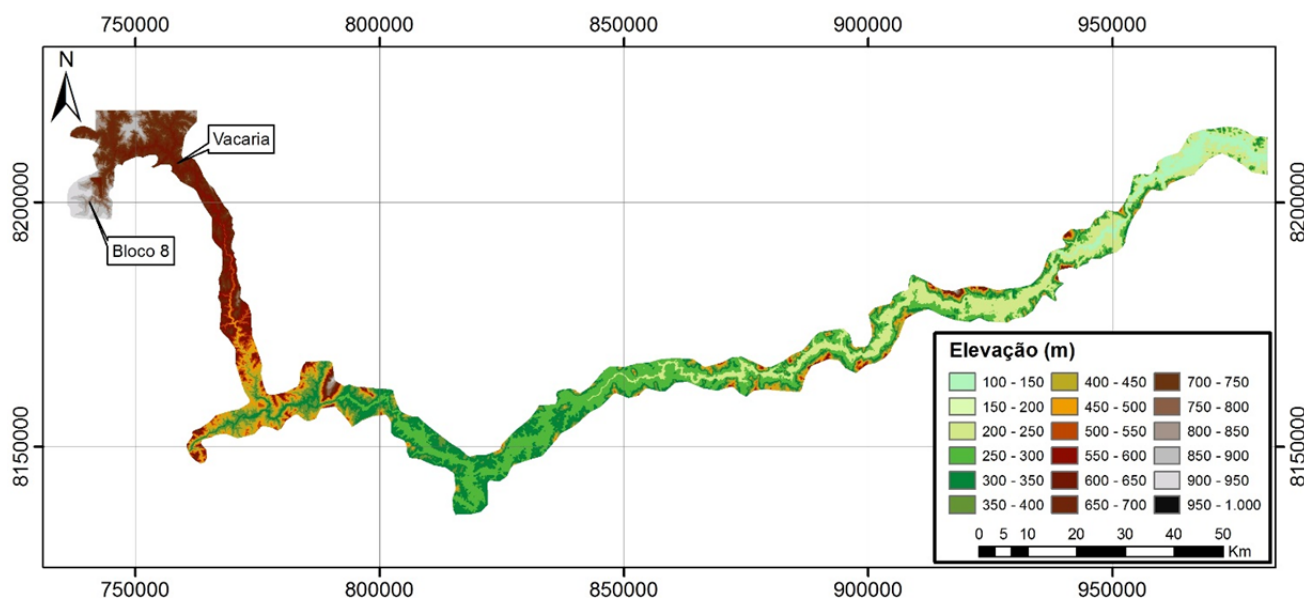


Figura 3.1 – Topografia utilizada no estudo.

4.0 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O Projeto Bloco 8 localiza-se entre os municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, estado de Minas Gerais, a aproximadamente 600 km a norte de Belo Horizonte, capital do estado. O acesso a partir de Belo Horizonte é realizado pela BR-135 até o município de Montes Claros (MG). A partir deste ponto o acesso até o projeto é realizado pela BR-251 (Rodovia Júlio Garcia) por 136 km até as proximidades do distrito de Vale das Cancelas. O acesso à área do Projeto do Bloco 8 é realizado pela estrada vicinal não pavimentada, conforme pode ser observado na Figura 4.1.

O Projeto Bloco 8 conta com 5 barramentos, sendo três barragens de água (Barragem Industrial, Barragem do Vale e barragem do Rio Vacaria) e duas barragens de rejeito (Barragem 1 e Barragem 2). A Figura 4.2 ilustra o arranjo geral do bloco 8.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA
(DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE
RELATÓRIO TÉCNICO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
9/33

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03

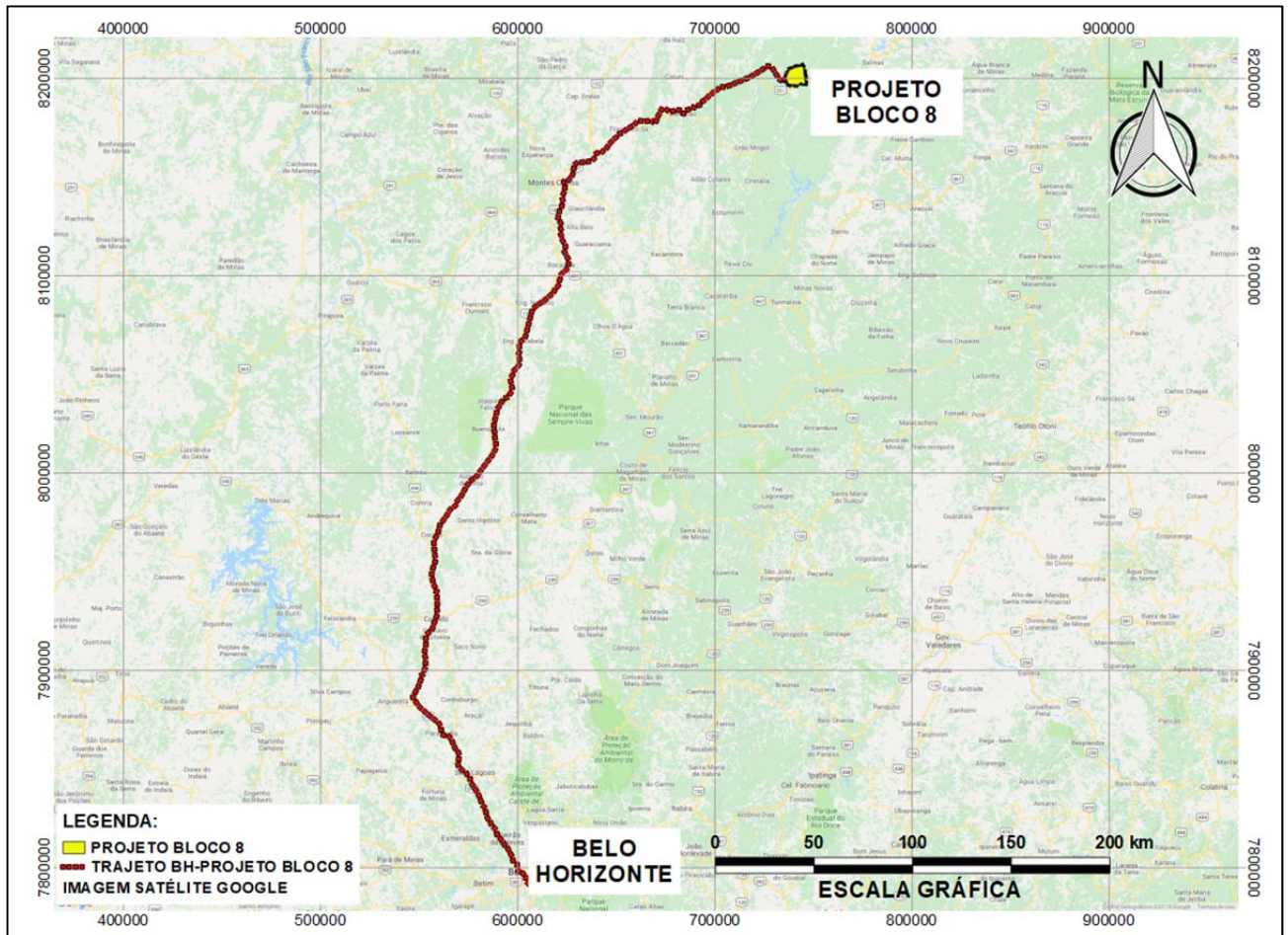


Figura 4.1 – Barragem do Vale – Acessos.

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA
(DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE
RELATÓRIO TÉCNICO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
10/33

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03

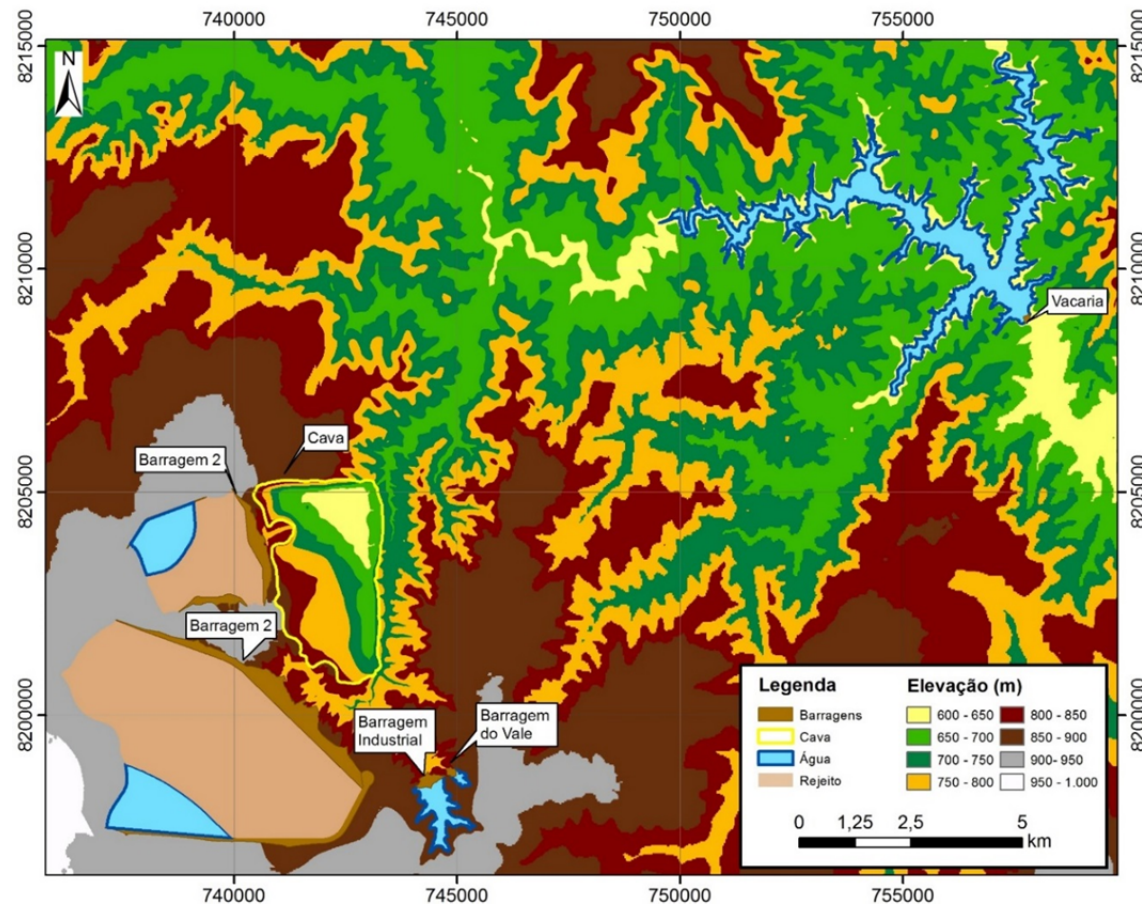


Figura 4.2 – Arranjo geral do Bloco 8 e topografia utilizada.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13		Folha 11/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013		Revisão 03

4.2 ARRANJO GERAL

A Barragem do Vale possui como finalidade formar um reservatório de água estratégico para suprir as necessidades hídricas do sistema. A barragem do Vale será instalada nas coordenadas 744.338 E e 8.198.503 N.

A barragem do Vale tem aproximadamente 63,5 m de altura e crista com cerca de 185,0 m de comprimento e elevação 860,0 m. As principais características da estrutura estão resumidas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados Gerais da barragem do Vale.

Dados Gerais		
Localização	Latitude	8.198.730
	Longitude	744.849
Finalidade	Reservatório de água	
Cota Final da Crista (m)	860,00	
NA normal (m)	858,00	
Altura Máxima da Barragem (m)	63,5	
Comprimento da Crista da Barragem (m)	185,00	
Tipo de Seção	Homogênea	
Estrutura Vertente	Soleira espessa com largura de 3,0 m e altura de 2,0 m	

A área a jusante da barragem do Vale delimitada para o desenvolvimento do estudo de ruptura hipotética é definida pelo rio do Rio Vacaria, pertencente a bacia federal do Jequitinhonha.

Como pode ser visualizado na Figura 4.2, aproximadamente 40,4 km (em relação ao talvegue principal) a jusante da barragem do Vale, encontra-se a barragem de água do Rio Vacaria. Dessa forma, a barragem do Rio Vacaria será englobada nos estudos de ruptura hipotética para ser considerada a possibilidade de uma ruptura em cascata conforme preconiza o parágrafo 2 do Artigo 6 da Portaria 70.389/2017.

4.3 CURVA COTA-VOLUME DO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO VALE

Nas Figura 4.3 e na Tabela 4.2 são apresentadas a curva cota-volume da barragem do Vale nas suas formas gráfica e tabular, respectivamente.

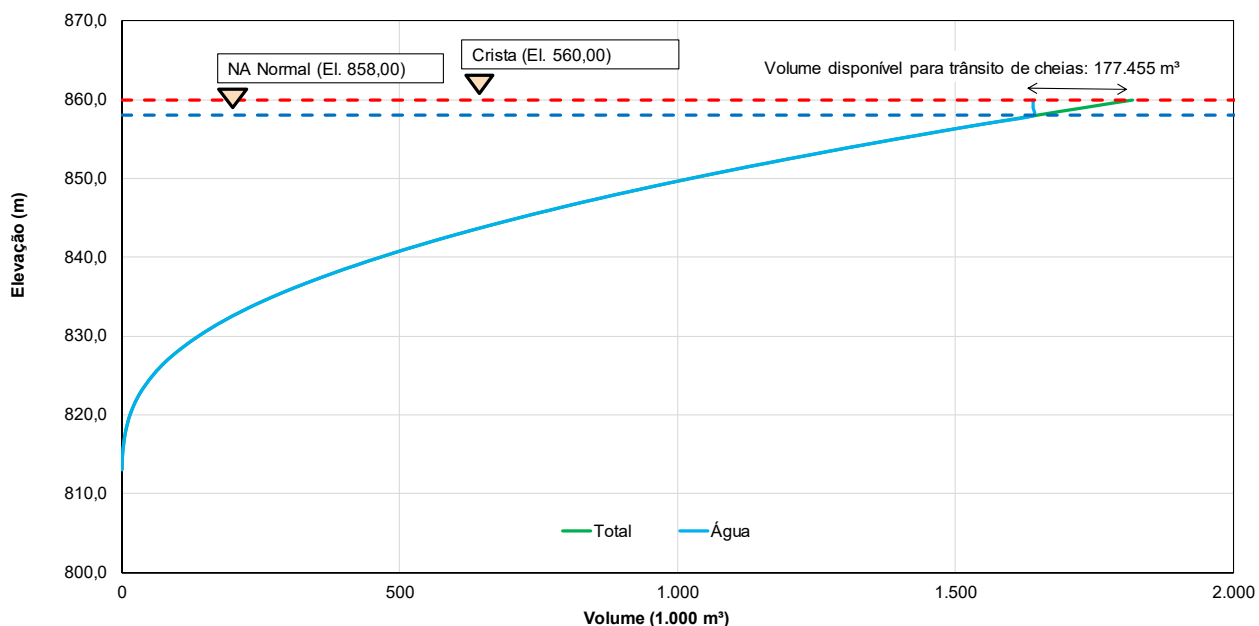


Figura 4.3 – Curva cota x volume da barragem do Vale

Tabela 4.2 – Curva cota x volume da barragem do Vale

ELEVAÇÃO	VOLUME (m³)	ELEVAÇÃO	VOLUME (m³)	ELEVAÇÃO	VOLUME (m³)
813,00	0,00	829,00	117.728,33	845,00	712.999,16
814,00	388,35	830,00	138.067,41	846,00	769.744,92
815,00	1.199,21	831,00	160.379,04	847,00	828.931,41
816,00	2.491,40	832,00	184.757,98	848,00	890.599,75
817,00	4.387,64	833,00	211.364,35	849,00	954.745,27
818,00	6.949,15	834,00	240.408,55	850,00	1.021.306,79
819,00	10.332,53	835,00	271.889,39	851,00	1.090.286,50
820,00	14.661,76	836,00	305.730,98	852,00	1.161.715,03
821,00	20.030,99	837,00	341.910,01	853,00	1.235.573,27
822,00	26.720,24	838,00	380.355,01	854,00	1.311.799,45
823,00	34.913,13	839,00	421.098,05	855,00	1.390.316,64
824,00	44.493,53	840,00	464.119,25	856,00	1.471.140,25
825,00	55.432,96	841,00	509.350,76	857,00	1.554.299,32
826,00	68.065,40	842,00	556.823,43	858,00	1.639.739,60
827,00	82.686,78	843,00	606.581,18	859,00	1.727.383,61
828,00	99.271,62	844,00	658.631,76	860,00	1.817.194,61

 SAM Sul Americana de Metais S/A	 WALM	PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 13/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

O croqui apresentado na Figura 4.4 ilustra o reservatório considerado no estudo de ruptura hipotética da barragem do Vale.

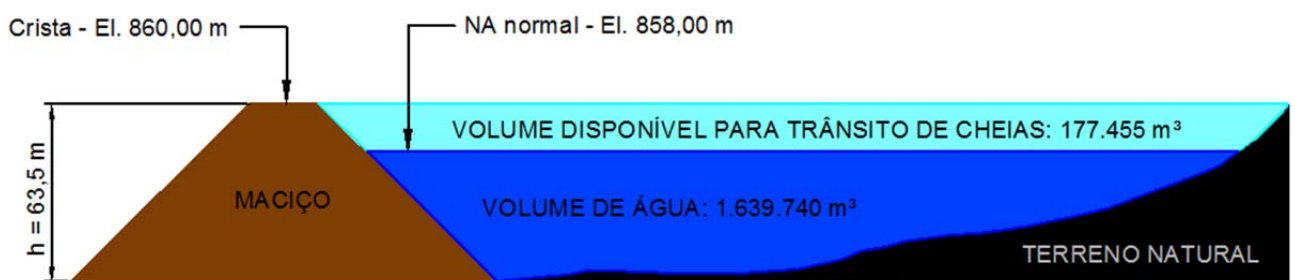


Figura 4.4 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório da barragem do Vale

4.4 BARRAGEM DO RIO VACARIA

A barragem do Rio Vacaria será instalada no rio Vacaria nas coordenadas 757.780,705 E e 8.208.904,681 N. Seu maciço será construído em enrocamento com núcleo de argila. A barragem terá 41,0 m de altura, 307,9 m de comprimento, crista na cota 639,0 m e NA normal na cota 634,0 m.

4.4.1 Curva cota-volume da barragem do Rio Vacaria

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentadas a curva cota-volume da barragem do Rio Vacaria, obtida por meio do arquivo "MINA_BLC8007-1010-O-17-00.dwg", nas suas formas gráfica e tabular, respectivamente.

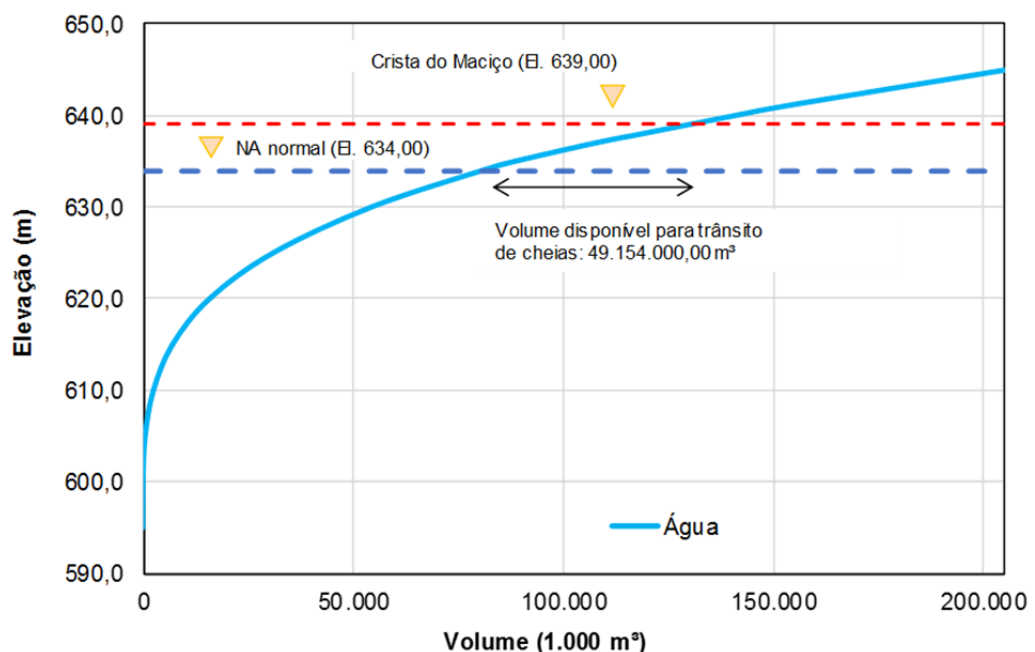


Figura 4.5 – Curva cota x volume da barragem do Rio Vacaria

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 14/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

Tabela 4.3 – Curva cota x volume da barragem do Rio Vacaria

Cota	Volume Total (m ³)
595	-
600	40.000,00
605	560.999,88
610	2.550.917,37
615	7.074.653,44
620	15.897.250,25
625	31.030.436,14
630	54.391.856,80
634	80.775.000,00
635	88.604.000,00
637	107.730.000,00
638	118.829.000,00
640	141.029.000,00
641	152.495.000,00
645	205.725.000,00

O croqui apresentado na Figura 4.6 ilustra o reservatório considerado no estudo de ruptura hipotética da barragem Do Vale.

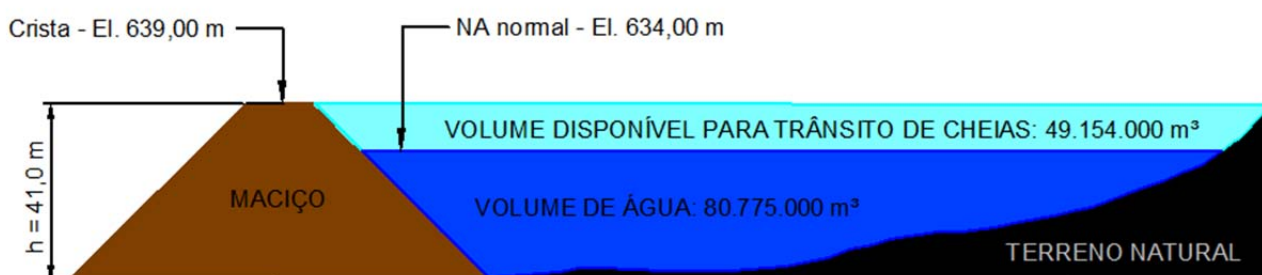


Figura 4.6 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório da barragem do Rio Vacaria (sem escala).

4.4.2 Curva cota descarga da barragem do Rio Vacaria

O vertedouro será constituído por um canal retangular escavado em rocha, posicionado na ombreira esquerda. A soleira do vertedouro foi fixada na El. 634,0 m, com largura de 65,0 m e 4,0 m de lâmina d'água. No final do vertedouro, a dissipação será natural, feita com um trecho horizontal de 20 m de comprimento, com fundo plano na El.598,00 m, para recuperação do nível.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 15/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

A Equação 6.1 foi usada para determinar a curva cota descarga, enquanto a Tabela 4.4 ilustra os valores em forma tabular.

$$Q = C_d LH^{1,5}$$

Equação 6.1

Em que:

- Q = Vazão passante pelo vertedouro, em m³/s;
- C_d = Coeficiente de descarga, adimensional;
- L = Comprimento do vertedouro, em m; e
- H = Altura de lâmina d'água no vertedouro, em m.

Tabela 4.4 – Curva cota descarga da barragem do Rio Vacaria

Elevação (m)	Vazão (m ³ /s)
634,00	0,00
635,00	111,15
636,00	314,38
637,00	577,55
638,00	889,20
639,00	1242,69

5.0 METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS

5.1 SÍNTESE METODOLÓGICA

A metodologia utilizada para o estudo de ruptura hipotética da barragem do Vale pode ser resumida em quatro etapas, a saber:

- Definição dos parâmetros da brecha;
- Determinação do hidrograma de ruptura;
- Propagação da onda de ruptura; e
- Mapeamento de áreas potencialmente inundáveis.

Nos tópicos a seguir são descritas as metodologias utilizadas.

5.2 CENÁRIO DE SIMULAÇÃO

Para a determinação do cenário de simulação, foi adotada a metodologia de estudo de ruptura simplificado, como recomendado no documento “*Dam Safety Guidelines – Dam Break Inundation Analysis and Downstream Hazard Classification*”, elaborado pelo *Washington State Department of Ecology* em julho de 1992 e posteriormente revisado em outubro de 2007.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 16/33
		WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

De acordo com o documento supracitado, a utilização do nível de água no NA normal do barramento, apresenta resultados aceitáveis para estudos dessa magnitude, como o da barragem do Vale. Dessa forma o cenário determinado para a ruptura hipotética foi:

Ruptura da barragem, considerando o nível de água do reservatório fixado no NA normal do barramento no momento da ruptura.

5.3 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

5.3.1 Hipóteses de Ruptura e Modo de Falha

A definição da hipótese de ruptura foi realizada com base na verificação da possibilidade de falha por instabilização da estrutura. Em consequência dessa ruptura ocorre a sobrelevação do nível de água da barragem do Rio Vacaria. Contudo, essa sobrelevação não é suficiente para que ocorra o galgamento da barragem do Rio Vacaria, ou seja, o volume de trânsito de cheias da barragem do Rio Vacaria é capaz de amortecer o hidrograma defluente da ruptura da barragem do Vale.

5.3.2 Definição do Volume de Material Mobilizado

A rupturas das barragens de água, diferentemente das barragens de disposição de rejeito, mobilizam todo o volume disposto em seu reservatório, conforme ilustra a Figura 5.1. Como a barragem do Vale tem como finalidade ser um reservatório de água, todo seu volume é mobilizado para a jusante em caso de uma ruptura.

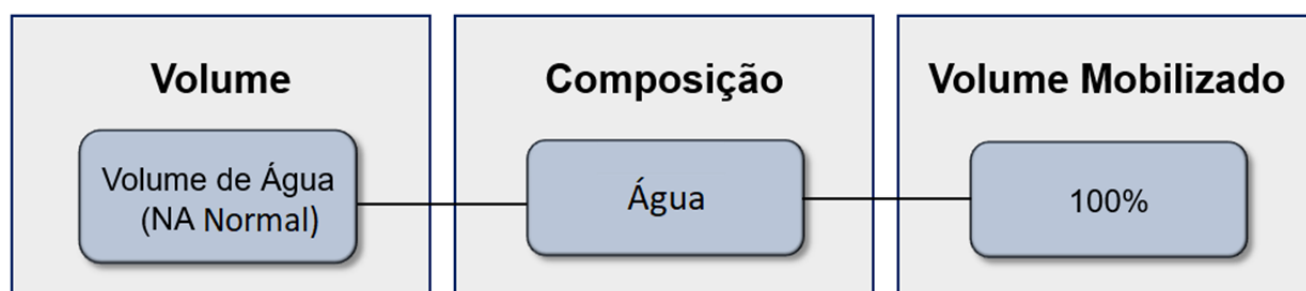


Figura 5.1 – Volume mobilizado pela ruptura da barragem Do Vale

5.3.3 Parâmetros da Brecha

Na ocorrência de uma ruptura em barragem de terra ou enrocamento, a forma final mais frequente das brechas ocasionadas é a trapezoidal, segundo dados históricos sobre o tema (FROEHLICH E TUFAL, 2004).

Uma variedade de ferramentas e métodos está disponível para a previsão de cenários de ruptura de barragens, caracterizando o desenvolvimento da brecha. Para tal é comumente utilizadas formulações matemáticas deduzidas de modo empírico a partir de casos históricos. Cabe ressaltar que as

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 17/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

principais características, obtidas por meio dessas equações, referem-se ao tempo de formação da brecha e largura média da mesma.

Dentre as metodologias disponíveis na literatura aquela desenvolvida por Froehlich é bastante citada para previsão das características da brecha. A mesma foi desenvolvida com base em 63 casos de ruptura de barragens, em 1995. Em 2016 os estudos foram revisados considerando 111 casos de ruptura de barragens.

Neste sentido, por meio das Equações 5.1 e 5.2 pode-se estimar a largura média da brecha e o tempo de formação, respectivamente (FROEHLICH, 2016).

$$B_{ave} = 0,23k_0 V_w^{1/3} \quad \text{Equação 5.1}$$

Em que:

- B_{ave} : Largura média da brecha (m);
- V_w : Volume do reservatório no momento da ruptura (m^3);
- K_0 : Constante equivalente a 1,5 para casos de rompimento por galgamento.

$$T_f = 60 \sqrt{\frac{V_w}{gH_b^2}} \quad \text{Equação 5.2}$$

Em que:

- T_f : Tempo de formação da brecha (s);
- V_w : Volume do reservatório no momento da ruptura (m^3);
- H_b : Altura da brecha (m);
- g : Aceleração da gravidade (m/s^2).

Cabe destacar que, para simular a ruptura do maciço principal por instabilização, foi utilizada a formulação de galgamento prevista por Froehlich para obtenção da geometria da brecha, já que a mesma é considerada conservadora.

5.3.4 Desenvolvimento da Brecha e do Hidrograma de Ruptura

Para a geração do hidrograma resultante da ruptura da barragem foi utilizado o *software* HEC-HMS 3.5, inserindo, como dados de entrada, a curva cota-volume do reservatório da barragem do Vale, além dos parâmetros de formação da brecha.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13		Folha 18/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013		Revisão 03

5.4 PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS

5.4.1 Descrição do Trecho de Propagação

A área a jusante da barragem do Vale é delimitada para o desenvolvimento do estudo (*Dam Break*) é definida pelo rio do Rio Vacaria por, aproximadamente, 25 km de curso de água.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da planta da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura do cenário inicial.

5.4.2 Parâmetros de Resistência

Adotou-se como premissa de projeto a variação do coeficiente de Manning na área a jusante da barragem. Os valores de Manning adotados foram considerando o escoamento apenas como água. Este critério foi adotado visando um estudo conservador do ponto de vista do tempo de chegada da onda, quando comparado a estudos que corrigem o valor do Manning de acordo com a concentração volumétrica do material escoado e, conseqüentemente, obtém maiores valores para este coeficiente. Maiores valores de Manning implicam em menores velocidades para o fluxo, aumentando o tempo de chegada da onda na área a jusante, parâmetro importante para planejamento da evacuação da área afetada.

A Tabela 5.1 apresenta os valores para o coeficiente de Manning para cada tipo de cobertura do solo.

Tabela 5.1 – Coeficiente de rugosidade de Manning.

Cobertura	n
Calha Menor	0,025
Área Urbana	0,070
Mata	0,080
Campo	0,045
Solo Exposto	0,035
Água	0,010

5.4.3 Condições Iniciais e de Contorno

Para a simulação do cenário de simulação foi considerada como condição de contorno de montante o hidrograma de ruptura da barragem e como condição de contorno de jusante foi utilizada a profundidade normal referente à declividade do trecho final.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 19/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

5.4.4 Definição do Critério de Parada

Foi utilizada como premissa para o fim do mapeamento de inundação a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na cava da planta da SAM, assim caso a cava tivesse capacidade de reter o hidrograma de ruptura afluente sem o seu transbordamento a mancha de inundação cessaria na cava. No caso em que ocorresse o transbordamento da cava, foi avaliado a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na barragem do Rio Vacaria. Dessa forma, caso o sistema de vertimento dessa tivesse capacidade de escoar o hidrograma de ruptura afluente sem o seu galgamento, a mancha de inundação cessaria no reservatório da barragem do Rio Vacaria.

5.4.5 Zona de autossalvamento

De acordo com a Portaria no 70.389/2017 do DNPM, a zona de autossalvamento é definida como a região a jusante da barragem que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. De acordo com os critérios da Portaria, a zona de autossalvamento pode ser definida como a maior entre as distâncias atingidas pela mancha hipotética de ruptura da barragem: 30 (trinta) minutos ou 10 (dez) quilômetros.

A distâncias atingida pela mancha hipotética de ruptura da barragem do Vale nos primeiros 30 (trinta) minutos após o início da propagação do hidrograma é de 8,2 km, dessa forma a zona de autossalvamento é definida como 10,0 km a jusante da barragem.

5.4.6 Modelo Matemático-Computacional

Para a propagação de cheias de ruptura (tempo x espaço) e conseqüente definição de áreas potencialmente inundáveis, utilizou-se o software HEC-RAS (*River Analysis System*), em sua versão 5.0.5, desenvolvido pelo HEC-USACE (*Hydrologic Engineering Center – U. S. Army Corps of Engineers*), o qual efetua cálculos de progressão bidimensional do escoamento. Sendo assim, esse software é capaz de determinar as elevações de nível de água e descarga em locais específicos ao longo de um curso de água, baseado na solução das equações de Saint-Venant.

Como dados básicos para o funcionamento do modelo, foi considerada a base topográfica, assim como os hidrogramas calculados.

Para simular a propagação da onda de ruptura, adotou-se uma malha de 15 x 15 e intervalo de tempo computacional (Δt) variando de acordo com o coeficiente de Courant, sendo esse um parâmetro que visa analisar a estabilidade da simulação computacional realizada. Para uma simulação mais estável é indicado que tal coeficiente não ultrapasse 1 (USACE, 2018).

O modelo HEC-RAS necessita da determinação de uma faixa de valores possíveis do coeficiente para a realização da simulação, como sugerido por USACE (2018) foi adotada a faixa entre 0,45 e 1,00 para tal coeficiente. O software ainda necessita da inserção de uma faixa de valores possíveis para o intervalo de tempo para cálculo, sendo essa adotada entre 2,5 e 40 segundos.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 20/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

O cálculo do coeficiente de Courant pode ser realizado pela Equação 5.3 a seguir.

$$C = \frac{v \cdot dt}{l}$$

Equação 5.3

Em que:

- C = Coeficiente de Courant, adimensional;
- v = Velocidade no ponto analisado, em m/s;
- dt = Intervalo de tempo adotado para cálculo, em s, e;
- l = Comprimento da face da célula adotada na simulação, e, m.

5.4.7 Modelo Matemático-Computacional

Em inundações rápidas, como no caso da ruptura de barragens, a velocidade da frente da onda pode ser suficientemente elevada para provocar danos às pessoas, arrastar edificações e estruturas de construção reforçadas. Os principais parâmetros para se classificar os danos são: a área atingida, a profundidade da cheia (H) e a sua velocidade de propagação (V). A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao risco hidrodinâmico, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, dado em m²/s, ilustrando o grau de perigo de uma cheia.

$$\text{Risco Hidrodinâmico} = H \times V$$

Equação 5.3

		<p align="center">PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-13</p>	<p>Folha 21/33</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0013</p>	<p>Revisão 03</p>

5.5 MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO

5.5.1 Seções Transversais de Referência

Foram traçadas seções transversais representativas a jusante da barragem do Vale, para detalhamento dos resultados obtidos na modelagem hidráulica. A

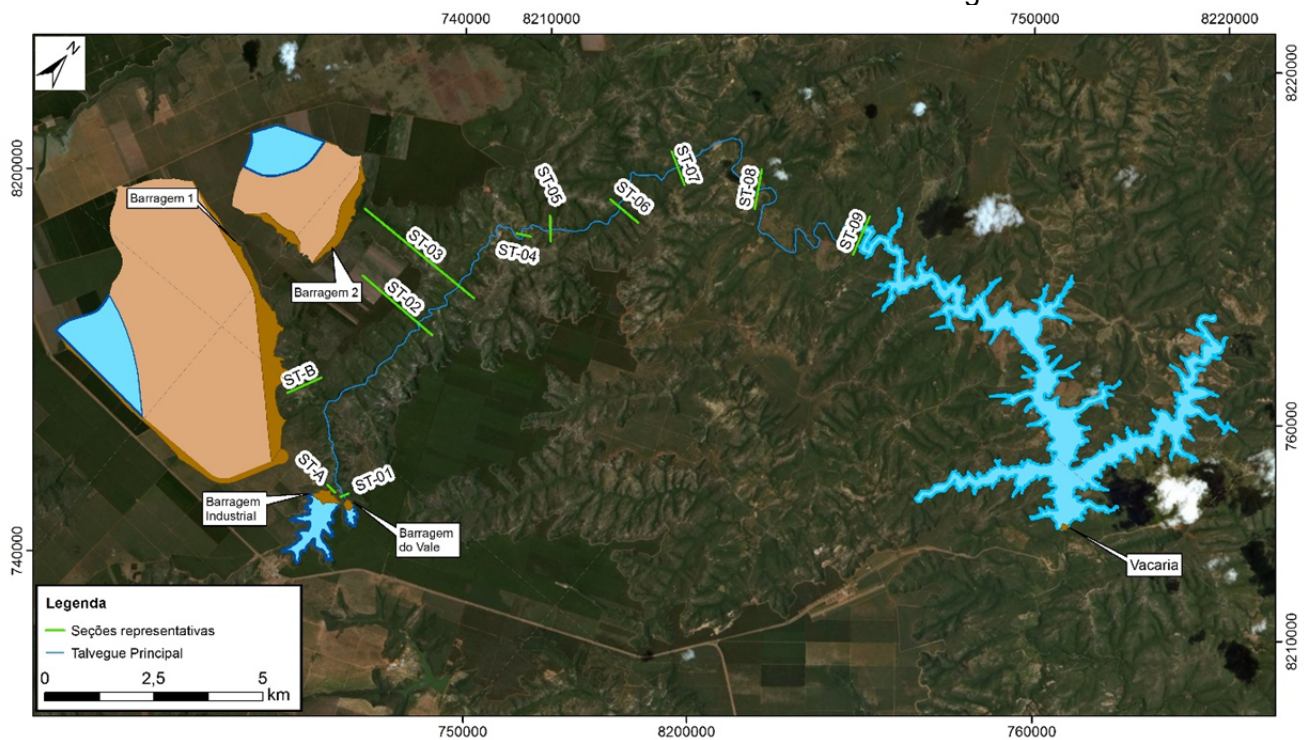


Figura 5.2 a seguir ilustra as seções adotadas.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 22/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

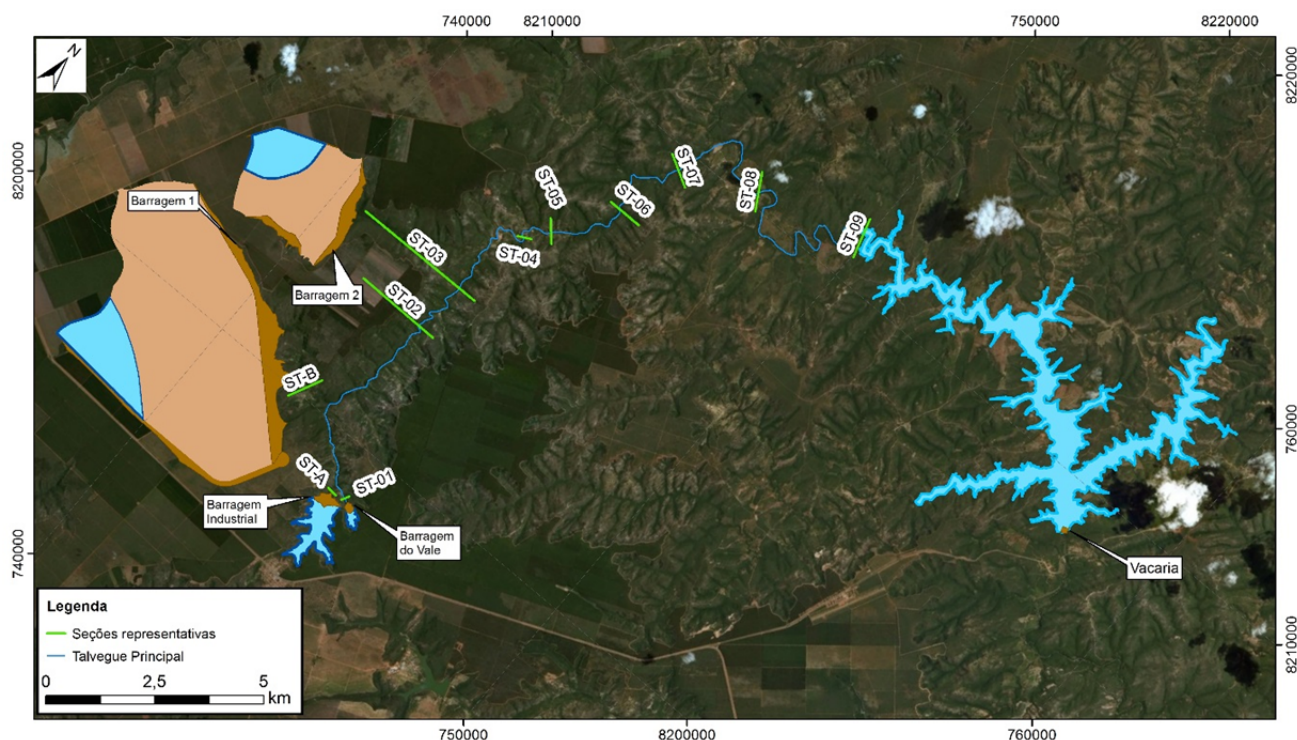


Figura 5.2 – Seções transversais representativas

5.5.2 Parâmetros de Inundação Mapeados

Uma vez que o estudo aqui apresentado visa subsidiar o Plano de Ação Emergencial, são ilustrados nos mapas de inundação provenientes das modelagens hidráulicas da onda de ruptura, os quais contêm dados de envoltória máxima atingida.

6.0 RESULTADOS

6.1 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

Neste item são apresentados os resultados encontrados para os hidrogramas de ruptura defluentes da brecha formada na barragem do Vale, cujo volume no NA normal é de 1.639.739,60 m³. A Tabela 6.1 apresenta uma síntese dos resultados obtidos no cálculo do volume escoado para jusante da barragem do Vale.

Tabela 6.1 – Composição dos volumes para a etapa de propagação.

Parâmetros	Cenário 3
Volume de Água (m³)	1.639.740
Volume da brecha (m³)	183.195
Volume total escoado para jusante (m³)	1.822.935

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 23/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

Os parâmetros de formação da brecha inseridos no modelo hidrológico HEC-HMS para determinação dos hidrogramas de ruptura da barragem do Vale são apresentados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Parâmetros de formação da brecha para determinação dos hidrogramas de ruptura da barragem do Vale.

Parâmetros da Brecha	Barragem Do Vale
Elevação do topo da brecha (m)	860,00
Elevação do fundo da brecha (m)	796,50
NA máximo atingido (m)	858,00
H_d (m)	63,50
H_b (m)	63,50
H_w (m)	61,50
V_w (m ³)	1.639.740
k_0	1,50
z	0,64
B_{ave} (m)	40,68
B_b (m)	0,0
B_t (m)	81,32
t_f calculado (h)	0,25
t_f adotado (min)	15

Na Figura 6.1 é apresentado os parâmetros da brecha para o cenário simulado para a barragem do Vale.

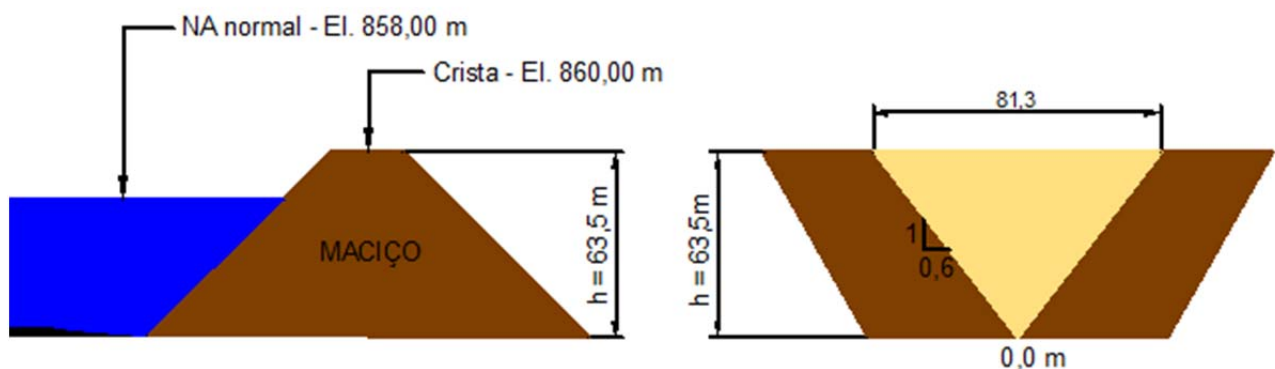


Figura 6.1 – Croqui da brecha – Barragem do Vale

Para obtenção dos hidrogramas defluentes da ruptura hipotética da barragem do Vale foram realizadas simulações das rupturas no *software* HEC-HMS.

PROJETO CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
24/33

MINA

ENGENHARIA

DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA

(DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE

RELATÓRIO TÉCNICO

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03

Os hidrogramas resultantes dessas simulações estão apresentados nas Figura 6.2 e Figura 6.3. Conforme pode ser observado, o valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da barragem do Vale, é de 4.561 m³/s. A vazão de pico afluente ao reservatório da barragem do Rio Vacaria é 42,5 m³/s.

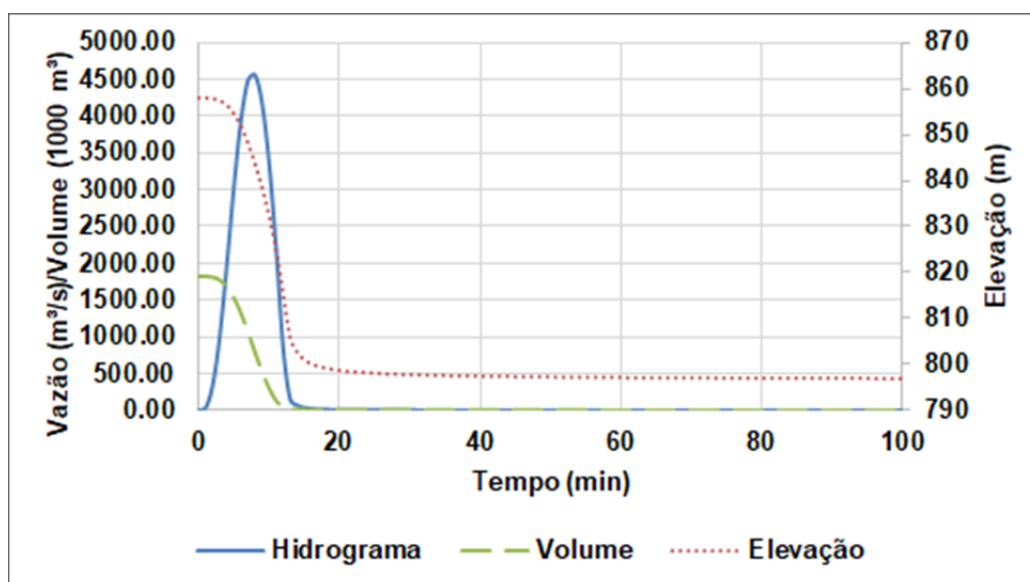


Figura 6.2 – Hidrograma defluente – Barragem do Vale

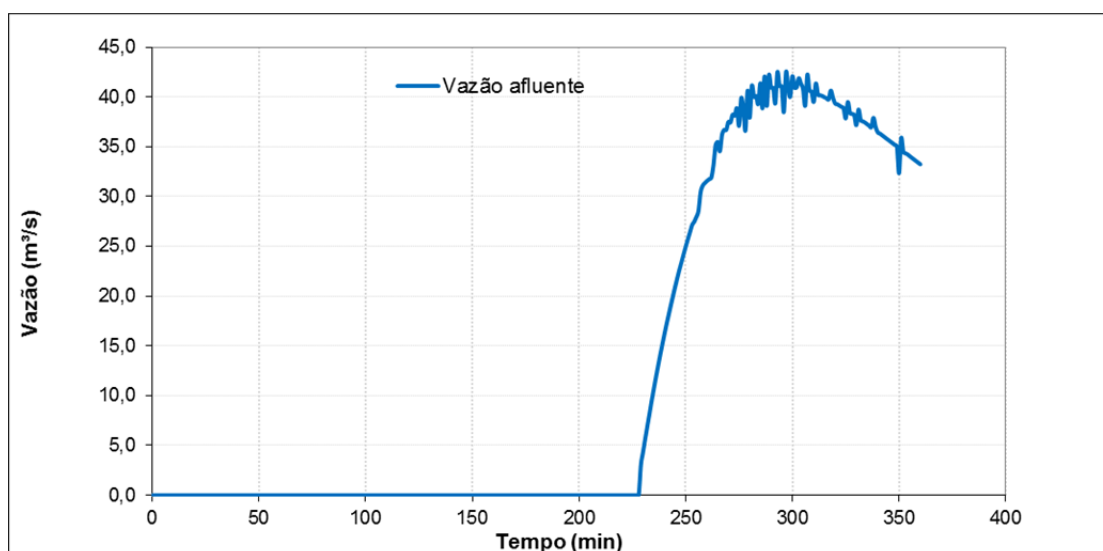


Figura 6.3 – Hidrograma afluente ao reservatório da barragem do Rio Vacaria

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 25/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

6.2 PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS

Os principais resultados da modelagem hidráulica nas seções transversais representativas a jusante para os cenários simulados estão apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e entre a Figura 6.4 e Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Principais resultados da modelagem hidráulica

Seção	Distância da Barragem (km)	Cenário Final						
		Prof. máxima da inundação (m)	Elevação máxima (m)	Vazão de pico do hidrograma (m ³ /s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Risco Hidrodinâmico (m ² /s)
ST-01	0,3	9,7	804	4547	0:2:00	0:40:00	13,2	125,8
ST-02	5,7	8,1	719	1264	0:20:00	2:05:00	5,9	37,0
ST-03	7,3	4,7	704	1114	0:26:00	2:45:00	5,6	26,5
ST-04	10,0	4,6	689	841	0:41:00	4:05:00	2,9	10,0
ST-05	10,9	5,4	683	756	0:47:00	4:35:00	3,4	15,9
ST-06	12,8	2,5	668	622	1:0:00	5:50:00	5,7	13,9
ST-07	15,0	2,2	656	495	1:16:00	7:20:00	4,4	9,8
ST-08	18,3	2,8	645	290	1:48:00	10:15:00	2,4	5,5
ST-09	24,7	1,1	636	42	4:23:00	24:25:00	1,5	1,1



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA
(DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE
RELATÓRIO TÉCNICO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
26/33

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03

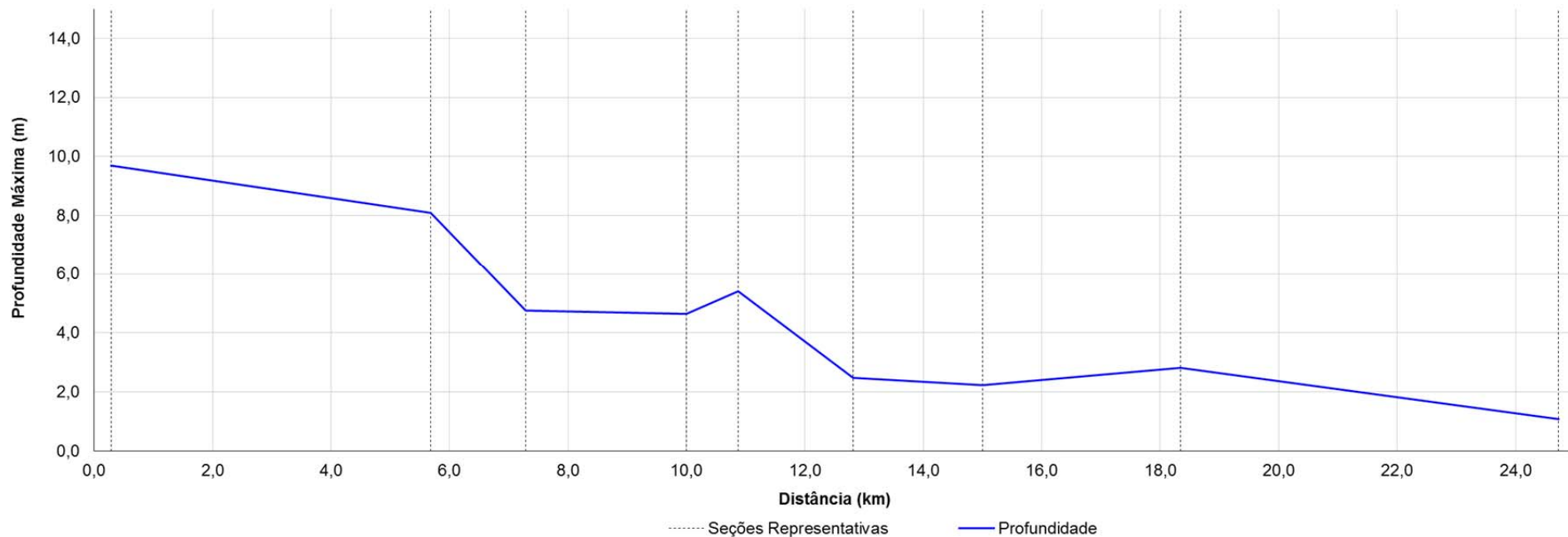


Figura 6.4 – Profundidades máximas encontradas



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA
(DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE
RELATÓRIO TÉCNICO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
27/33

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03

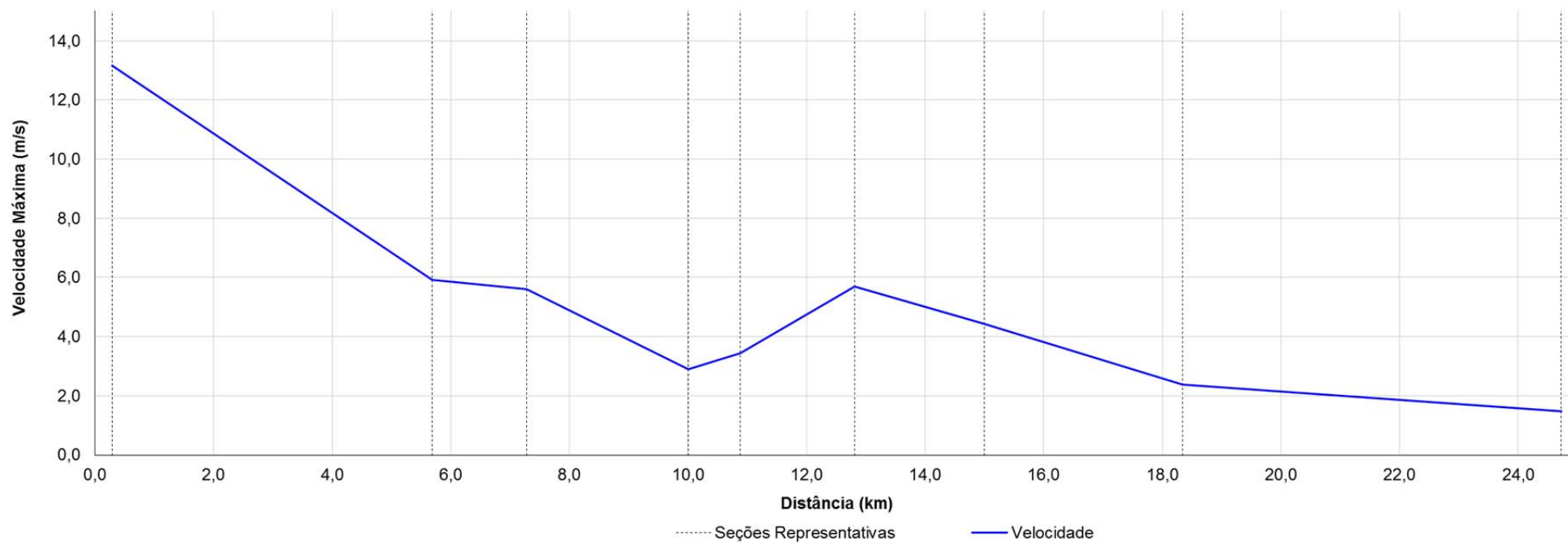


Figura 6.5 – Velocidades máximas encontradas



PROJETO BLOCO 8

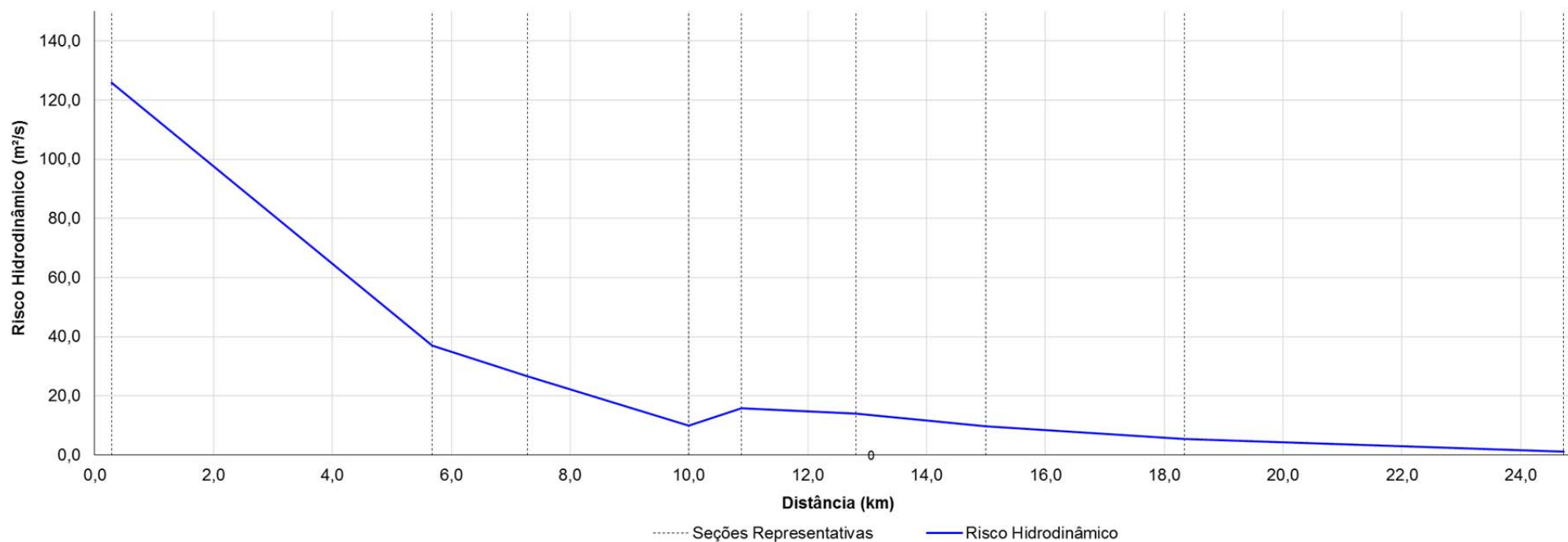
PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA
(DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE
RELATÓRIO TÉCNICO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
28/33

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03



Seções Representativas Risco Hidrodinâmico

Figura 6.6 – Risco Hidrodinâmico máximo encontrado

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA
(DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE
RELATÓRIO TÉCNICO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-13

Folha
29/33

WBH28-17-SAM-RTE-0013

Revisão
03

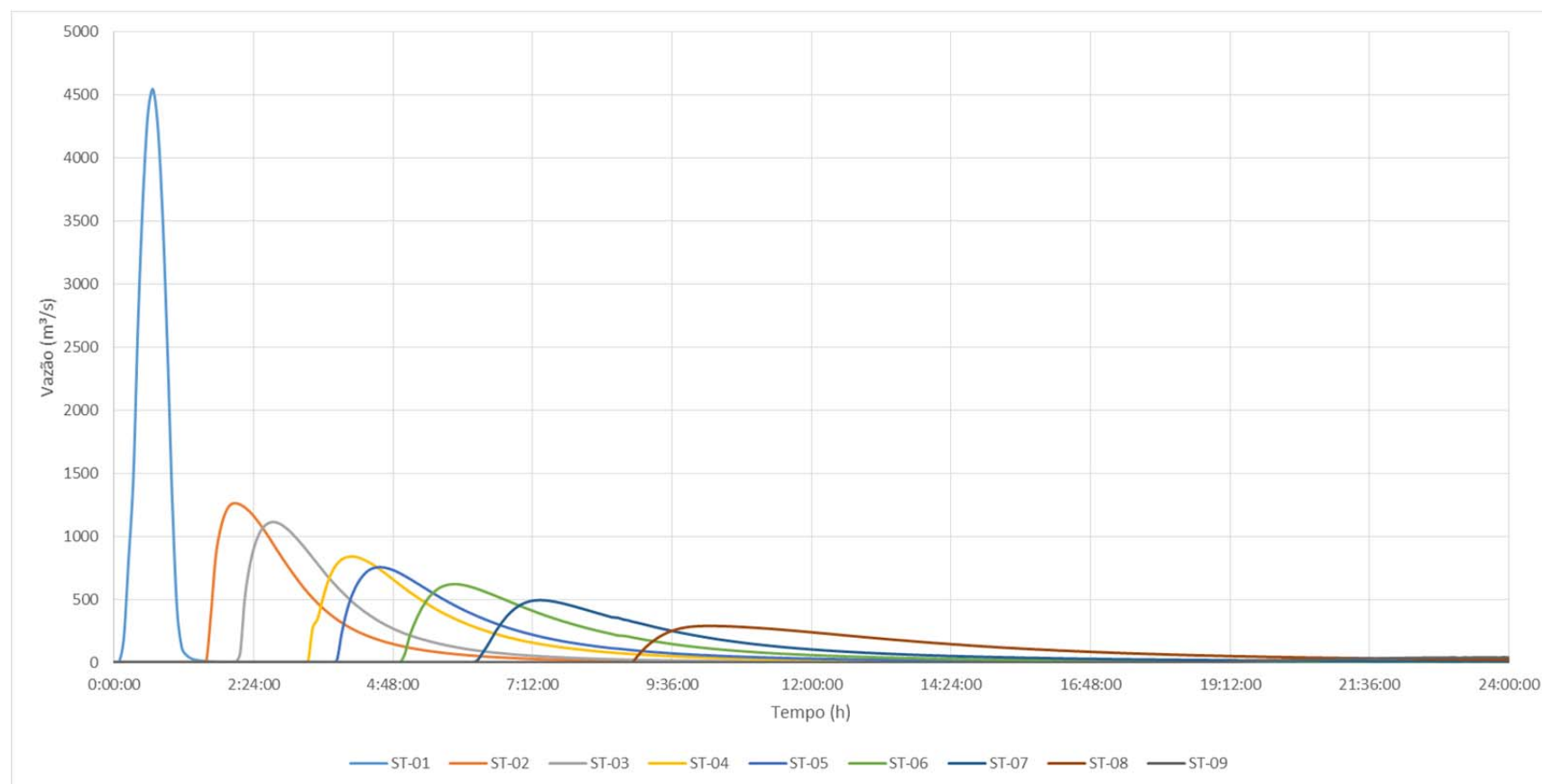


Figura 6.7 – Propagação da onda de ruptura, seções 1 a 9

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>		<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-13</p>	<p>Folha 30/33</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0013</p>	<p>Revisão 03</p>

6.3 REQUISITOS DO CRITÉRIO DE PARADA

O critério de parada da onda de ruptura da barragem do Vale adotado foi à capacidade de amortecimento do reservatório da barragem do Rio Vacaria, que consegue suportar o hidrograma afluente sem o galgamento da mesma.

6.4 DESCRIÇÃO RESUMIDA DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da planta da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura.

6.5 MAPAS DE INUNDAÇÃO

Como resultado dos estudos de Dam Break da barragem Vale, foi gerado um mapa contendo a envoltória máxima de inundação para o cenário simulado.

O mapa produzido, com seu respectivo título e numeração, encontra-se na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Tabela de desenhos

NUMERAÇÃO SAM	NUMERAÇÃO WALM	DESCRIÇÃO
MINA_BLC8007-1010-O-89	WBH28-17-SAM-DWG-0089	BARRAGEM DO VALE ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/01

7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste documento são apresentados os estudos de ruptura hipotética da barragem do Vale.

Os estudos de ruptura hipotética tiveram como foco a determinação do contorno de propagação da onda de ruptura, com a delimitação das áreas potencialmente inundáveis a jusante, de acordo com as premissas, critérios e metodologias descritas no presente documento.

A área a jusante da barragem do Vale delimitada para o desenvolvimento do estudo de ruptura hipotética é definida pelo vale do rio Vacaria.

Para as análises de *Dam Break* da barragem do Vale, foi considerado o cenário de ruptura considerando o nível de água NA normal e modo de falha como instabilização.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 31/33
		WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

Diante dos resultados obtidos a partir da simulação hidráulica da propagação da onda de cheia no vale a jusante da barragem do Vale, é possível tecer os seguintes comentários:

- A máxima velocidade ficou em torno de 13,2 m/s, enquanto a profundidade máxima atingida foi de 9,7 m.
- Foi utilizada como premissa para o fim do mapeamento de inundação a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na barragem de do Rio Vacaria.

Foi verificado que o volume de trânsito de cheias da barragem do Rio Vacaria é capaz de amortecer o hidrograma defluente da ruptura da Barragem do Vale.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da planta da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura.

Os resultados podem ser verificados nos mapas apresentados em Apêndice deste documento.

Recomenda-se para revisões futuras deste estudo de *Dam Break*, a obtenção de seções topobatimétricas do curso d'água a jusante para o refinamento da modelagem hidrodinâmica e das manchas de inundação estimadas. Também se recomenda um levantamento topográfico mais detalhado da região de jusante, para melhor representação dos resultados finais do estudo de ruptura. O recomendável seria a elaboração de um modelo digital de terreno (DEM – *Digital Elevation Model*) obtido a partir de um sistema de perfilhamento a LASER (ALS - *Airborne LASER Scanning*) ou Sistema para Mapeamento do Terreno por LASER Aerotransportado (ALTM - *Airborne LASER Terrain Mapper*).

Salienta-se que o presente estudo não engloba a pluma de turbidez contaminação ao longo dos corpos hídricos. Destaca-se que a mesma possivelmente terá uma extensão superior a mancha de inundação aqui determinada.

Cabe destacar que o Estudo de Ruptura Hipotética de Barragens está sujeito a incertezas e limitação, como por exemplo o dimensionamento e tempo de formação da brecha, definição do volume escoado para jusante, determinação do coeficiente de rugosidade do terreno, dentre outras.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 32/33
		WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

8.0 REFERÊNCIAS

FROEHLICH, D. C., TUFAIL, M. Evaluation and Use of Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties. In PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION OF STATE DAM SAFETY OFFICIALS, Phoenix, 2004, 15 p.

FROEHLICH, D. C. 2008. Embankment Dam Breach Parameter and Their Uncertainties. Journal of Hydraulic Engineering, 2008 ASCE.

FROEHLICH, D. C. 2016. Empirical Model of Embankment Dam Breaching. International Conference on Fluvial Hydraulics. Saint Louis, EUA. 2016.

USACE – U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Brunner: Hydrologic Engineering Center (HEC), 547 p., 2018.

WASHINGTON (MGS Engineering Consultants), Dam Safety Guidelines, Technical Note 1: Dam Break Inundation Analysis and Downstream Hazard Classification, Washington State Department of Ecology Publication, No. 92-55E (revised), Washington, 34 p., 2007.

VON THUN, J. L; GILLETE, D. R. Guidance on Breach Parameters. Não publicado. 1990.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) DA BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-13	Folha 33/33
	WBH28-17-SAM-RTE-0013	Revisão 03

9.0 APÊNDICES