



		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	<b>2/56</b> REV. <b>A</b>

## ÍNDICE

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	OBJETIVO	3
3.0	INFORMAÇÕES BÁSICAS	4
4.0	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTENÇÃO DE REJEITOS	5
5.0	LIMITAÇÕES TÉCNICAS DO ESTUDO	11
6.0	METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS	11
7.0	RESULTADOS	29
8.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
9.0	REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE A - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO A		49
APÊNDICE B - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO B		50
APÊNDICE C - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO C		51
APÊNDICE D - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO D		52
APÊNDICE E - MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO [ <i>AUSTRALIAN RAINFALL AND RUNOFF (ARR)</i> ] – CENÁRIO C		53
APÊNDICE F - MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO [ <i>AUSTRALIAN RAINFALL AND RUNOFF (ARR)</i> ] – CENÁRIO D		54
APÊNDICE G - MAPA DE TEMPO DE CHEGADA DE ONDA – CENÁRIO C		55
APÊNDICE H - MAPA DE TEMPO DE CHEGADA DE ONDA – CENÁRIO D		56

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº VALE		PÁGINA <b>3/56</b>
		Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>		REV. <b>A</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

O presente documento descreve as informações associadas ao estudo de ruptura hipotética (*Dam Break*), denominado Estudo de Inundação<sup>1</sup>, da Barragem de Rejeitos do Mirim (El. 255,00 m), como foco a modelagem hidrodinâmica da propagação da onda de ruptura, com a delimitação das áreas potencialmente inundáveis a jusante da estrutura.

O Estudo de Inundação é subsídio para a elaboração do Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM) e também como ferramenta para identificação, avaliação e quantificação dos danos associados à barragem em caso de ruptura.

Os procedimentos aplicados ao estudo de ruptura hipotética da Barragem de Rejeitos do Mirim estão em consonância com as diretrizes apresentadas pelos órgãos de referência no assunto, como a Agência Federal Americana de Gerenciamento de Emergências (FEMA)<sup>2</sup> e a Divisão de Recursos Hídricos do Estado do Colorado – EUA (*Colorado Division of Water Resources*)<sup>3</sup>, os quais especificam métodos e procedimentos para a geração de mapas de inundação em decorrência de acidentes e rupturas de barragens.

Os itens subsequentes desse estudo descrevem os objetivos do trabalho, as características da área de estudo, a base de dados, os critérios, premissas e metodologias adotadas, bem como apresentam e discutem os resultados obtidos durante a avaliação da ruptura hipotética da Barragem de Rejeitos do Mirim (El. 255,00 m).

## 2.0 OBJETIVO

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

- Caracterizar a área de estudo com a apresentação da região a jusante da barragem;
- Definir os cenários de ruptura hipotética da barragem;
- Apresentar os dados de trânsito de cheias no reservatório;
- Apresentar o estudo de regionalização de vazões;
- Determinar os hidrogramas de ruptura da barragem;
- Apresentar a propagação dos hidrogramas de ruptura ao longo da região a jusante;
- Apresentar o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis a jusante da barragem, das cotas máximas de inundação, velocidades de escoamento e tempos de chegada da onda em pontos representativos da área de estudo.

<sup>1</sup> Nomenclatura da Portaria DNPM Nº 70.389/2017

<sup>2</sup>FEMA. *Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risks Associated with Dam Incidents and Failures*. Julho, 2013.

<sup>3</sup> COLORADO. *Guidelines for Dam Breach Analysis*. Office of the State Engineer Dam Safety Branch. Fevereiro, 2010

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>4/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

### 3.0 INFORMAÇÕES BÁSICAS

#### 3.1 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

A Tabela 1 apresenta a relação de documentos disponibilizados pela VALE para o desenvolvimento dos trabalhos.

Tabela 1 – Documentos de referência utilizados

Tipo	Nome / Descrição	Elaborador	Data de elaboração
<b>Relatório</b>	RT-9002SA-X-00001 – FEL 2 Conceitual – Estudo de Viabilidade – Barragem de Rejeitos – Plano de Disposição de Rejeitos e Balanço Hídrico – 36 MTPA – Relatório Técnico	WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental	Maio/2018
<b>Desenhos</b>	9002SA-X-70642_R-A – FEL 2 Conceitual - Estudo de Viabilidade – Plano De Disposição de Rejeitos – Cenário 13 - Disposição de Rejeitos - 36 MTPA – Planta e Seções	WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental	Maio/2018
<b>Relatório</b>	MC-9002SA-G-00001_Rev4 – Projeto Executivo – Barragem de Rejeitos do Mirim – Geotecnia, Hidrologia, Hidráulica e Estrutural – Memória de Cálculo	BVP Engenharia	Agosto / 2017
<b>Desenhos</b>	9002SA-X-70300 – Projeto Executivo – Barragem de Rejeitos do Mirim – 2ª Etapa de Alçamento da Barragem de Rejeitos – Arranjo Geométrico do Maciço Barragem – Alçamento 1 – Planta	BVP Engenharia	Julho/2017
<b>Desenhos</b>	9002SA-X-70299 – Projeto Executivo – Barragem de Rejeitos do Mirim – 2ª Etapa de Alçamento da Barragem de Rejeitos – Arranjo Geométrico do Maciço Barragem – Alçamento 1 – Seções 01/02	BVP Engenharia	Junho/2017
<b>Altimetria</b>	Aerolevantamento fornecido em arquivos tipo <i>raster</i> mdt_cks_area01_imbituba.tif, mdt_cks_area02_imbituba.tif, mdt_cks_area04_imbituba.tif, mdt_cks_area05_imbituba.tif, mdt_cks_area06_imbituba.tif	Não informado	2017
<b>Relatório</b>	RL-9000SA-X-20000_Rev_0 – Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – Mina do Salobo – Barragem do Salobo – Relatório de Estudo de Ruptura	WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental	Dezembro / 2016
<b>Altimetria</b>	Aerolevantamento fornecido em arquivo tipo <i>raster</i> mdt_cks_acervo_ate2014_imbituba.tif	Não informado	2014

Importante destacar que o trabalho descrito a seguir foi utilizado como referência técnica de seus critérios e premissas, em atendimento à solicitação da VALE:

- “Gestão Integrada de Barragens BMSA - *DAM BREAK 2018 – Alinhamento com Consultorias*”, fevereiro, 2018. Apresentação elaborada pela VALE.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>5/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

### 3.2 REGISTROS HIDROMETEOROLÓGICOS

Para a realização do estudo de chuvas intensas foi selecionada a estação pluviométrica Serra dos Carajás – N5 (650002), pertencente à rede oficial de monitoramento da ANA. A estação está situada no município de Parauapebas, cerca de 53 km do eixo da barragem de Rejeitos do Mirim.

Para determinação das vazões de cheias nas seções fluviais localizadas a jusante da barragem, foram utilizados os máximos anuais de vazões médias diárias registradas na estação fluviométrica Fazenda Alegria (29100000), operada pela ANA. Complementarmente, foi utilizada os dados da estação de monitoramento RSV-02 da Mina Salobo. Os dados da estação foram extraídos do documento RL-9002SA-X-70041.

Na Tabela 2 indicam-se as estações utilizadas nos estudos hidrológicos.

Tabela 2– Estações fluviométricas utilizadas nos estudos.

Código	650002	29100000	RSV-02
Nome	SERRA DOS CARAJÁS - N5	FAZENDA ALEGRIA	RSV-02
Tipo de estação	Pluviométrica	Fluviométrica	Fluviométrica
Rio	-	Rio Itacaiúnas	Igarapé Mirim
Município	Marabá	Marabá	Marabá
Responsável	ANA	ANA	Salobo Metais S.A
Operadora	CPRM	CPRM	Salobo Metais S.A
Latitude	-5.9347	-5.4867	-
Longitude	-50.0692	-49.2214	-
ADRENAGEM (km²)	-	37.600	34,0
Disponibilidade dos dados	4/1985 a 11/2006		9/2003 a 9/2006

### 4.0 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTENÇÃO DE REJEITOS

As informações a seguir foram extraídas do projeto de alteamento da estrutura elaborado pela BVP em 2017 (MC-9002SA-G-00001) e da avaliação da segurança hidráulica da estrutura elaborada pela WALM, também no ano de 2017 (RL-9002SA-G-20003).

A Barragem de Rejeitos do Mirim é uma estrutura integrante do Complexo Carajás, na Mina do Salobo, localizada no município de Marabá, Estado do Pará. A localização da barragem é apresentada na Figura 1.



 <b>VALE</b>		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	PÁGINA <b>6/56</b> REV. <b>A</b>

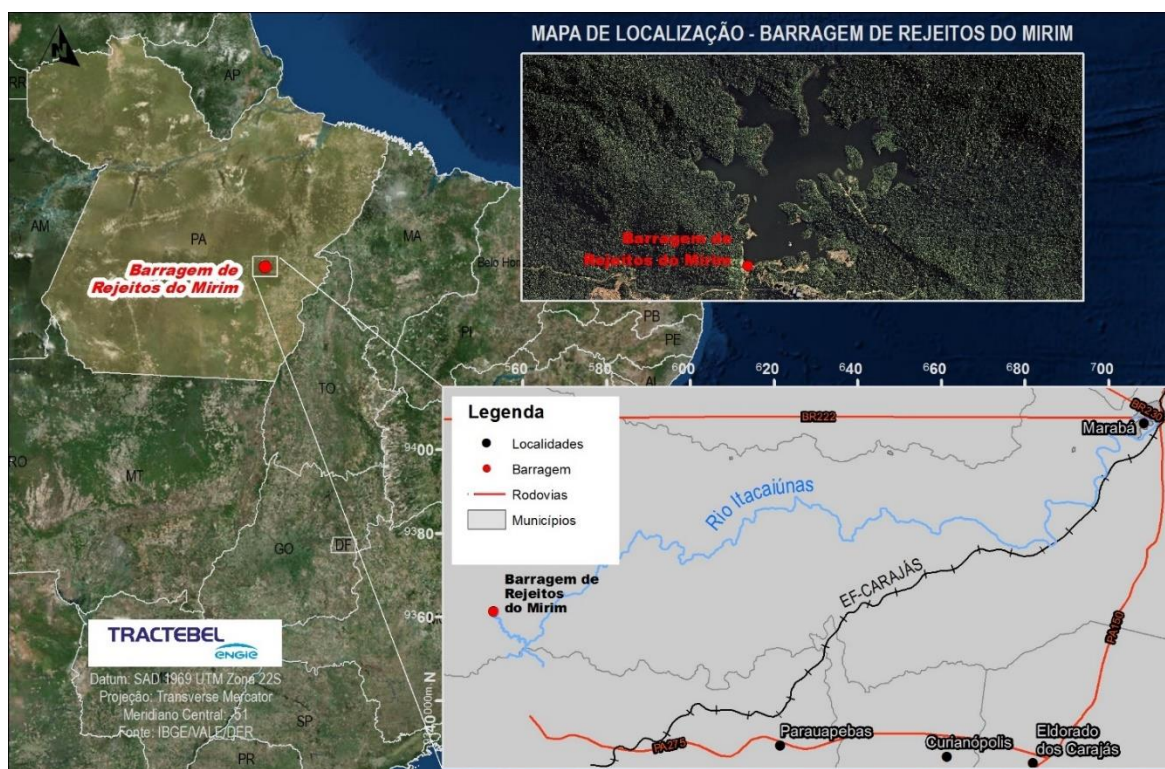


Figura 1 – Localização da Barragem de Rejeitos do Mirim

O acesso à barragem pode ser feito partindo-se de Marabá por via terrestre, pela BR-158 / PA-150, em direção ao sul, por cerca de 100 km até o entroncamento com a PA-275, no Município de Eldorado dos Carajás, de onde se segue em direção a oeste, passando por Curionópolis, até a cidade de Parauapebas. Em Parauapebas toma-se a estrada pavimentada no sentido ao Núcleo Urbano de Carajás (cerca de 25 km) e segue a rodovia por aproximadamente 83 km até a área do Projeto.

A Barragem de Rejeitos do Mirim foi projetada com a finalidade de disposição dos rejeitos provenientes da usina de concentração de minério de cobre do Projeto Salobo e também servir como fonte de captação de água bruta para a operação da usina. Localiza-se na vertente do Igarapé Mirim, próximo à confluência com o Igarapé Salobo.

O projeto inicial foi concebido considerando três etapas de alteamento. Porém, algumas modificações foram necessárias durante o período de implantação da 1ª Fase (elevação de crista 220,00 m), culminando na necessidade de implantação de um maciço de reforço à jusante.

Dessa forma, foi desenvolvido e apresentado pela BVP em 2017, um novo projeto de alteamento da Barragem de Rejeitos do Mirim, conforme apresentado na Memória de Cálculo do Projeto Executivo número MC-9002SA-G-00001. Nesse projeto, o alteamento se dá em três fases distintas. Na primeira fase, a estrutura de alteamento será construída até a elevação El. 235,00 m, ou seja, 15,0 m acima da crista da barragem existente. Na segunda fase, haverá um alteamento até a elevação El. 245,00 m, na terceira fase a crista da barragem atingirá a elevação El. 255,00 m e finalmente El. 285,00 m na quarta fase.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>7/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

#### 4.1 ARRANJO GERAL

O presente estudo considera a terceira fase do alteamento da Barragem de Rejeitos do Mirim, ou seja, com a crista posicionada na El. 255,00 m. Os principais dados da barragem são apresentados na Tabela 3. As informações foram extraídas do documento MC-9002SA-G-00001 e do documento RL-9002SA-X-70041. Nas Figuras 2 e 3 é apresentado o arranjo geral da estrutura para primeira etapa de alteamento (El. 255,00 m), conforme apresentado nos documentos 9002SA-X-70299 e 9002SA-X-70300.

Tabela 3 – Dados Gerais da Barragem de Rejeitos do Mirim para a terceira fase de alteamento (El. 255,00).

Alteamento (27.255,55):

DADOS GERAIS				
Nome da Estrutura:	Barragem de Rejeitos do Mirim			
Coordenadas Geográficas:	Latitude:	05°46'39"S	Longitude:	50°31'19"W
Classificação:	Classe B			
Finalidade:	Contenção de rejeitos e armazenamento de água			
Tipo de Seção:	Homogênea			
Tipo de Fundação:	Saprolito e quartzito			
Curso de Água Barrado:	Igarapé Mirim			
Projetista:	Projeto conceitual: SBC Engenharia (2004); Projeto executivo – Etapa 1: BVP Engenharia (2010); Projeto executivo de reforço: BVP Engenharia (2013). Projeto executivo – Etapa 2: BVP Engenharia (2017).			
Método de Alteamento:	Jusante			
Número de Alteamentos Previstos:	4	Número de Alteamentos Realizados:		1
Volume Atual do Reservatório (m³):	62.425.623,98			
Elevação da Crista (m):	255,00			
Comprimento da Crista (m):	340,00			
Altura Máxima na fase em estudo (m):	72,00			
Drenagem Interna:	Filtros verticais de areia conectados a tapete drenante e filtro inclinado entre o aterro antigo e o novo aterro.			
Vertedouro:	Extravasor de superfície em seção retangular de 3,0 m x 3,0 m (largura x altura) localizado na ombreira direita.			
Cheia de Projeto:	Decamilenar			
Vazão Máxima Afluente (m³/s):	27,7			
Vazão de Projeto (m³/s):	21,1			
NA Máximo Operacional (m):	252,00			
NA Máximo Maximorum (m):	254,57			
Borda Livre (m):	0,43			



 <b>VALE</b>		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>8/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

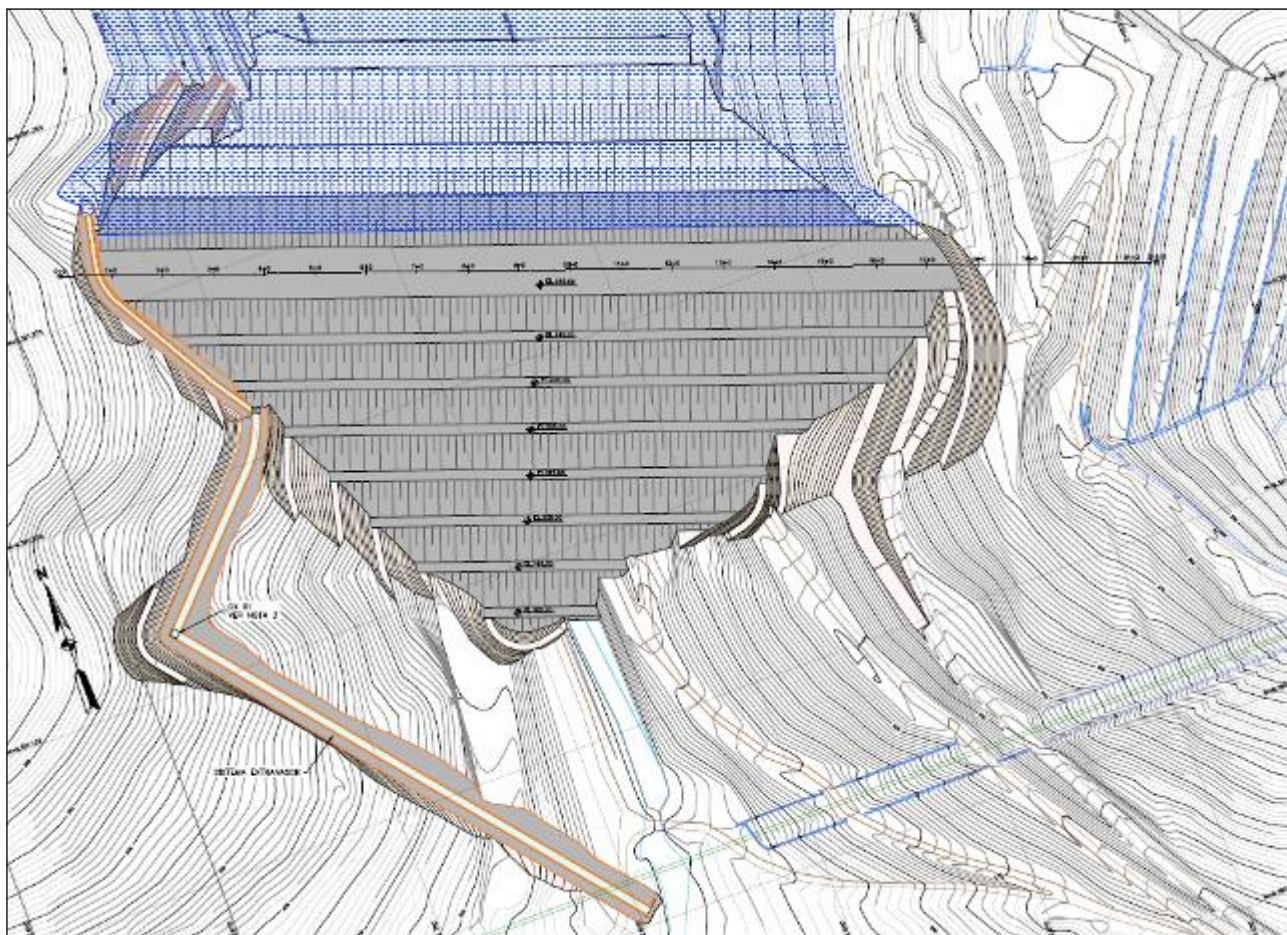


Figura 2 – Arranjo Geral da Barragem de Rejeitos do Mirim (El. 255,00 m) – Planta. Fonte: MC-9002SA-G-00001

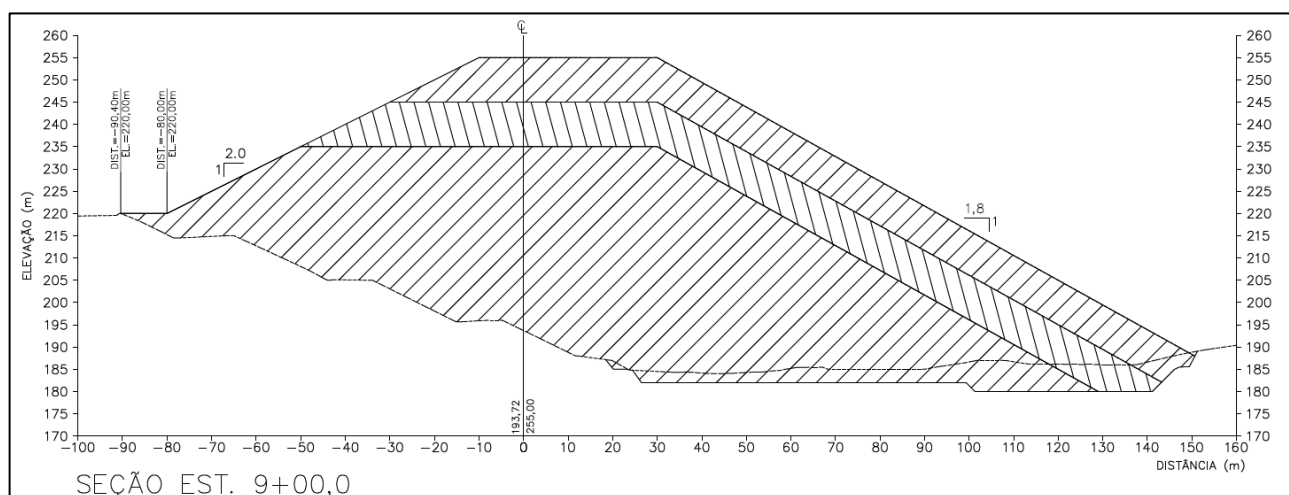


Figura 3 – Arranjo Geral da Barragem de Rejeitos do Mirim (El. 255,00 m) – Corte.



		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  9/56
			Nº TRACTEBEL	REV.
			VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	A

## 4.2 CURVA COTA-VOLUME DO RESERVATÓRIO

A Figura 4 e a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresentam a curva cota-volume primitiva, considerando-se a barragem na elevação 255,00 m. Os dados foram obtidos a partir do documento 9002SA-X-70642\_R-A.

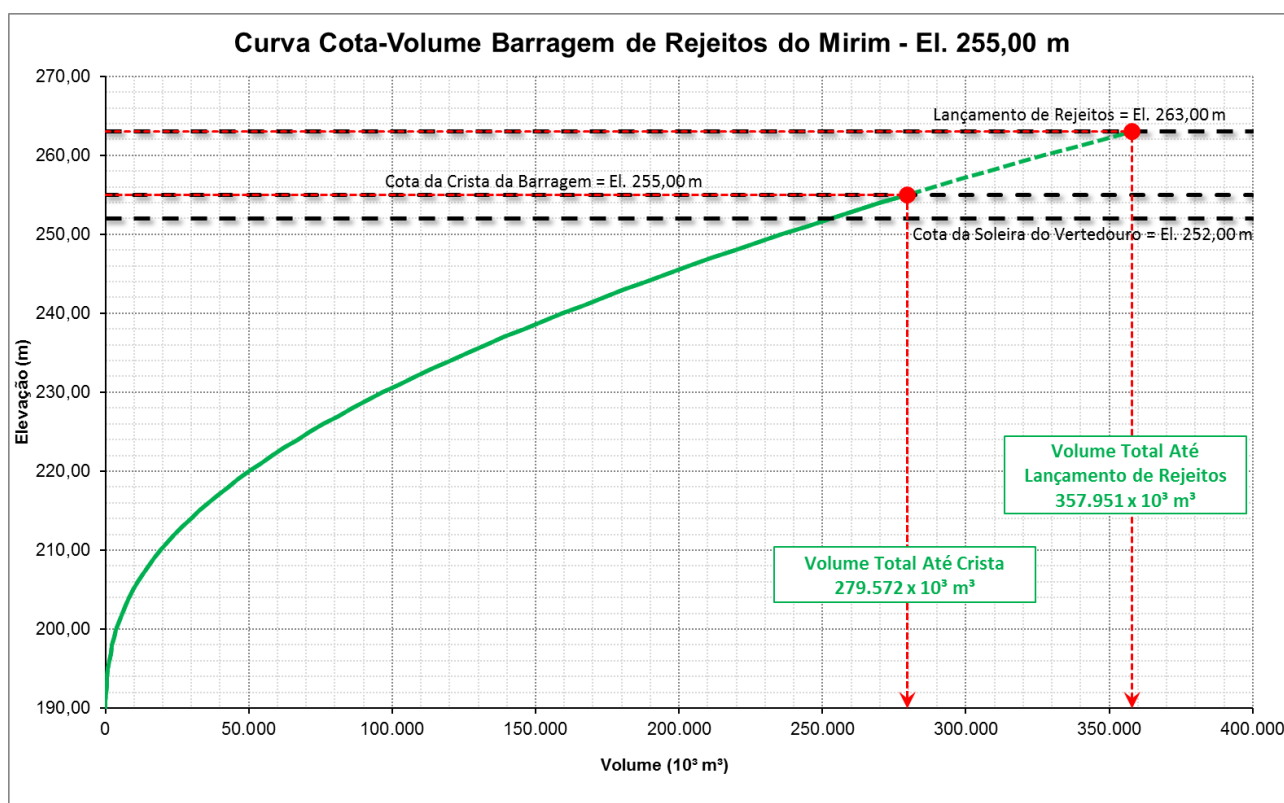


Figura 4 – Curva cota-volume do reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim.

Tabela 4 – Curva cota-volume do reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim.

COTA (m)	VOLUME TOTAL (10³ m³)	COTA (m)	VOLUME TOTAL (10³ m³)	COTA (m)	VOLUME TOTAL (10³ m³)
190	0	215	32.742	240	159.458
191	128	216	35.937	241	166.485
192	275	217	39.281	242	173.643
193	438	218	42.750	243	180.921
194	616	219	46.360	244	188.319
195	906	220	50.120	245	195.864
196	1.349	221	54.137	246	203.571
197	1.849	222	58.240	247	211.422
198	2.398	223	62.474	248	219.409
199	2.999	224	66.838	249	227.531
200	3.769	225	71.376	250	235.813
201	4.747	226	76.124	251	244.272
202	5.822	227	81.053	252	252.883
203	6.976	228	86.129	253	261.632
204	8.210	229	91.350	254	270.518

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>10/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

COTA (m)	VOLUME TOTAL (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	COTA (m)	VOLUME TOTAL (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	COTA (m)	VOLUME TOTAL (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
205	9.638	230	96.762	255	279.572
206	11.299	231	102.403	256	288.807
207	13.094	232	108.191	257	298.192
208	15.001	233	114.104	258	307.720
209	17.021	234	120.139	259	317.386
210	19.270	235	126.326	260	327.243
211	21.680	236	132.702	261	337.318
212	24.240	237	139.207	262	347.564
213	26.929	238	145.833	263	357.951
214	29.747	239	152.577		

#### 4.3 SISTEMA EXTRAVASOR

De acordo com o projeto executivo (MC-9002SA-G-00001), o sistema extravasor da barragem está localizado na ombreira direita. O emboque é em seção retangular de concreto armado com soleira do tipo espessa e dimensões que variam de acordo com a fase de alteamento.

Especificamente para a fase com crista na El. 255,00 m, o emboque projetado pela BVP possui base de 2,00 m, altura de 3,00 m. Porém, com a revisão do Plano de Disposição de Rejeitos, as dimensões projetadas não seriam capazes de laminar as cheias associadas a TR=10.000 anos. Desta forma, adotou-se a geometria projetada para os alteamentos anteriores (3,00 m x 3,00 m) com soleira vertente fixada na EL. 252,00 m.

#### 4.4 PARÂMETROS BÁSICOS DOS REJEITOS ARMAZENADOS

O material sólido que se encontra depositado na Barragem de Rejeitos do Mirim é resultado do processo de beneficiamento do minério de cobre. A Tabela 5 apresenta as características físicas do rejeito, obtidas do relatório de Plano de Disposição de Rejeito desenvolvido pela WALM “RT-9002SA-X-00001”, emitido em maio de 2018.

Tabela 5 – Características dos Rejeitos dispostos no reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim.

Parâmetro	Unidade	Valor
Peso específico dos sólidos	t/m <sup>3</sup>	3,56
Teor de sólidos da polpa de rejeitos	%	28,06 a 28,37
Peso específico saturado da polpa	t/m <sup>3</sup>	1,25 a 1,26
Teor de sólidos do rejeito adensado	%	80,00
Peso específico saturado do rejeito adensado	t/m <sup>3</sup>	2,35

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  <b>11/56</b>
			Nº TRACTEBEL  <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV.  <b>A</b>

## 5.0 LIMITAÇÕES TÉCNICAS DO ESTUDO

O estado da arte dos estudos de ruptura hipotética de barragens caracteriza-se por uma área de estudos relativamente recentes e que se encontram ainda em desenvolvimento e aperfeiçoamento.

Dessa forma, ainda não há uma rotina de cálculos e procedimentos amplamente desenvolvida e consolidada na comunidade científica internacional, conforme pode ser verificado para outras áreas da engenharia. Portanto, algumas premissas foram implementadas em conjunto com a VALE como, por exemplo, a definição do volume mobilizado para jusante. Esse volume defluente do reservatório corresponde à variável de maior peso na definição do hidrograma de ruptura, devendo ser revisto sempre que estudos adicionais demonstrarem a possibilidade de alteração do percentual de rejeito mobilizado.

Existem diversas equações para a estimativa da brecha de ruptura, que obviamente carregam incertezas quanto ao tempo de formação da mesma, assim como a sua geometria final.

Com relação às condições dos rios a jusante, momentos antes do início da ruptura, não há critérios pré-definidos para definição do escoamento de base para a propagação da onda de ruptura. Martin *et al.* (2015)<sup>4</sup> realizaram a compilação de dezenas de estudos de ruptura hipotética desenvolvidos entre os anos de 2014 e 2015 e constataram que a vazão de base aplicada nos cursos de água a jusante variou de “TR 2 anos” à “Cheia Máxima Provável”. Essa ampla variação denota a falta de critérios e a dificuldade em se estabelecer um padrão técnico e um referencial para comparações futuras.

Em muitos casos, a propagação de rejeito poderia ser classificada como escoamento hiperconcentrado. Entretanto essa caracterização depende de parâmetros reológicos de elevada complexidade. Adicionalmente, ainda há a dificuldade de se definirem os respectivos parâmetros de resistência associados a esse tipo de escoamento, e em função disso adota-se a premissa de **propagação como água**.

Dessa forma, com a descrição apresentada, fica evidenciada a existência de incertezas associadas às premissas adotadas.

## 6.0 METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS

### 6.1 SÍNTESE METODOLÓGICA

Os estudos de ruptura hipotética iniciaram-se com a consolidação dos dados e informações gerais fornecidos pelo cliente, a partir da qual foram definidas as premissas juntamente com a equipe técnica da VALE.

<sup>4</sup> MARTIN, V. et al. *Challenges with conducting tailings dam breach studies, Proceedings of Tailings and Mine Waste Conference*. Outubro, 2015

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  	PÁGINA <b>12/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

Após etapa de consolidação de dados, procedeu-se desenvolvimento dos estudos de ruptura hipotética, que podem ser sintetizados nas etapas listadas no diagrama da Figura 5.

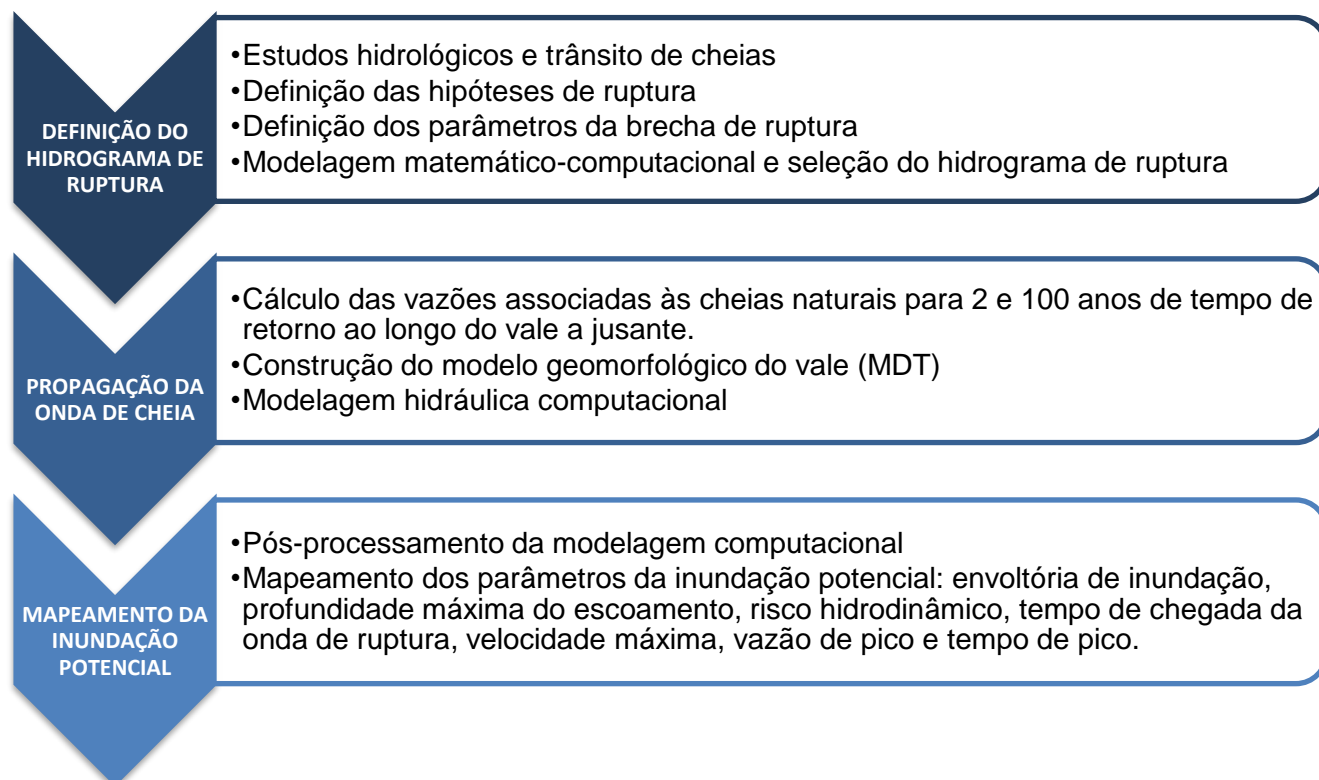


Figura 5 – Principais etapas de desenvolvimento dos estudos de ruptura hipotética

## 6.2 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

A seguir, estão apresentados os cenários de simulação considerados no presente trabalho, definidos em conjunto com a VALE:

- **CENÁRIO A – Estimativa da inundação referente à cheia natural ordinária**

Este cenário foi utilizado como base para a simulação do cenário C (ruptura em dia seco), considerando como cheia média ordinária, aquela característica da definição da calha do rio, aproximadamente igual a 2 anos. Dessa forma, estima-se que o incremento de vazão associado a este cenário, corresponda especificamente à ruptura da barragem, já que o rio estará em condições de escoamento com seção plena.



		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>13/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

- **CENÁRIO B – Estimativa da inundação referente à cheia natural severa**

Este cenário foi utilizado como base para a simulação do cenário D (ruptura em dia chuvoso), considerando a cheia de 100 anos, como condição antecedente à ruptura da barragem nos trechos de rio a jusante.

- **CENÁRIO C – Ruptura da barragem em dia seco (*sunny day*)**

Esse cenário considera a ausência de cheia afluyente e precipitação direta no reservatório, admitindo como condição base dos rios a jusante, aquelas especificadas no cenário A.

- **CENÁRIO D – Ruptura da barragem em dia chuvoso (*rainy day*)**

Ruptura em dia chuvoso com a passagem da cheia decamilenar (TR 10.000 anos) no reservatório, considerando como cenário base a jusante, aquelas especificadas para o cenário B. O cenário de propagação do rompimento considerou a sobreposição dos efeitos do hidrograma de ruptura hipotética, em dia chuvoso (*Rainy Day*), com o hidrograma de cheia natural, associado ao tempo de recorrência anual de 100 anos, ao longo do vale a jusante.

## 6.3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

### 6.3.1 Caracterização da bacia de contribuição

A sub-bacia hidrográfica da Barragem de Rejeitos do Mirim possui uma área de drenagem de 33,25 km². O talvegue principal da sub-bacia possui uma extensão de aproximadamente 6,11 km declividade média equivalente igual a 1,85%. O uso do solo e cobertura vegetal da sub-bacia é definido predominantemente por floresta (vegetação densa).

A Figura 6 apresenta a caracterização da área de drenagem da barragem. Para o uso e ocupação do solo na área do reservatório, considerou-se o Plano de Disposição de Rejeitos (9002SA-X-70642\_R-A.dwg) com nível de água na soleira do vertedouro (El. 252,00 m). Na Tabela 6 estão elencados os parâmetros da bacia utilizados na simulação hidrológica chuvosa.

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  14/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

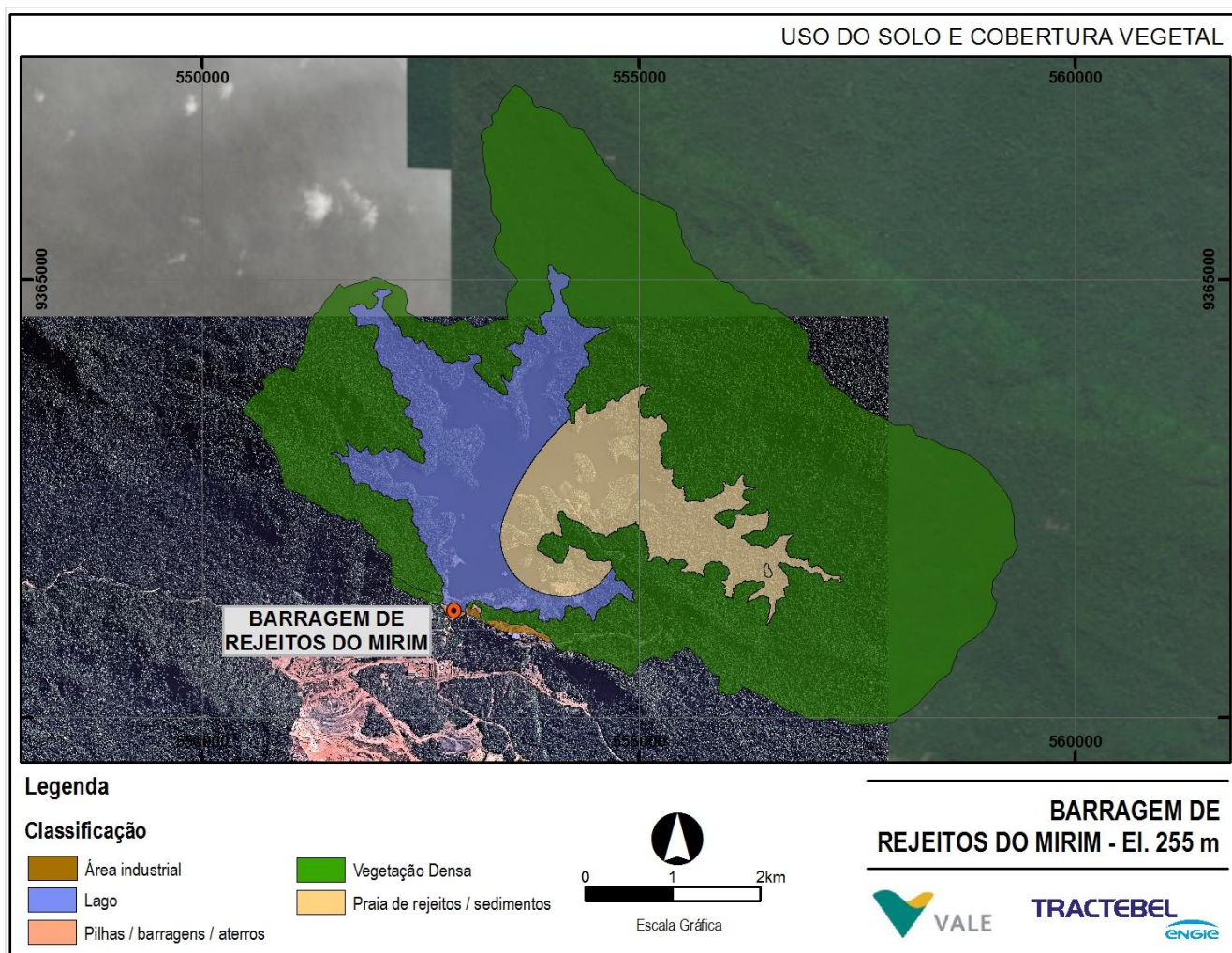


Figura 6 – Caracterização da sub-bacia hidrográfica da Barragem de Rejeitos do Mirim.

Tabela 6 – Parâmetros da sub-bacia da Barragem de Rejeitos do Mirim

Parâmetros da Bacia – Barragem de Rejeitos do Mirim	
AD (km²)	33,25
CN <sub>Ponderado</sub>	60,1
I <sub>a</sub> (mm)	33,7
L - Comprimento do Talvegue Principal (km)	6,11
Declividade Média Equivalente (%)	1,85
t <sub>c</sub> (min)	104,5
R - Clark (min)	76,7

Na Tabela 6 tem-se que:

(AD) denota a área de contribuição da sub-bacia da barragem de Rejeitos do Mirim, delimitada a partir das bases topográficas disponibilizadas pela VALE, em km²;

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>15/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

( $CN_{pond}$ ) denota Número da Curva Índice, o qual depende do uso e ocupação do solo nos terrenos da bacia de contribuição e representa um parâmetro do método utilizado para a transformação dos hietogramas totais em efetivos.

( $I_a$ ) denota a abstração inicial ocorrida nos terrenos da bacia de contribuição, calculada por meio do ( $CN$ ) e também utilizada na transformação dos hietogramas totais em efetivos;

( $t_c$ ) denota o tempo de concentração da bacia, aqui calculado pela média aritmética dos valores determinados pelas equações de *Kirpich* e *G.B. Williams*;

( $R$ -Clark) representa o coeficiente de armazenamento de Clark. É uma medida do armazenamento temporário da precipitação efetiva na bacia antes que ela atinja o exutório. O coeficiente  $R$  é estimado pela equação Sabol (1988):

$$\frac{t_c}{R} = 1,46 - 0,0867 \frac{L^2}{AD}$$

Considerando-se que a bacia apresenta solos pertencentes ao Grupo Hidrológico B (PVA4 – Argissolo Vermelho-Amarelo)<sup>5</sup> e condição de umidade antecedente II, o  $CN$  adotado foi ponderado para cada área, conforme apresenta a Tabela 7:

Tabela 7 – Valores de referência do parâmetro  $CN$  (condição de umidade antecedente II)

Tipo de cobertura	Solo Tipo B
Vegetação Densa	55
Rejeito	90
Área industrial	82
Pilhas/barragens/aterros	61

### 6.3.2 Hidrograma da cheia natural

Para a determinação da série de vazões no vale a jusante da Barragem de Rejeitos do Mirim, foi realizada uma regionalização pelo método *Index Flood*, tal como proposto por Dalrymple (1960)<sup>6</sup>. A regionalização se dá a partir da correlação entre a vazão média de longo termo ( $Q_{MLT}$ ) da estação fluviométrica Fazenda Alegria (código 29100000) e da estação de monitoramento RSV-02 da Mina Salobo em função da área de drenagem das mesmas.

<sup>5</sup> A classificação do grupo hidrológico do solo foi fundamentada na publicação “Desenvolvimento de Critérios para Classificação Hidrológica de Solos e Determinação de Valores de Referência para o Parâmetro  $CN$ ” por **Sartori (2010)**.

<sup>6</sup> DALRYMPLE, T. (1960). Flood-frequency analyses, Manual of Hydrology: Part 3, Water Supply Paper.



		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>16/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

Os dados da estação RSV-02 foram extraídos da Revisão do Balanço Hídrico do Projeto de Alçamento da Barragem de Rejeitos do Mirim - VL 080-16-C-BA-RT-07-724, elaborado pela BVP em novembro de 2017. Já a estação Fazenda Alegria compõe o sistema de informações hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA).

A Tabela 8 apresenta um resumo dos dados das estações utilizados na regionalização de vazões.

Tabela 8 – Características das estações de referência.

Estação	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>TR2</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>TR2</sub> /Q <sub>MLT</sub>	Q <sub>TR100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>TR100</sub> /Q <sub>MLT</sub>
Fazenda Alegria (29100000)	37.500	534	1.962	3,68	4.192	7,86
RSV-02	34,0	0,726	2,67	3,68	-	-

Para a estação Fazenda Alegria foi efetuada uma análise de frequência da amostra vazões diárias máximas anuais, sendo selecionado o ajuste da distribuição de probabilidades teórica de Gumbel.

Os quantis de vazões com os tempos de retorno de interesse para o presente estudo foram então transferidos para as seções do vale a jusante por meio do método *Index Flood*. A divisão das sub bacias é apresentada na Figura 7. A Tabela 9 apresenta as vazões incrementais calculadas para cada sub bacia.

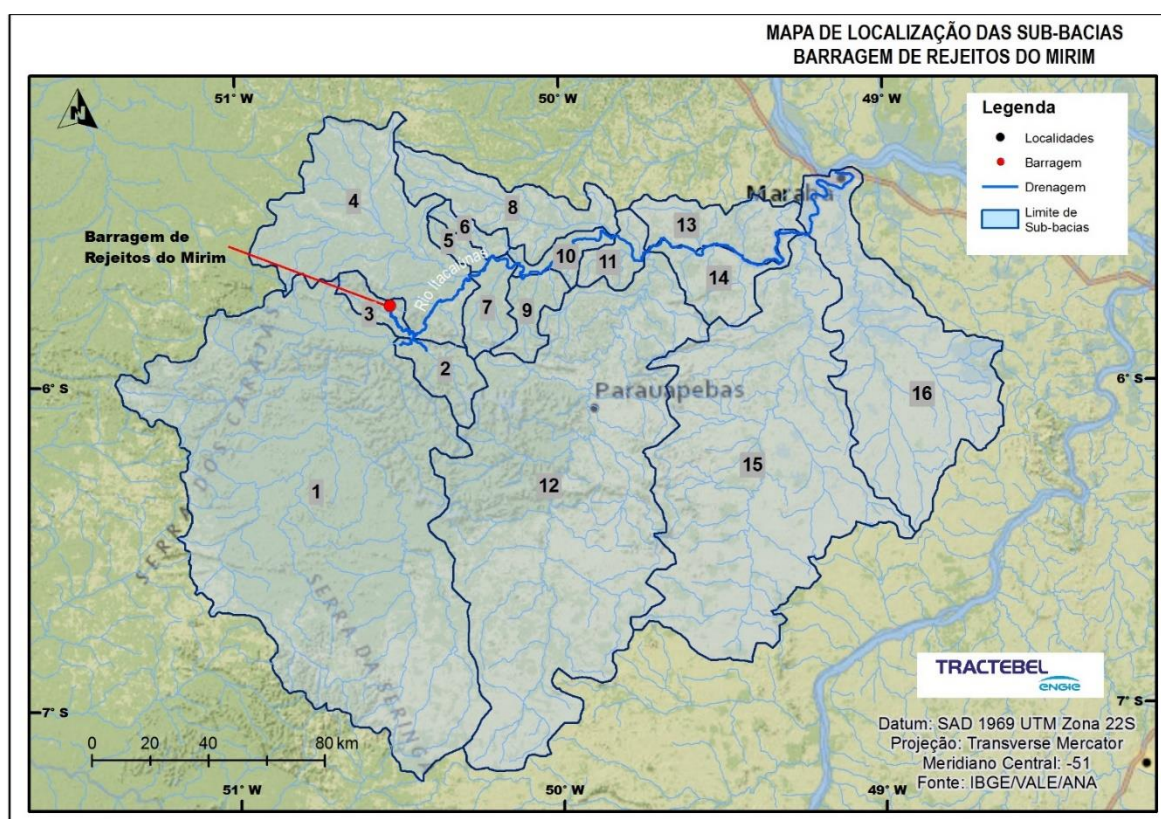


Figura 7 – Divisão das sub bacias utilizadas para cálculo das vazões incrementais



		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	PÁGINA <b>17/56</b> REV. <b>A</b>

Tabela 9 – Estimativas das cheias naturais nas bacias incrementais

Bacia Número	Curso d'Água	Área de Drenagem (km²)	Q <sub>MLT</sub> (m³/s)	Q <sub>TR2</sub> (m³/s)	Q <sub>TR100</sub> (m³/s)
1	Rio Itacaiúnas	12.438	177	651	1.392
2	Rio Azul	474	6,98	25,7	54,9
3	Igarapé Salobo	238	3,63	13,3	28,5
4	Rio Tapirapé	2.970	42,5	156	334
5	Sem Nome (ME)	142	2,27	8,34	17,8
6	Sem Nome (ME)	170	2,67	9,80	20,9
7	Rio Madeira	471	6,94	25,5	54,5
8	Rio Preto	1.286	18,53	68,1	146
9	Grotão da Arraia	434	6,42	23,6	50,4
10	Incremental (MD)	387	5,74	21,1	45,1
11	Córrego Tracuá	281	4,24	15,6	33,3
12	Rio Parauapebas	9.607	137	503	1.075
13	Rio Cajé	867	12,6	46,2	98,8
14	Rio da Onça	776	11,3	41,5	88,6
15	Rio Vermelho	7.074	101	371	792
16	Rio Sororó	3.840	54,9	202	431

De forma a representar o incremento das vazões no vale a jusante, foi elaborado o diagrama topológico apresentado na Figura 8.

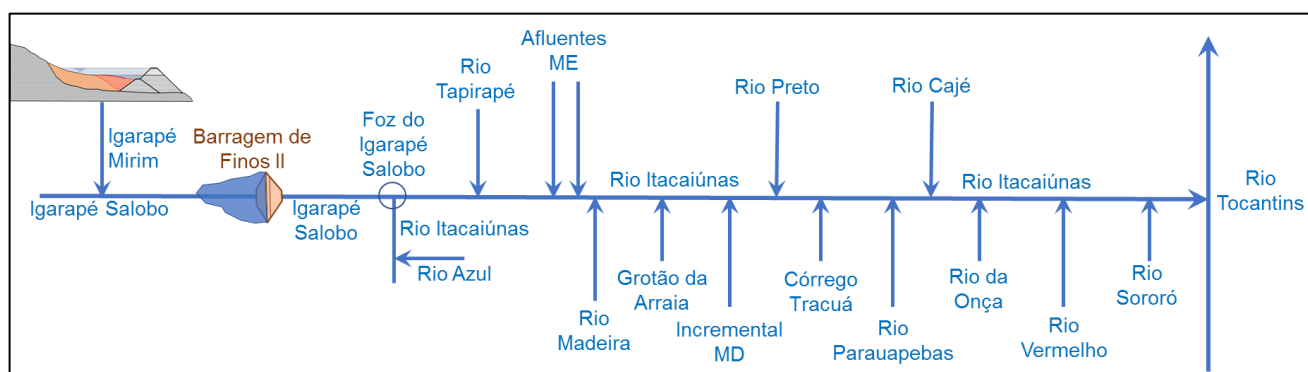


Figura 8 – Diagrama topológico das contribuições incrementais no vale a jusante.

### 6.3.3 Chuvas Intensas

Para determinar as relações precipitação-duração-frequência (PDF) das precipitações na área de estudo foram realizadas análises de frequência dos máximos anuais de chuvas de durações entre 1 e 60 dias da estação pluviométrica Serra dos Carajás – N5 (650002). A distribuição teórica de Gumbel foi selecionada devido à boa qualidade do seu ajuste às amostras.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº VALE		PÁGINA <b>18/56</b>
		Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>		REV. <b>A</b>

O cálculo das precipitações de 24 horas de duração a partir das precipitações diárias foi realizado aplicando-se o fator multiplicativo de 1,095. A desagregação das chuvas de 24 horas em quantis de durações inferiores a 1 dia foi realizada utilizando o método das isozonas proposto por TABORGA (1975). A Tabela 10 apresenta as alturas de chuvas intensas para todas as durações e frequências consideradas.

Tabela 10 – Relação precipitação-duração-frequência – Estação Serra dos Carajás – N5 (650002).

Duração	Precipitação (mm)								
	Tempo retorno (anos)								
	2	5	10	25	50	100	500	1000	10000
6 min	13,2	17,2	19,9	23,3	25,8	25,2	30,3	32,6	39,9
10 min	26,0	26,0	34,8	38,4	38,4	39,5	47,0	50,2	60,5
15 min	37,9	33,0	48,4	50,9	48,4	50,9	60,3	64,2	76,9
20 min	29,3	38,0	43,5	50,4	55,5	58,9	69,6	74,1	88,5
30 min	34,8	45,0	51,5	59,5	65,4	70,3	82,9	88,1	104,8
1 h	44,1	57,0	65,1	75,2	82,5	89,7	105,5	112,1	132,8
2 h	55,2	71,6	82,1	95,3	105,0	114,5	135,9	144,9	174,0
3 h	61,6	80,1	92,1	107,1	118,1	129,0	153,6	164,1	198,1
4 h	66,2	86,2	99,1	115,4	127,4	139,3	166,2	177,7	215,1
6 h	72,7	94,7	109,1	127,2	140,6	153,8	184,0	196,9	239,2
8 h	77,3	100,8	116,2	135,5	149,9	164,1	196,6	210,5	256,3
10 h	80,8	105,4	121,6	142,0	157,1	172,0	206,4	221,1	269,6
12 h	83,8	109,3	126,1	147,3	163,0	178,6	214,4	229,7	280,4
18 h	90,2	117,8	136,1	159,1	176,1	193,1	232,1	248,9	304,5
24 h	94,8	123,9	143,1	167,4	185,5	203,4	244,7	262,5	321,6
2 dias	105,5	133,1	151,4	174,5	191,7	208,7	248,0	264,9	321,0
3 dias	125,7	155,1	174,6	199,3	217,5	235,7	277,6	295,6	355,5
5 dias	160,1	195,5	219,0	248,6	270,6	292,4	342,9	364,6	436,6
7 dias	184,9	218,7	241,1	269,4	290,4	311,2	359,4	380,0	448,8
10 dias	216,4	256,0	282,3	315,4	340,0	364,5	420,9	445,1	525,7
15 dias	274,2	327,6	362,9	407,5	440,7	473,5	549,5	582,2	690,6
20 dias	329,8	395,8	439,5	494,7	535,6	576,3	670,2	710,6	844,6
30 dias	426,4	515,3	574,2	648,5	703,7	758,5	885,0	939,5	1120,1
45 dias	550,5	669,1	747,7	846,9	920,5	993,6	1162,5	1235,1	1476,2
60 dias	670,7	803,8	891,9	1003,3	1085,9	1167,9	1357,4	1438,8	1709,3

#### 6.3.4 Curva de descarga do sistema extravasor

A partir da atualização do Plano de Disposição de Rejeitos, realizado pela WALM (RT-9002SA-X-00001), verificou-se a alteração do volume disponível para o trânsito de cheias, que resultou na incapacidade do extravasor projetado pela BVP para a El. 255,00 m. Desta forma, adotou-

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  19/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

se a geometria dos alteamentos anteriores (El. 235,00 m e El. 245,00 m) para a definição do emboque no presente cenário. Assim, o sistema extravasor adotado é tipo canal com seção retangular, revestido em concreto armado, com base de 3,00 m e altura de 3,00 m, e com soleira espessa fixada na EL. 252,00 m.

A curva de descarga foi determinada a partir da formulação para vertedouros de superfície livre com soleira espessa, que é dada pela expressão:

$$Q = C_d.L.H^{3/2}$$

Onde:

$Q$  é a vazão (em m³/s);

$C_d$  é o coeficiente de descarga, adotado como 1,71;

$L$  é a largura efetiva do vertedouro (m);

$H$  é a carga hidráulica sobre a soleira (m).

A Figura 9 apresenta a curva de descarga do sistema extravasor da Barragem de Rejeitos do Mirim.

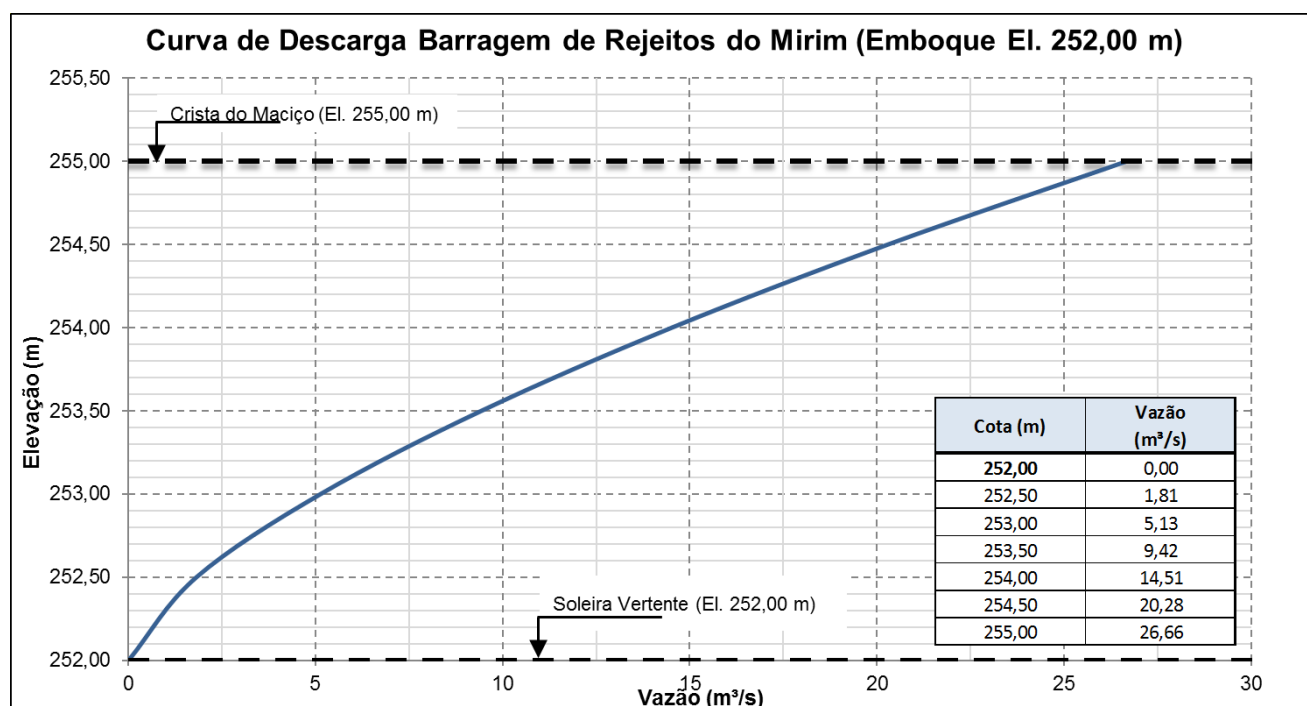


Figura 9 – Curva de descarga do extravasor da Barragem de Rejeitos do Mirim.

### 6.3.5 Discretização da Curva Cota-Volume

Para a determinação da curva cota-volume do reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim foi considerado o **Cenário 13: Disposição de Rejeitos – 36 MTPA**, apresentado no relatório

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº VALE  Nº TRACTEBEL		PÁGINA <b>20/56</b>
		<b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>		REV. <b>A</b>

PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS E BALANÇO HÍDRICO – 36 MTPA de maio/2018 (RT-9002SA-X-00001). A curva primitiva foi obtida a partir do mesmo documento.

A Figura 10 e a Tabela 11 apresentam a curva cota-volume total do reservatório da barragem, com discretização das parcelas referentes aos sólidos retidos, água abaixo da soleira vertente e volume livre para trânsito de cheias (entre a soleira vertente e a crista da barragem). A Figura 11 apresenta um croqui esquemático da ocupação do reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim.

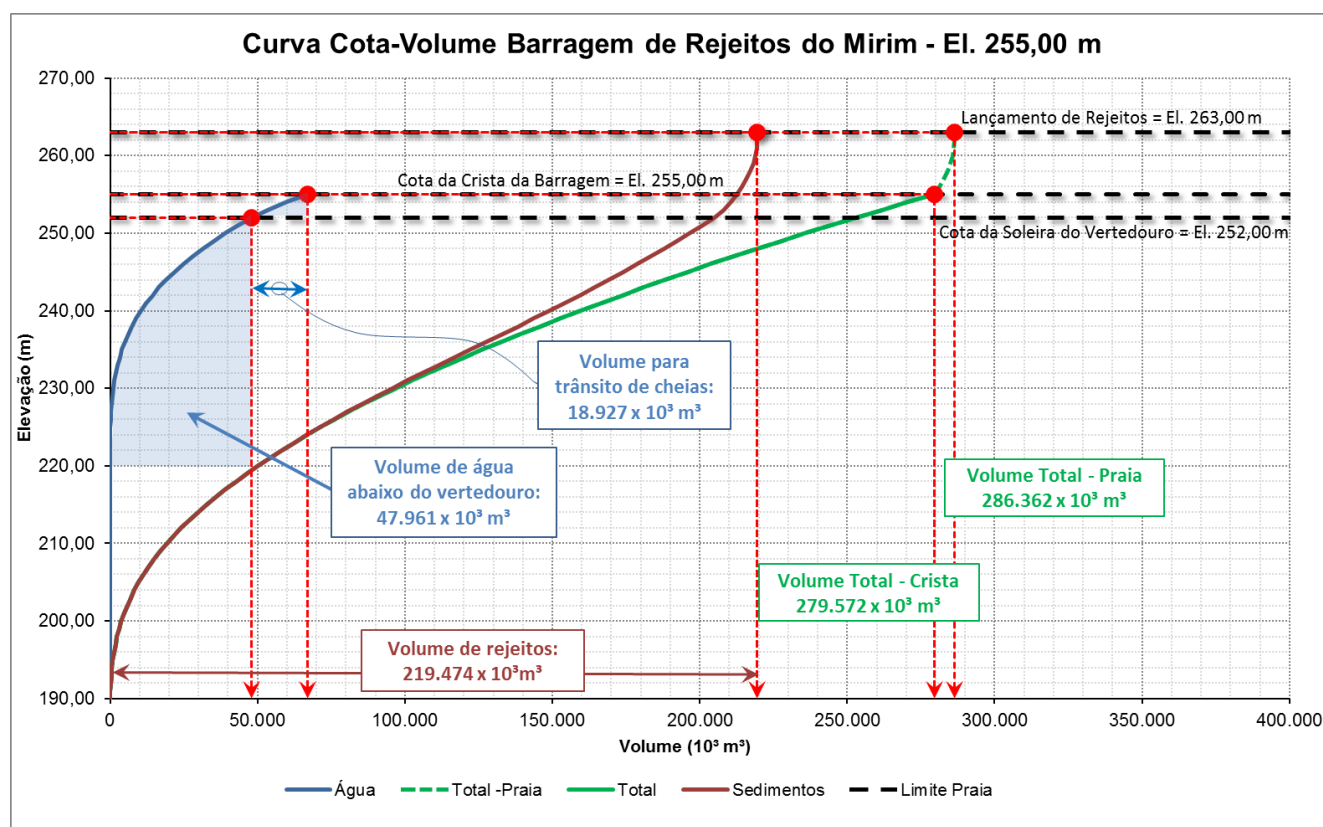


Figura 10 – Curva Cota-Volume discretizada do reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim.

Tabela 11 – Curva Cota-Volume discretizada do reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim.

COTA	VOLUMES (10³m³)			
(m)	Total	Rejeitos	Água no reservatório	Trânsito de cheias
190,00	0,00	0,00		
191,00	128,17	128,17		
192,00	275,02	275,02		
193,00	437,57	437,57		
194,00	616,15	616,15		
<b>195,00</b>	<b>906,38</b>	<b>906,38</b>		



		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>21/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

COTA	VOLUMES (10³m³)			
(m)	Total	Rejeitos	Água no reservatório	Trânsito de cheias
196,00	1.348,59	1.348,59		
197,00	1.849,18	1.849,18		
198,00	2.398,17	2.398,17		
<b>199,00</b>	2.998,64	2.998,64		
200,00	3.768,55	3.768,55		
201,00	4.747,03	4.747,03		
202,00	5.822,11	5.822,11		
203,00	6.976,29	6.976,29		
204,00	8.210,31	8.210,31		
205,00	9.637,60	9.637,60		
206,00	11.299,18	11.299,18		
207,00	13.093,67	13.093,67		
208,00	15.000,93	15.000,93		
209,00	17.021,03	17.021,03		
210,00	19.270,29	19.270,29		
211,00	21.680,34	21.680,34		
212,00	24.239,67	24.239,67		
213,00	26.928,85	26.928,85		
214,00	29.746,66	29.746,66		
215,00	32.741,54	32.741,54		
216,00	35.936,63	35.936,63		
217,00	39.280,85	39.280,85		
218,00	42.749,81	42.749,81		
219,00	46.360,41	46.360,41		
220,00	50.119,88	50.119,88		
221,00	54.136,70	54.134,77	1,93	
222,00	58.239,59	58.230,27	9,32	
223,00	62.474,34	62.446,04	28,30	
224,00	66.838,48	66.773,96	64,52	
225,00	71.375,57	71.247,65	127,91	
226,00	76.123,61	75.894,15	229,46	
227,00	81.052,71	80.684,80	367,92	
228,00	86.129,18	85.580,38	548,81	
229,00	91.349,96	90.563,43	786,52	
230,00	96.762,27	95.649,07	1.113,20	
231,00	102.402,67	100.860,82	1.541,85	
232,00	108.191,21	106.132,23	2.058,98	

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>22/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

COTA	VOLUMES (10³m³)			
(m)	Total	Rejeitos	Água no reservatório	Trânsito de cheias
233,00	114.104,32	111.438,59	2.665,73	
234,00	120.138,95	116.769,84	3.369,11	
235,00	126.325,96	122.248,46	4.077,50	
236,00	132.702,10	127.663,17	5.038,93	
237,00	139.207,26	133.060,85	6.146,41	
238,00	145.832,54	138.435,44	7.397,10	
239,00	152.577,16	143.744,29	8.832,87	
240,00	159.457,75	148.991,77	10.465,98	
241,00	166.484,98	154.166,10	12.318,88	
242,00	173.642,66	159.230,73	14.411,92	
243,00	180.920,86	164.376,96	16.543,90	
244,00	188.319,25	169.222,62	19.096,63	
245,00	195.864,02	173.983,35	21.880,66	
246,00	203.571,21	178.672,86	24.898,35	
247,00	211.422,34	183.279,50	28.142,84	
248,00	219.409,05	187.800,20	31.608,86	
249,00	227.530,73	192.237,06	35.293,67	
250,00	235.812,96	196.608,38	39.204,58	
251,00	244.271,53	200.920,13	43.351,40	
252,00	252.882,73	204.922,04	47.960,69	0,00
253,00	261.632,07	208.190,42		5.480,96
254,00	270.517,67	210.693,26		11.863,72
255,00	279.571,95	212.684,30		18.926,96
256,00	288.807,14	214.381,77		
257,00	298.192,44	215.834,30		
258,00	307.719,51	217.106,47		
259,00	317.386,38	218.166,26		
260,00	327.242,80	218.914,44		
261,00	337.318,42	219.341,33		
262,00	347.564,19	219.453,57		
263,00	357.951,17	219.474,23		

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	PÁGINA <b>23/56</b> REV. <b>A</b>

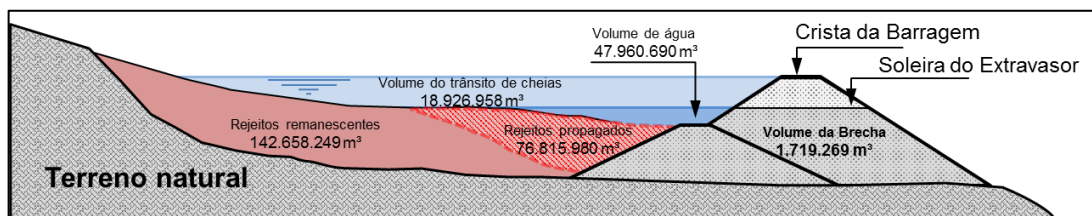


Figura 11 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim (sem escala).

### 6.3.6 Metodologia Empreendida nas Modelagens Hidrológicas

O procedimento metodológico adotado nas simulações hidrológicas consiste em estimar cheias de projeto a partir de um modelo indireto (chuva-vazão) e, posteriormente, a simulação do trânsito de cheias no reservatório da barragem com os hidrogramas de projeto.

A simulação hidrológica do trânsito de cheia no reservatório formado pela Barragem de Rejeitos do Mirim foi realizada a partir da utilização do modelo hidrológico HEC-HMS – *Hydrologic Modeling System*, em sua versão 4.2.1, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center* do *US Army Corps of Engineers*.

O HEC-HMS 4.2.1 foi utilizado, também, na definição dos hidrogramas de ruptura, empregando o módulo “*Dam Break*” do programa. Trata-se de um modelo paramétrico para o cálculo do hidrograma de ruptura a partir da simulação do crescimento temporal da brecha.

Os métodos e as atividades necessárias para a execução do presente trabalho estão apresentados a seguir:

- **Eventos de chuva de projeto:** Eventos de chuva associado ao tempo de retorno de 10.000 anos;
- **Discretização temporal dos quantis de chuva:** Método de Huff<sup>7</sup>, curva do 2º quartil e 50% de probabilidade de ocorrência para a distribuição dos blocos de precipitação;
- **Transformação da chuva total em efetiva:** Método do NRCS – *Natural Resources Conservation Service*, adotando condições antecedentes de umidade do solo tipo II;
- **Transformação da chuva efetiva em escoamento superficial:** Método do hidrograma unitário de Clark;
- **Propagação de vazão no reservatório:** Método de *Puls* modificado;
- **Modelagem paramétrica do desenvolvimento da brecha de ruptura:** Módulo *Dam Break* inserido no modelo HEC-HMS 4.2.1;
- **Formação do hidrograma defluente da ruptura:** Trânsito de cheias e deplecionamento no reservatório pelo Método de *Puls* modificado tendo como elementos de descarga a abertura progressiva da brecha e a vazão defluente pelo vertedouro.

<sup>7</sup> VEN TE CHOW, MAIDMENT e MAYS. “Applied Hydrology”. McGraw-Hill Edition, 1988

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>24/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

## 6.4 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

### 6.4.1 Volume mobilizado para jusante

Para o presente estudo, e de acordo com premissa estabelecida em conjunto com a VALE, o volume passível de ser mobilizado para jusante na eventualidade de ruptura do maciço compreende o somatório das seguintes parcelas:

- Volume útil disponível até o nível de água máximo normal;
- Volume total da brecha formada no maciço;
- 35%<sup>8</sup> do volume de sólidos depositados no reservatório obtido com base no **Cenário 13: Disposição de Rejeitos – 36 MTPA**, apresentado no relatório PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS E BALANÇO HÍDRICO – 36 MTPA de maio/2018 (RT-9002SA-X-00001)
- Para o Cenário D foi considerado, adicionalmente, a parcelas referentes ao NA máximo maximorum e o hidrograma afluente ao reservatório.

### 6.4.2 Parâmetros da Brecha

Pela importância observada no estado da arte e pelos recentes trabalhos desenvolvidos para estudos de *Dam Break*, adotou-se no presente trabalho a equação proposta por Froehlich (2008), apresentada a seguir:

A largura da brecha é dada por:

$$B_m = 0,27 k_0 V_w^{0,32} H_b^{0,04}$$

Onde:

$B_m$  é a largura média da brecha de ruptura (m);

$k_0$  é um coeficiente associado ao modo de falha (1,0 para erosão interna e 1,3 para galgamento (adimensional);

$V_w$  é a soma do volume de água e rejeitos no instante inicial da ruptura (m<sup>3</sup>);

$H_b$  é a altura final da brecha (m).

E o tempo de formação da brecha é dado por:

<sup>8</sup>Baseado em Rico *et al* (2008). Metodologia definida em conjunto com a VALE, baseada também em referências de estudos anteriores realizados para outras barragens.



		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>25/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

$$t_f = 63,2 \sqrt{\frac{V_w}{gH_w^2}}$$

Onde:

$t_f$  é o tempo de formação da brecha (h);

$H_w$  é a altura respectiva ao volume armazenado no reservatório no início da ruptura (m).

#### 6.4.3 Hipóteses de Ruptura e Modo de Falha

Para o estudo de ruptura hipotética da Barragem de Rejeitos do Mirim, em dia chuvoso (Cenário D), foram consideradas duas hipóteses de ruptura, uma hipótese baseada no possível **galgamento** da estrutura e outra fundamentada na ocorrência da erosão interna regressiva do maciço (**piping**). A definição da hipótese de ruptura adotada no presente estudo é baseada na avaliação do trânsito das cheias de projeto associadas a um tempo de retorno de **10.000 anos** no reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim. Caso constatado o possível galgamento, seria adotada essa hipótese de ruptura, caso contrário apenas a hipótese de ruptura por *piping* seria avaliada.

### 6.5 PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS

#### 6.5.1 Estimativa das calhas nos trechos de rios

A estimativa da topobatimetria dos trechos de rio a jusante da barragem foi realizada com base nos levantamentos de seções topobatimétricas e perfilamento a *laser* disponibilizados pela VALE. Na ausência dessas informações, partiu-se para a estimativa da profundidade das calhas de rio por meio do cálculo da cheia de 2 anos baseados no estudo de regionalização de vazões citado anteriormente.

#### 6.5.2 Coeficientes de rugosidade de Manning

Na Tabela 12 estão apresentados os coeficientes de rugosidade de Manning considerados:

Tabela 12 – Parâmetros de rugosidade de Manning (n)

Tipologia	Coeficiente de rugosidade de Manning (n)
Calha do rio	0,035
Planície de inundação <sup>(*)</sup>	0,080

(\*) Associado a cobertura formada predominantemente por mata densa

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº VALE		PÁGINA <b>26/56</b>
		Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>		REV. <b>A</b>

### 6.5.3 Critério de Parada

O critério de parada do mapeamento das inundações resultantes das modelagens hidráulicas das rupturas hipotéticas da barragem de Rejeitos do Mirim baseou-se na seção transversal que apresentou incremento da profundidade hidráulica igual ou inferior a 2,0 pés (0,61 m) entre as cheias resultante das rupturas dos Cenários C e D sobre as correspondentes cheias utilizadas como base, Cenários A e B. Este critério é baseado na referência da Agência Federal de Gestão Americana (FEMA, 2013).

### 6.5.4 Modelo matemático-computacional

As modelagens hidráulicas bidimensionais da onda proveniente da ruptura hipotética da barragem em estudo foram executadas no modelo HEC-RAS, versão 5.0.3, desenvolvido pelo *US Army Corps of Engineers*. O método de Onda Difusiva foi aplicado para reproduzir o fenômeno hidrodinâmico, com o intervalo de computação variando de 1 a 10 segundos.

## 6.6 MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO

Os parâmetros físicos de inundação decorrentes da falha da Barragem de Rejeitos do Mirim foram avaliados por meio de mapas de inundação e seções de referência. Os parâmetros avaliados são listados a seguir:

- Elevação máxima da superfície da inundação;
- Profundidade máxima da inundação;
- Vazão máxima e hidrogramas nas seções de referência;
- Velocidade máxima nas seções de referência;
- Tempo para a chegada da onda, referente incremento de profundidade igual a 0,61 m acima da cheia natural;
- Tempo para atingimento da profundidade máxima da inundação;
- Risco hidrodinâmico, o qual é descrito no item subsequente.

### 6.6.1 Risco Hidrodinâmico

O risco hidrodinâmico é obtido a partir do produto entre a velocidade e profundidade do escoamento durante a passagem da onda de ruptura, assim:

$$\text{Risco Hidrodinâmico (m}^2\text{/s)} = \text{Profundidade (m)} \times \text{Velocidade (m/s)}$$

A classificação do risco hidrodinâmico pode ser realizada a partir do conjunto de curvas combinadas descritos na publicação *The Australian Rainfall and Runoff: A guide to flood*

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  	PÁGINA <b>27/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

estimation (ARR)<sup>9</sup> e reproduzido na Figura 12. Essas curvas são baseadas em ensaios de laboratórios recentes e na compilação de diversos estudos disponíveis na literatura.

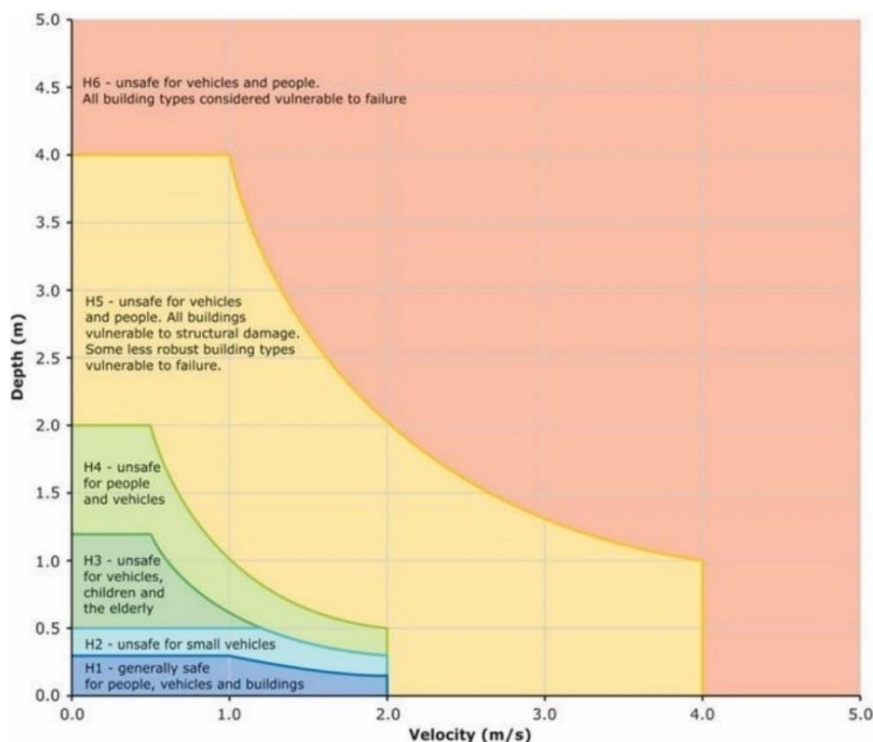


Figura 12 – Curvas combinadas de risco de inundação (Smith *et al*, 2014)<sup>10</sup>

A Tabela 13 fornece a descrição da classificação, e os limites para cada categoria de dano potencial são apresentados na Tabela 14.

Tabela 13 – Curvas de riscos combinadas - Limites de vulnerabilidade (Smith *et al*, 2014)<sup>6</sup>

Classificação de vulnerabilidade de riscos	Descrição
H1	Geralmente seguro para veículos, pessoas e edifícios
H2	Inseguro para veículos pequenos
H3	Inseguro para veículos, crianças e idosos
H4	Inseguro para veículos e pessoas
H5	Inseguro para veículos e pessoas. Todos os edifícios vulneráveis a danos estruturais. Alguns edifícios menos robustos sujeitos à falha
H6	Inseguro para veículos e pessoas. Todos os tipos de edifícios considerados vulneráveis à falha

<sup>9</sup> Ball J, Babister M, Nathan R, Weeks W, Weinmann E, Retallick M, Testoni I, (Editors) Australian Rainfall and Runoff: A Guide to Flood Estimation, © Commonwealth of Australia (Geoscience Australia), 2016. Disponível em: <http://book.arr.org.au.s3-website-ap-southeast-2.amazonaws.com/> - Book 6: Flood Hydraulics – Chapter Chapter 7. Safety Design Criteria

<sup>10</sup> Smith G P, Davey E K, and Cox R J (2014). Flood Hazard. UNSW Australia Water Research Laboratory. Technical Report 2014/07. 30 September 2014.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>28/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

Tabela 14 – Curvas de perigo combinadas - limites de classificação (Smith *et al*, 2014)<sup>6</sup>

Classificação de vulnerabilidade de perigo	Limite de classificação (produto de Profundidade x Velocidade)	Profundidade limite (p)	Velocidade limite (m/s)
H1	$P.V \leq 0,3$	0,3	2,0
H2	$P.V \leq 0,6$	0,5	2,0
H3	$P.V \leq 0,6$	1,2	2,0
H4	$P.V \leq 1,0$	2,0	2,0
H5	$P.V \leq 4,0$	4,0	4,0
H6	$P.V > 4,0$	-	-

#### 6.6.2 Definição da Zona de Autossalvamento

De acordo com a portaria DNPM 70.389/2017, a zona de autossalvamento é a região do vale à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência.

A definição da zona de autossalvamento de acordo com a resolução e também com a VALE é dada maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: tempo igual a 30 minutos ou distância igual a 10 km, sendo adotado aquilo que ocorrer a uma maior distância da barragem.



		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº VALE		PÁGINA <b>29/56</b>
		Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>		REV. <b>A</b>

## 7.0 RESULTADOS

### 7.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

#### 7.1.1 Simulação hidrológica do trânsito de cheias no reservatório

A Tabela 15 apresenta os principais resultados do trânsito de cheias pelo reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim. Ressalta-se que foi adotada como cheia de projeto aquela originada a partir da chuva crítica, considerada como aquela capaz de gerar a máxima sobrelevação do nível de água (NA) no reservatório, quando da passagem da cheia decorrente dessa chuva.

Tabela 15 – Resultados do trânsito de cheias de projeto no reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim.

Cheia de projeto (TR)	10.000 anos
Duração da chuva de projeto	45 dias
Altura da chuva de projeto (mm)	1.476
Elevação da soleira vertente (m)	252,00
Elevação da crista da barragem (m)	255,00
NA início da simulação (m)	252,00
Vazão máxima afluente (m³/s)	27,7
Vazão máxima efluente (m³/s)	21,1
Volume do hidrograma afluente (m³)	44.037.023
Volume para amortecimento de cheias entre o NA inicial e a crista da barragem (m³)	18.926.958
Tempo de ocorrência do NA máximo maximorum após o início do evento da chuva de projeto	23 dias:14 horas:18 minutos
NA máximo maximorum (m)	254,57
Borda livre remanescente (m)	0,43

Conforme apresentado na Tabela 15, a **hipótese de galgamento não foi confirmada** para o cenário de Cheia Extrema (TR = 10.000 anos). A Figura 13 apresenta a simulação do trânsito de cheias para esse cenário.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	PÁGINA <b>30/56</b> REV. <b>A</b>

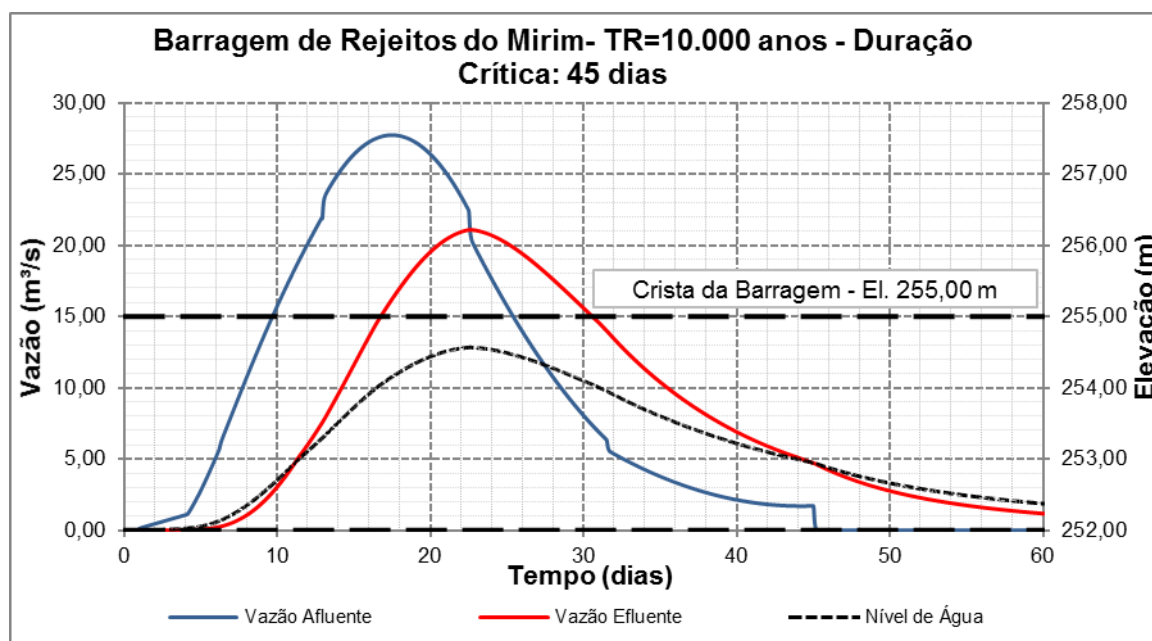


Figura 13 – Trânsito da cheia decamilenar com duração de 45 dias no reservatório da Barragem de Rejeitos do Mirim – El. 255,00 m

Os estudos hidrológicos evidenciaram que o sistema extravasor possui uma capacidade de descarga suficiente para uma cheia decamilenar, com borda livre remanescente de 0,43 m. **Dessa forma, não foi constatada a possibilidade de galgamento para essas condições, sendo definida como hipótese de ruptura a erosão interna regressiva do maciço (piping).**

## 7.2 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

### 7.2.1 Brecha de ruptura

A Figura 14 apresenta um croqui das dimensões da brecha de ruptura da barragem de Rejeitos do Mirim e Tabela 16 apresenta os parâmetros de formação da brecha.

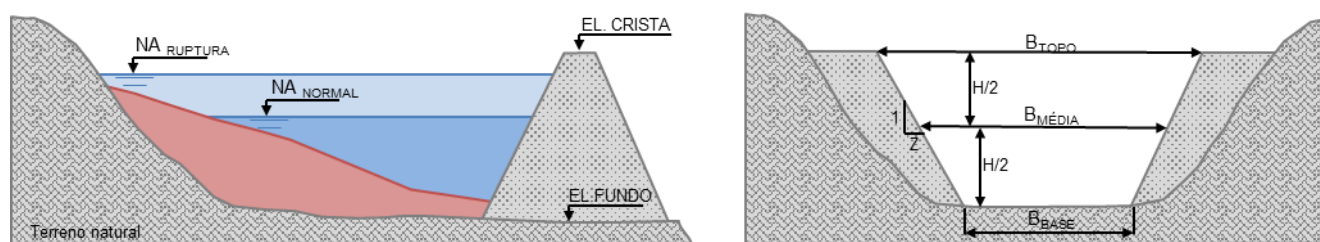


Figura 14 – Croqui com as dimensões da brecha de ruptura.


		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>31/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

Tabela 16 – Parâmetros de formação das brechas de ruptura hipotética da Barragem de Rejeitos do Mirim

	Cenário C (Dia Seco)	Cenário D (Dia Chuvoso)
Modelo Adotado	Froehlich (2008)	Froehlich (2008)
Modo de Falha	<i>Piping</i>	<i>Piping</i>
Elevação da Crista da Barragem (m)	255,00	
Elevação do Nível de Água no Momento da Ruptura (m)	252,00	254,57
Elevação do Nível de Água Normal Operacional (N <sub>A</sub> NORMAL - m)	252,00	
Elevação do Fundo da Brecha (EL. FUNDO - m)	183,00	
Altura Final da Brecha (H - m)	72,00	
Largura de Base da Brecha (B <sub>BASE</sub> - m)	95,70	100,24
Largura Média da Brecha (B <sub>MÉDIA</sub> - m)	146,10	150,64
Largura de Topo da Brecha (B <sub>TOPO</sub> - m)	196,50	201,04
Declividade Lateral da Brecha (z – m)	0,7	0,7
Tempo Formação da Brecha (h)	1,11	1,17
Método de Progressão da Brecha	Linear	Linear
Volume Total Mobilizado no Reservatório (m³)	97.462.207	145.422.897
Volume Total Potencial (m³)	240.120.456	288.081.146
Razão Volumétrica (Volume Total Mobilizado / Volume Total Potencial)	41%	50%

### 7.2.2 Hidrograma de ruptura da Barragem de Rejeitos do Mirim

Os hidrogramas de ruptura, definidos como condições de contorno de montante da modelagem hidrodinâmica, entre o eixo da Barragem de Rejeitos do Mirim e reservatório da Barragem de Finos II, estão apresentados nas Figuras 15 e 16.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	PÁGINA <b>32/56</b> REV. <b>A</b>

### Cenário C:

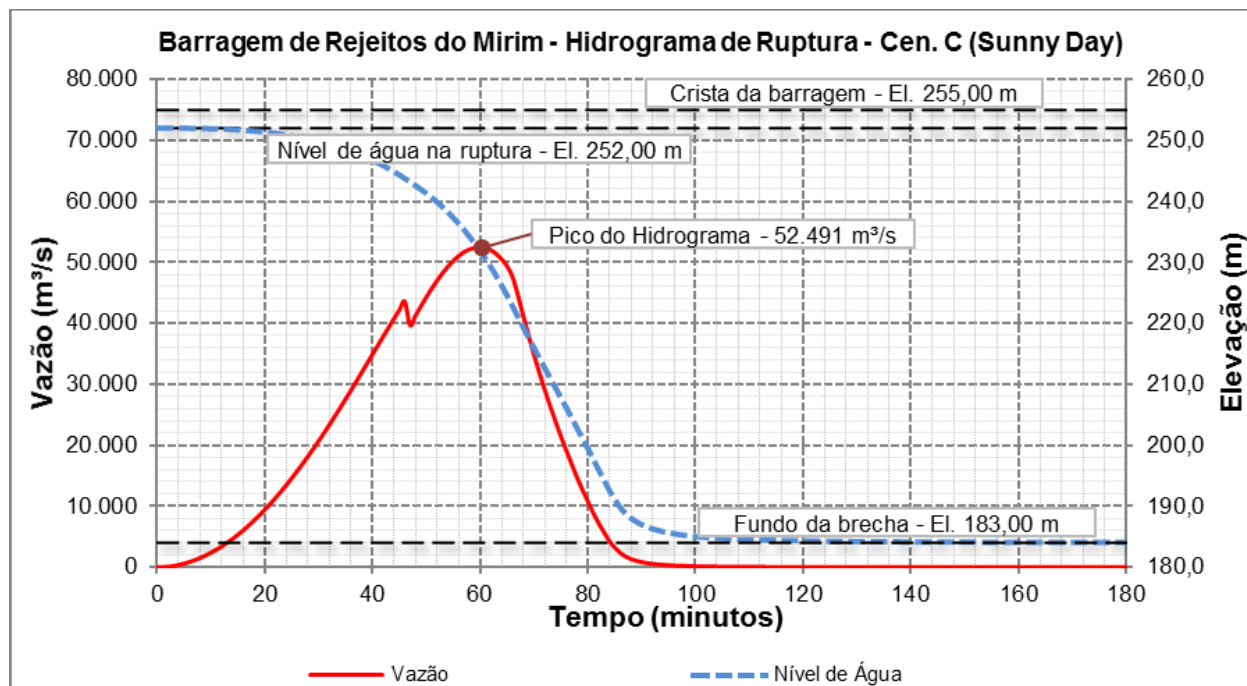


Figura 15 – Hidrograma de ruptura hipotética da barragem de Rejeitos do Mirim – Cenário C (Sunny Day)

### Cenário D:

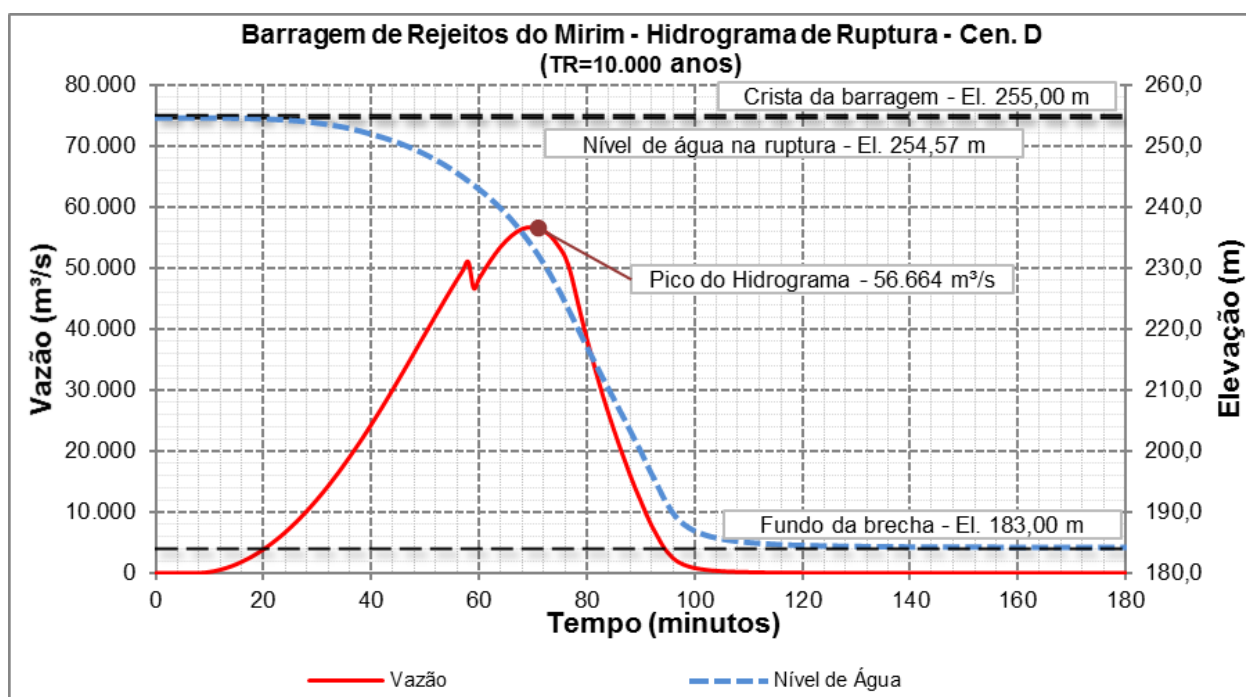



Figura 16 – Hidrograma de ruptura hipotética da barragem de Rejeitos do Mirim – Cenário D (Rainy Day)



		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  33/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

### 7.2.3 Hidrograma de ruptura da Barragem de Finos II

A Barragem de Finos II localiza-se no vale do Igarapé Salobo, a jusante do eixo da Barragem de Rejeitos do Mirim. Desta forma, foi realizada a ruptura em cascata das barragens do vale do Salobo, tendo como hipótese de ruptura o galgamento da Barragem de Finos II e mobilização de todo o volume potencial do reservatório.

Para os Cenários C e D foi considerada a ruptura total do maciço com tempo mínimo de formação de brecha de 6 minutos. Os principais parâmetros de formação da brecha de ruptura da Barragem de Finos II são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Parâmetros de formação das brechas de ruptura hipotética da Barragem de Finos II

	Cenários C e D
Modo de Falha	<i>Galgamento</i>
Elevação da Crista da Barragem (m)	175,58
Elevação do Nível de Água no Momento da Ruptura (m)	175,58
Elevação do Nível de Água Normal Operacional (m)	170,58
Elevação do Fundo da Brecha (m)	167,00
Altura Final da Brecha (m)	8,58
Largura de Base da Brecha (m)	100,00
Largura Média da Brecha (m)	194,38
Largura de Topo da Brecha (m)	289,00
Declividade Lateral da Brecha - z	11
Tempo Formação da Brecha (h)	0,1
Método de Progressão da Brecha	Linear
Volume Total Mobilizado no Reservatório (m³)	6.521.369
Volume Total Potencial (m³)	6.521.369
Razão Volumétrica (Volume Total Mobilizado / Volume Total Potencial)	100%

Os hidrogramas afluentes e de ruptura por galgamento da crista da Barragem de Finos II, ocasionada pela ruptura da Barragem de Rejeitos do Mirim estão apresentados nas Figuras 17 e 18.

 <b>VALE</b>		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE  Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	PÁGINA <b>34/56</b> REV. <b>A</b>

### Cenário C:

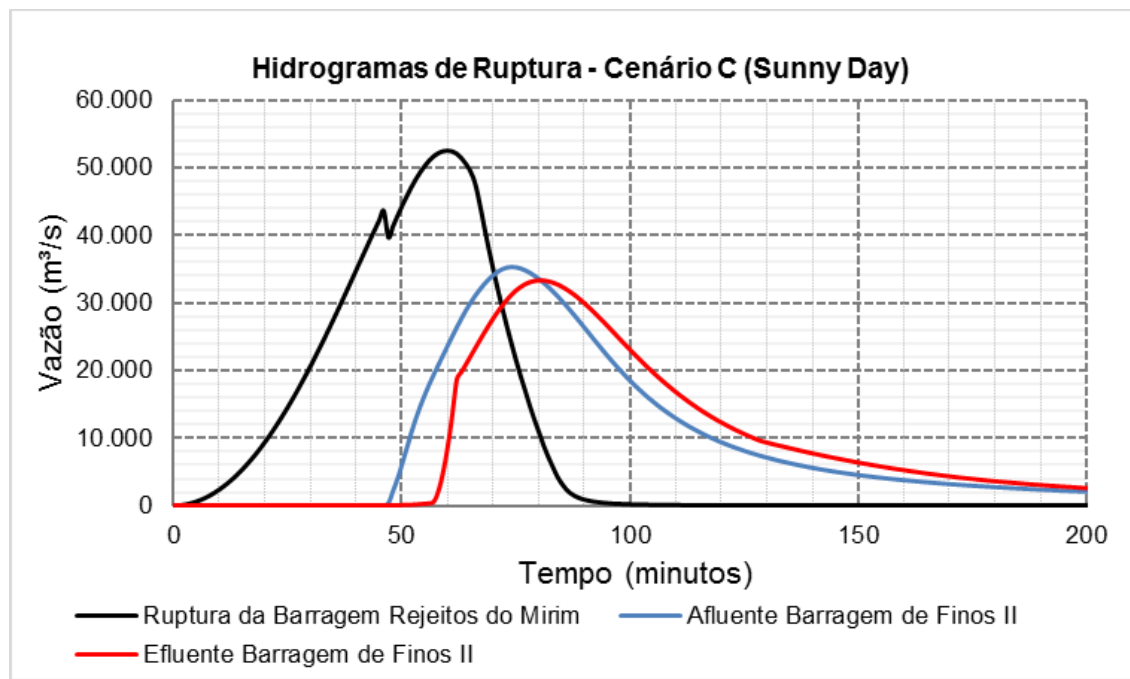


Figura 17 – Hidrograma de ruptura hipotética da Barragem de Finos II – Cenário C (*Sunny Day*)

### Cenário D:

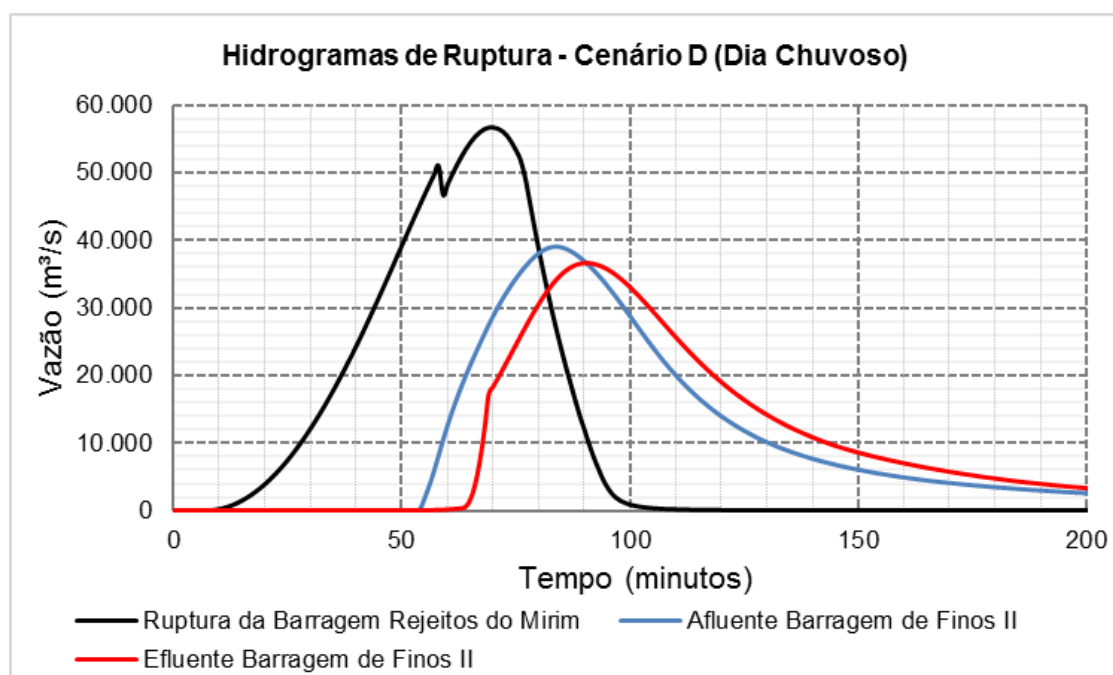


Figura 18 – Hidrograma de ruptura hipotética da Barragem de Finos II – Cenário C (*Rainy Day*)

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  35/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

Pelos hidrogramas de ruptura apresentados nas Figuras 17 e 18 é possível verificar o potencial de amortecimento do vale do Igarapé Salobo nos primeiros 10 km, a montante do reservatório da Barragem de Finos II. Também é possível verificar o efeito do potencial de amortecimento do reservatório da Barragem de Finos II para o hidrograma afluente, antes da ruptura por galgamento.

### 7.3 PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE RUPTURA

Nas Tabelas 18 e 19 estão apresentados os resultados dos cenários de ruptura da barragem de Rejeitos do Mirim (Cenários C e D). Nestas tabelas são apresentados, também, os principais resultados dos cenários de base (Cenários A e B).

As Figuras 19 e 20 apresentam os hidrogramas ao longo das seções de referência. Nestas figuras é possível a verificação dos resultados obtidos nas modelagens relacionado ao amortecimento do hidrograma de ruptura.





		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  36/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A



Tabela 18 – Síntese dos resultados da propagação da onda de ruptura – Cenários A e C (*Sunny day*)

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário C						Cenário A				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-01	0,17	218,79	35,93	52.484	0,03	1,00	25,41	185,27	2,37	2,63	0,55	Acessos internos da mineradora
ST-PP-02	0,37	211,69	29,61	52.465	0,07	1,00	30,75	184,53	2,28	2,63	1,23	Acessos internos da mineradora
ST-PP-03	1,50	206,68	12,28	6.620	0,78	1,07	1,81	186,03	1,82	7,57	0,90	-
ST-PP-04	2,01	208,20	19,02	9.712	0,40	1,00	3,39	187,51	2,15	7,57	0,89	Acessos internos da mineradora
ST-PP-05	2,68	209,06	23,68	10.075	0,28	0,98	4,35	191,03	1,85	7,57	0,93	Acessos internos da mineradora
ST-PP-06	5,28	209,69	25,50	10.314	0,22	0,98	4,30	194,45	0,05	7,57	0,22	Acessos internos da mineradora
ST-PP-07	0,95	208,50	27,04	41.992	0,15	1,03	16,04	184,23	2,77	10,15	1,22	Acessos internos da mineradora
ST-PP-08	2,37	203,94	25,14	41.552	0,28	1,05	5,40	181,72	2,92	10,15	0,39	Acessos internos da mineradora
ST-PP-09	5,90	197,39	23,59	40.021	0,53	1,10	6,43	177,43	2,62	10,15	0,60	Acessos internos da mineradora
ST-PP-10 (ZAS)	9,99	189,32	19,52	35.660	0,83	1,22	5,74	172,50	2,71	10,15	0,27	Limite da Zona de Autossalvamento
ST-PP-11	12,18	183,26	12,26	33.993	0,97	1,32	21,30	171,55	0,55	10,15	0,20	-
ST-PP-12	12,39	186,18	21,48	33.306	0,93	1,35	9,12	166,62	1,62	13,96	0,47	-
ST-PP-13	23,48	160,28	13,55	26.942	1,48	1,75	6,03	149,15	2,42	13,96	0,87	Comunidade Carraro





		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>SALOBO</b></p>
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		<p>Nº VALE</p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>37/56</b></p>
		<p>Nº TRACTEBEL</p> <p><b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>A</b></p>

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário C						Cenário A				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-14	27,14	157,98	18,18	13.447	1,58	2,05	7,52	146,30	6,50	690,0	1,83	Comunidade Carraro
ST-PP-15	30,06	156,68	19,89	9.798	1,68	2,42	8,52	144,79	7,99	690,0	3,56	Comunidade Carraro
ST-PP-16	36,66	151,85	16,05	7.978	1,93	3,38	4,98	142,76	6,97	690,0	2,77	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-17	40,50	149,84	15,04	6.841	2,12	3,85	6,89	141,67	6,87	690,0	2,78	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-18	48,64	146,77	13,97	5.083	2,55	5,93	4,43	139,31	6,52	690,0	2,37	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-19	54,55	144,36	14,56	4.546	2,93	7,53	3,01	137,62	7,82	690,0	1,69	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-20	60,30	141,41	12,22	3.825	3,67	10,08	2,53	135,90	6,10	846,5	2,17	-
ST-PP-21	63,31	140,02	13,21	3.745	3,52	10,53	3,21	134,78	7,97	846,5	2,00	Edificação isolada
ST-PP-22	72,54	136,90	13,10	3.278	4,32	13,15	3,17	131,61	7,82	864,6	2,42	Comunidade Vila União
ST-PP-23	76,26	135,91	12,39	3.110	4,58	14,52	2,88	130,87	7,35	864,6	2,73	Comunidade Vila União
ST-PP-24	83,40	133,56	12,76	2.910	5,27	16,77	3,41	128,82	8,02	890,1	2,63	Comunidade Vila União
ST-PP-25	84,67	133,12	13,33	2.864	5,55	17,35	2,63	128,38	8,58	890,1	2,48	Comunidade Vila União
ST-PP-26	86,62	132,86	13,06	2.860	5,68	17,67	2,25	128,16	8,36	890,1	2,54	Comunidade Vila União
ST-PP-27	87,70	132,64	12,85	2.823	5,80	17,87	1,63	127,97	8,17	890,1	1,57	Comunidade Vila União
ST-PP-28	90,01	132,22	13,42	2.732	6,00	18,58	2,28	127,62	8,81	890,1	1,83	-
ST-PP-29	92,30	131,78	12,98	2.728	6,20	19,17	2,22	127,27	8,47	890,1	2,40	-
ST-PP-30	96,67	130,66	11,86	2.670	6,68	20,08	2,17	126,53	7,73	890,1	2,07	Comunidade Arraia
ST-PP-31	99,15	129,93	12,13	2.597	7,03	21,10	2,03	126,01	8,22	890,1	2,74	Comunidade Arraia

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  38/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário C						Cenário A				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-32	102,80	129,35	11,56	2.540	7,32	22,33	2,28	125,62	7,83	911,2	2,33	Comunidade Arraia
ST-PP-33	105,95	128,79	11,99	2.484	7,60	23,48	2,03	124,95	7,95	911,2	1,93	Comunidade Arraia
ST-PP-34	113,05	126,94	10,15	2.422	8,47	25,50	2,11	123,63	6,83	911,2	1,95	Comunidade Arraia
ST-PP-35	117,65	125,80	10,09	2.372	9,08	27,12	2,61	122,77	7,07	911,2	1,78	Comunidade Macaúba
ST-PP-36	120,24	125,10	9,40	2.321	9,48	27,72	2,45	122,27	6,57	911,2	1,72	Comunidade Macaúba
ST-PP-37	130,07	122,18	8,98	2.283	12,38	31,33	2,29	120,03	6,82	934,8	2,07	Comunidade Macaúba
ST-PP-38	143,50	118,16	8,95	2.216	17,92	36,72	2,45	116,25	7,05	1003	2,23	Comunidade Macaúba
ST-PP-39	161,19	114,56	8,35	2.120	28,83	42,82	1,70	113,00	6,80	1019	1,87	Comunidade Macaúba
ST-PP-40	162,72	114,52	8,22	515	31,50	54,97	1,57	113,22	6,92	503	2,04	Rio Parauapebas
ST-PP-41	168,60	112,50	8,20	2.564	30,13	46,50	2,07	110,75	6,45	1522	1,79	-
ST-PP-42	173,81	110,80	8,50	2.527	31,27	48,58	2,09	109,16	6,86	1522	1,81	-
ST-PP-43	191,90	102,62	6,32	2.511	36,50	54,62	3,69	101,34	5,04	1568	2,99	-
ST-PP-44	202,54	98,50	7,20	2.493	36,83	57,08	1,83	96,96	5,66	1568	2,14	-
ST-PP-45	207,64	96,14	6,86	2.524	38,33	58,67	4,10	94,63	5,34	1609	3,75	-
ST-PP-46	221,31	92,56	8,27	2.490	41,33	62,32	1,93	91,02	6,73	1609	1,76	-
ST-PP-47	228,28	90,68	6,39	2.478	42,95	63,73	1,85	89,13	4,84	1609	1,75	Comunidade Viração Grande (próximo à estrada de Ferro Carajás)
ST-PP-48	247,92	87,13	12,83	2.786	45,62	68,58	1,88	85,51	11,21	1980	3,49	Comunidade Viração Grande (próximo à estrada de Ferro Carajás)

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  39/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário C						Cenário A				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-49	255,01	86,11	12,81	2.766	47,55	70,20	1,84	84,58	10,57	1980	3,33	Comunidade Viração Grande (próximo à estrada de Ferro Carajás)
ST-PP-50	255,01	84,49	11,20	2.735	50,58	73,80	1,97	83,05	9,76	1980	1,71	Edificação isolada
ST-PP-51	273,35	83,26	9,97	2.726	52,65	75,80	1,97	81,91	8,62	1980	1,72	-
ST-PP-52	279,22	81,51	8,21	2.722	55,60	76,93	2,36	80,32	7,02	1980	2,04	Montante da foz do rio Sororó
ST-PP-53	282,76	79,70	5,61	2.920	56,35	78,17	4,20	78,52	4,43	2182	4,41	Área Urbana de Marabá
ST-PP-54	292,68	76,47	8,59	2.919	56,92	79,12	2,26	75,29	7,40	2182	1,99	Ponte Rodovia Transamazônica (BR 230)





		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  40/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A



Tabela 19 – Síntese dos resultados da propagação da onda de ruptura – Cenários B e D (Ruptura em dia chuvoso)

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário D						Cenário B				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-01	0,17	219,69	36,82	56.662	0,05	1,17	0,89	185,67	2,73	5,62	0,89	Acessos internos da mineradora
ST-PP-02	0,37	212,43	30,35	56.650	0,10	1,10	1,68	184,96	2,87	5,62	1,68	Acessos internos da mineradora
ST-PP-03	1,50	207,64	13,24	7.071	0,82	1,18	1,14	186,37	2,17	16,2	1,14	-
ST-PP-04	2,01	208,91	19,73	10.494	0,47	1,17	0,96	187,89	2,51	16,2	0,96	Acessos internos da mineradora
ST-PP-05	2,68	209,75	24,37	10.804	0,37	1,15	0,96	191,43	2,25	16,2	0,96	Acessos internos da mineradora
ST-PP-06	5,28	210,37	26,18	11.065	0,30	1,13	0,32	194,64	0,23	16,2	0,32	Acessos internos da mineradora
ST-PP-07	0,95	209,16	27,70	45.369	0,25	1,18	1,56	184,67	3,18	21,8	1,56	Acessos internos da mineradora
ST-PP-08	2,37	204,68	25,88	44.943	0,35	1,22	0,50	182,29	3,49	21,8	0,50	Acessos internos da mineradora
ST-PP-09	5,90	198,16	24,36	43.544	0,60	1,27	0,95	177,95	3,15	21,8	0,95	Acessos internos da mineradora
ST-PP-10 (ZAS)	9,99	190,01	20,22	39.345	0,87	1,38	0,34	172,77	2,93	21,8	0,34	Limite da Zona de Autossalvamento
ST-PP-11	12,18	183,64	12,64	37.830	1,00	1,47	0,44	171,64	0,71	21,8	0,44	-
ST-PP-12	12,39	186,95	22,25	36.519	1,03	1,52	0,69	166,09	1,60	29,8	0,69	-
ST-PP-13	23,48	161,14	14,40	30.328	1,60	1,88	0,24	150,16	3,45	29,8	0,24	Comunidade Carraro
ST-PP-14	27,14	159,21	19,42	15.736	1,72	2,17	2,62	149,14	9,34	1475	2,62	Comunidade Carraro



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>SALOBO</b></p>
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		<p>Nº VALE</p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>41/56</b></p>
		<p>Nº TRACTEBEL</p> <p><b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>A</b></p>

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário D						Cenário B				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-15	30,06	157,95	21,16	11.686	1,83	2,58	4,61	147,92	11,12	1475	4,61	Comunidade Carraro
ST-PP-16	36,66	152,87	17,08	9.688	2,15	3,45	3,87	145,93	10,13	1475	3,87	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-17	40,50	150,84	16,04	8.239	2,43	4,00	3,97	144,95	10,16	1475	3,97	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-18	48,64	147,73	14,93	6.297	3,20	5,92	3,12	142,45	9,66	1475	3,12	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-19	54,55	145,19	15,39	5.739	3,78	7,50	2,29	140,73	10,93	1475	2,29	Reserva biológica do Tapirapé
ST-PP-20	60,30	142,49	13,30	5.026	4,72	9,77	2,65	138,97	9,17	1809	2,65	-
ST-PP-21	63,31	141,10	14,30	4.915	5,05	10,37	2,73	138,03	11,24	1809	2,73	Edificação isolada
ST-PP-22	72,54	138,03	14,23	4.287	6,90	13,35	5,12	135,00	11,20	1848	5,12	Comunidade Vila União
ST-PP-23	76,26	137,10	13,57	4.033	7,58	14,88	3,53	134,23	10,80	1848	3,53	Comunidade Vila União
ST-PP-24	83,40	134,82	14,02	3.890	9,12	17,60	3,31	132,32	11,52	1902	3,31	Comunidade Vila União
ST-PP-25	84,67	134,36	14,56	3.847	9,88	18,18	3,23	131,88	12,08	1902	3,23	Comunidade Vila União
ST-PP-26	86,62	134,08	14,29	3.854	10,12	18,48	3,52	131,65	11,86	1902	3,52	Comunidade Vila União
ST-PP-27	87,70	133,85	14,05	3.812	10,32	18,68	2,15	131,47	11,67	1902	2,15	Comunidade Vila União
ST-PP-28	90,01	133,44	14,63	3.633	10,70	19,23	2,46	131,11	12,30	1902	2,46	-
ST-PP-29	92,30	133,02	14,22	3.727	11,10	19,93	3,09	130,73	11,93	1902	3,09	-
ST-PP-30	96,67	131,87	13,07	3.625	12,33	20,85	2,67	129,92	11,12	1902	2,67	Comunidade Arraia
ST-PP-31	99,15	131,18	13,38	3.571	13,40	22,08	2,45	129,05	11,25	1902	2,45	Comunidade Arraia
ST-PP-32	102,80	130,63	12,83	3.535	14,17	23,67	3,45	128,53	10,74	1947	3,45	Comunidade Arraia



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>SALOBO</b></p>
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		<p>Nº VALE</p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>42/56</b></p>
		<p>Nº TRACTEBEL</p> <p><b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>A</b></p>

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário D						Cenário B				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-33	105,95	130,03	13,23	3.492	14,88	25,00	2,79	128,01	11,21	1947	2,79	Comunidade Arraia
ST-PP-34	113,05	128,01	11,21	3.452	17,00	26,75	2,69	126,35	9,55	1947	2,69	Comunidade Arraia
ST-PP-35	117,65	126,77	11,07	3.386	18,65	27,98	2,44	125,29	9,58	1947	2,44	Comunidade Macaúba
ST-PP-36	120,24	126,12	10,42	3.394	19,52	28,90	2,34	124,63	8,93	1947	2,34	Comunidade Macaúba
ST-PP-37	130,07	123,17	9,96	3.362	23,25	32,50	2,13	121,88	8,68	1998	2,13	Comunidade Macaúba
ST-PP-38	143,50	119,29	10,09	3.386	28,22	37,72	2,81	118,17	8,97	2143	2,81	Comunidade Macaúba
ST-PP-39	161,19	116,00	9,79	3.315	36,40	43,25	1,39	115,16	8,95	2174	1,39	Comunidade Macaúba
ST-PP-40	162,72	116,01	9,71	1.093	38,38	58,33	3,19	115,26	8,96	1075	3,19	Rio Parauapebas
ST-PP-41	168,60	114,09	9,79	4.353	38,32	46,58	2,18	113,24	8,94	3248	2,18	-
ST-PP-42	173,81	112,36	10,06	4.335	40,55	48,48	2,11	111,54	9,24	3247	2,11	-
ST-PP-43	191,90	104,54	8,24	4.407	42,92	53,28	4,10	103,58	7,28	3341	4,10	-
ST-PP-44	202,54	100,44	9,15	4.385	45,33	56,22	1,92	99,47	8,17	3337	1,92	-
ST-PP-45	207,64	98,32	9,03	4.456	47,07	57,93	4,79	97,31	8,02	3440	4,79	-
ST-PP-46	221,31	94,97	10,68	4.419	49,73	61,65	3,01	93,93	9,64	3440	3,01	-
ST-PP-47	228,28	93,20	8,91	4.403	52,03	63,07	2,50	92,20	7,91	3440	2,50	Comunidade Viração Grande (próximo à estrada de Ferro Carajás)
ST-PP-48	247,92	90,06	15,76	5.126	58,80	68,47	2,26	89,20	14,90	4232	2,26	Comunidade Viração Grande (próximo à estrada de Ferro Carajás)

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  43/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

Seção	Distância acumulada da Barragem (km)	Cenário D						Cenário B				Descrição de referência da seção
		Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Tempo de chegada da inundação (h)	Tempo para o pico do hidrograma (h)	Velocidade máxima (m/s)	Elev. máxima da inundação (m)	Prof. máxima da inundação (m)	Vazão de pico do hidrograma (m³/s)	Velocidade máxima (m/s)	
ST-PP-49	255,01	88,91	15,61	5.107	61,67	70,38	2,31	88,10	14,81	4232	2,31	Comunidade Viração Grande (próximo à estrada de Ferro Carajás)
ST-PP-50	255,01	87,15	13,86	5.083	66,53	73,67	2,21	86,44	13,14	4232	2,21	Edificação isolada
ST-PP-51	273,35	85,92	12,63	5.070	68,70	75,68	2,18	85,23	11,94	4232	2,18	-
ST-PP-52	279,22	84,37	11,07	5.063	68,33	77,13	2,58	83,65	10,34	4232	2,58	Montante da foz do rio Sororó
ST-PP-53	282,76	83,23	9,13	5.477	66,57	79,43	4,60	82,11	8,02	4663	4,60	Área Urbana de Marabá
ST-PP-54	292,68	79,72	11,84	5.467	67,65	82,25	2,77	78,80	10,91	4663	2,77	Ponte Rodovia Transamazônica (BR 230)

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>SALOBO</b></p>	
<p><b>ESTUDO DE DAM BREAK</b>  <b>MINA SALOBO</b>  <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b>  <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b>  <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b></p>			<p>Nº VALE</p> <p>Nº TRACTEBEL</p> <p><b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>44/56</b></p> <p>REV.</p> <p><b>A</b></p>

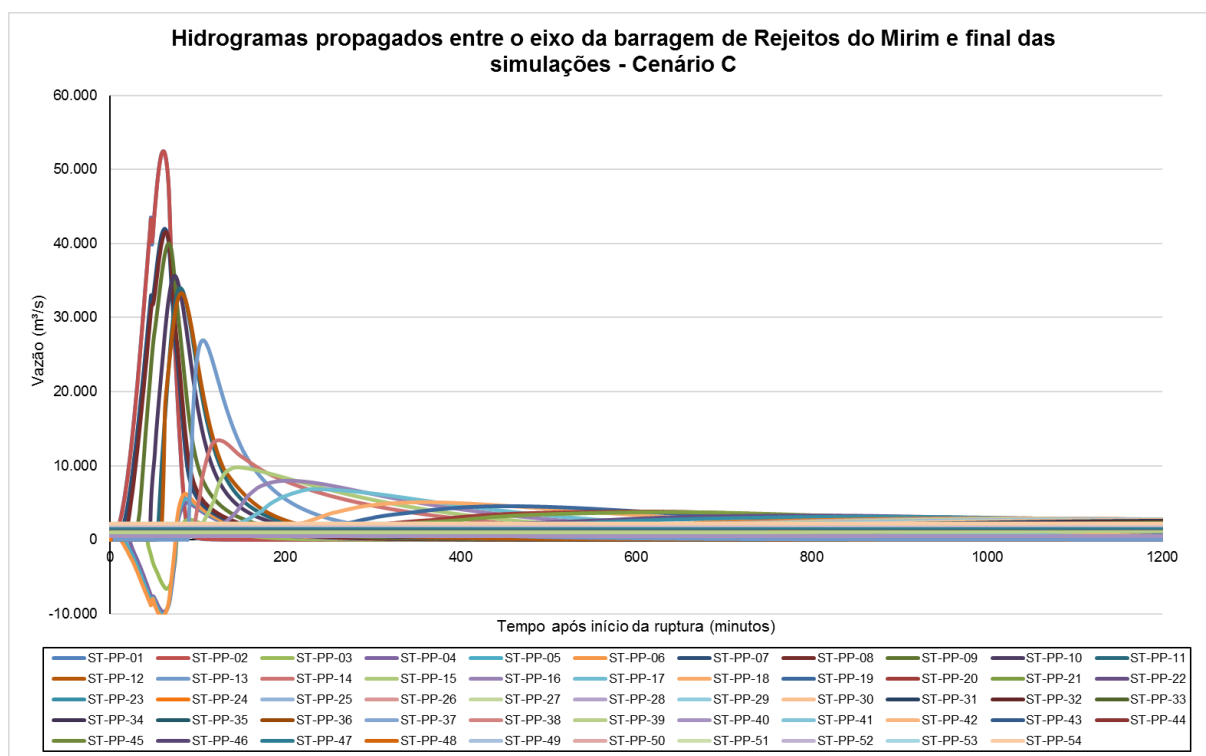


Figura 19 – Propagação do hidrograma de ruptura hipotética da barragem de Rejeitos do Mirim – Cenário C (Ruptura em dia seco)

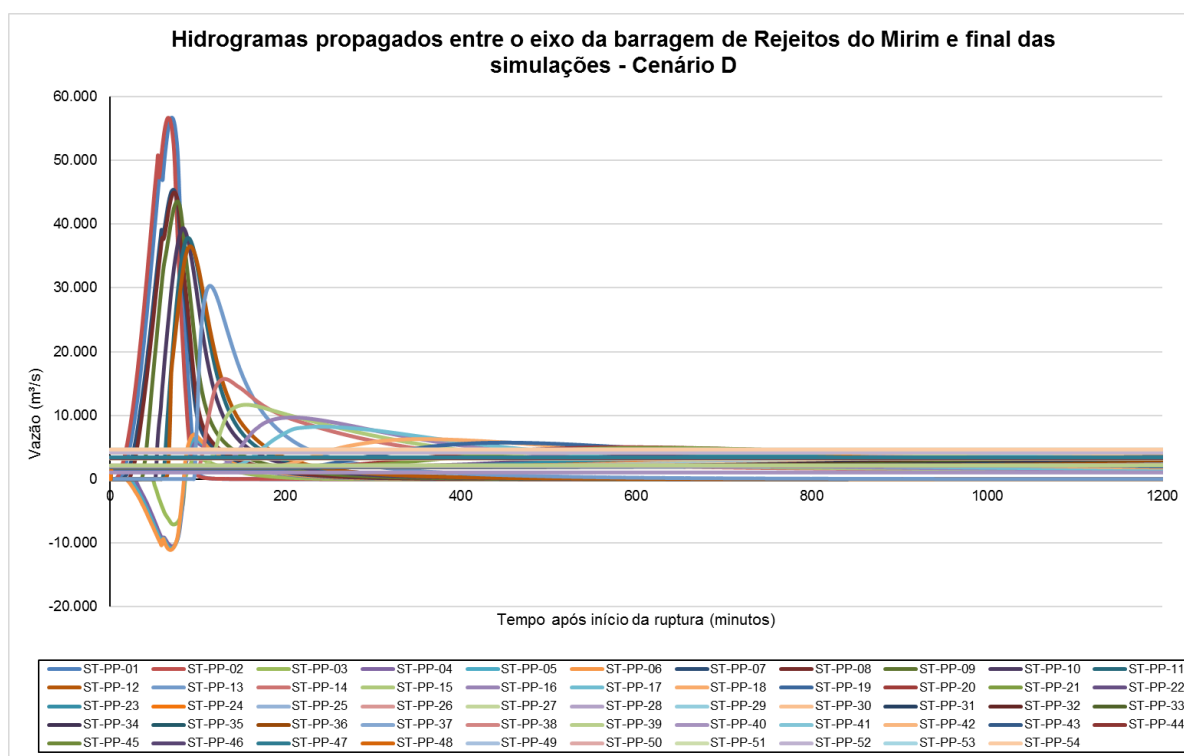


Figura 20 – Propagação do hidrograma de ruptura hipotética da barragem de Rejeitos do Mirim – Cenário D (Ruptura em dia chuvoso)

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>45/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

#### 7.4 REQUISITOS DO CRITÉRIO DE PARADA

O critério de parada para os cenários de ruptura deve ser, preferencialmente, definido pela seção transversal que apresenta profundidade hidráulica igual ou inferior à altura da lamina de água do cenário de cheia natural correlato somado a dois pés.

Isto significa que, para o “Cenário C – Dia Seco (*Sunny Day*)”, a seção transversal atende a seguinte condição:

$$\text{PROF.CENÁRIO C} \leq \text{PROF.CENÁRIO A} + 2 \text{ Pés (0,61m)}$$

Em que:

PROF.CENÁRIO C: Denota profundidade de escoamento máxima atingida na seção no Cenário C correspondente à simulação de Dia Seco (*Sunny Day*);

PROF.CENÁRIO A: Denota profundidade de escoamento máxima atingida na seção no Cenário A correspondente à simulação de Cheia Natural (TR 2 anos).

Para o **Cenário C**, o critério de sobrelevação incremental máxima de 0,61 m não foi atendido até a foz do rio Itacaiúnas, desta forma, foi adotado o critério de confluência com rio de maior porte, no caso, rio Tocantins, a aproximadamente 293,00 km a jusante do eixo da Barragem de Rejeitos do Mirim.

Da mesma maneira, para o “Cenário D – Dia Chuvoso (*Rainy Day*)”, a seção transversal atende a seguinte condição:

$$\text{PROF.CENÁRIO D} \leq \text{PROF.CENÁRIO B} + 2 \text{ Pés (0,61m)}$$

Em que:

PROF.CENÁRIO D: Denota profundidade de escoamento máxima atingida na seção no Cenário D correspondente à simulação de Dia Chuvoso (*Rainy Day*);

PROF.CENÁRIO B: Denota profundidade de escoamento máxima atingida na seção no Cenário B correspondente à simulação de Cheia Natural (TR 100 anos).

Para o **Cenário D**, assim como no Cenário C, o critério de sobrelevação incremental máxima de 0,61 m não foi atendido até a foz do rio Itacaiúnas, desta forma, foi adotado novamente o critério de confluência com rio de maior porte, no caso, rio Tocantins, a aproximadamente 293,00 km a jusante do eixo da Barragem de Rejeitos do Mirim.

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  <b>46/56</b>
			Nº TRACTEBEL  <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV.  <b>A</b>

## 7.5 DESCRIÇÃO RESUMIDA DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO

Os principais danos potenciais identificados ao longo do trecho simulado e os danos que geralmente são observados em eventos de ruptura são listados a seguir. Um estudo de valoração das consequências deve ser elaborado para o detalhamento de tais danos.

- Rompimento em cascata da Barragem de Finos II;
- Impactos em APP – Área de Preservação Permanente nas faixas marginais ao leito dos cursos de água;
- Problemas relacionados ao abastecimento de água nas comunidades ribeirinhas e irrigação nas regiões abastecidas;
- Possíveis interrupções nos acessos locais de terra, inclusive de acessos à mina, correias transportadoras, rodovias, linha de transmissão e no fornecimento de energia elétrica;
- Inundação de áreas rurais e urbanas com potenciais de danos estruturais, sociais e perda de vidas humanas;
- Assoreamento de cursos de água a jusante;
- Destruição da camada vegetal e do habitat, remoção do solo de cobertura, deposição de rejeitos/sedimentos, destruição de vida animal, biota aquática, e demais prejuízos à fauna e flora características da região;
- Pluma de turbidez ao longo dos corpos hídricos considerados, inclusive, em extensão superior ao simulado para a representação das manchas de inundação, podendo chegar ou até ultrapassar a confluência com o rio Tocantins;
- Impactos negativos na produção e na imagem da Vale;
- Possíveis dificuldades para obtenção de novas licenças ambientais da Vale em outras operações da empresa no Brasil.

## 7.6 MAPAS DE INUNDAÇÃO

Os mapas que representam espacialmente os resultados obtidos nos estudos de ruptura hipotética são apresentados nos apêndices A a H deste relatório.



		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  47/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

## 8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresentou os resultados das simulações realizadas para o estudo de ruptura hipotética da barragem de Rejeitos do Mirim (El. 255,00 m).

Foram avaliados os seguintes cenários de ruptura:

- **Cenário D:** Ruptura em dia chuvoso, tendo como modo de falha a erosão interna regressiva do maciço (*piping*) em dia chuvoso com a passagem da cheia decamilenar pelo reservatório. Este cenário considerou as cheias naturais com 100 anos de tempo de retorno (Cenário B) para preenchimento da calha dos rios do vale a jusante do eixo e definição das condições iniciais prévias ao evento de ruptura;
- **Cenário C:** Ruptura em dia seco. O modo de falha para este cenário foi erosão interna regressiva do maciço (*piping*) sem evento de precipitação na bacia de contribuição da Barragem de Rejeitos do Mirim. Para a definição das condições prévias ao evento de ruptura foram consideradas as cheias naturais ordinárias, associadas ao tempo de retorno de 2 anos (**Cenário A**), para preenchimento das calhas dos rios do vale a jusante da barragem;
- **Cenário B:** Cheia natural severa, sem ruptura da barragem. Foram consideradas as vazões associadas ao tempo de retorno de 100 anos, em condições de regime permanente nas calhas a jusante do eixo da Barragem de Rejeitos do Mirim. Os resultados das modelagens hidráulicas deste cenário foram considerados como base para o **Cenário D**;
- **Cenário A:** Cheia natural ordinária, sem ruptura da barragem. Foram consideradas as vazões associadas ao tempo de retorno de 2 anos, em condições de regime permanente nas calhas a jusante do eixo da barragem. Os resultados das modelagens hidráulicas deste cenário foram considerados como base para o **Cenário C**.

O critério de parada do mapeamento das inundações resultantes das modelagens hidráulicas das rupturas hipotéticas da barragem baseou-se na seção transversal que apresentou incremento da profundidade hidráulica igual ou inferior a 2,0 pés (0,61 m) entre as cheias resultante das rupturas dos **Cenários C e D** sobre as correspondentes cheias utilizadas como base, dos **Cenários A e B**. Este critério não foi atendido até a foz do rio Itacaiúnas, assim, foi adotado o critério de confluência com rio de maior porte, no caso, rio Tocantins (aproximadamente 293,00 km a jusante do eixo da barragem).

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  48/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

## 9.0 REFERÊNCIAS

BALL J, BABISTER M, NATHAN R, WEEKS W, WEINMANN E, RETALLICK M, TESTONI I, (Editors) *Australian Rainfall and Runoff: A Guide to Flood Estimation*, © Commonwealth of Australia (Geoscience Australia), 2016. Disponível em: <http://book.arr.org.au.s3-website-ap-southeast-2.amazonaws.com/> - Book 6: Flood Hydraulics – Chapter 7. Safety Design Criteria

COLORADO. *Guidelines for Dam Breach Analysis*. Office of the State Engineer Dam Safety Branch. Fevereiro, 2010

DALRYMPLE, T. (1960). *Flood-frequency analyses*, *Manual of Hydrology*: Part 3, Water Supply Paper

FEMA. *Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risks Associated with Dam Incidents and Failures*. Julho, 2013

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

HUFF, F. A. Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. *Water Resources Research*, v3, n.4, p. 1007-1019. 1967

MARTIN, V. et al. *Challenges with conducting tailings dam breach studies*, *Proceedings of Tailings and Mine Waste Conference*. Outubro, 2015

SMITH G P, DAVEY E K, AND COX R J (2014). *Flood Hazard*. UNSW Australia Water Research Laboratory. Technical Report 2014/07. 30 September 2014

VEN TE CHOW, MAIDMENT e MAYS. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Edition, 1988

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  49/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

## APÊNDICE A - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO A

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 1/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 2/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 3/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 4/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 5/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 6/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 7/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 8/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 9/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 10/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO A - CHEIA NATURAL (TR DE 2 ANOS) FOLHA 11/11

		CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  50/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

## APÊNDICE B - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO B

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 1/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 2/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 3/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 4/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 5/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 6/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 7/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 8/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 9/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 10/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO B - CHEIA NATURAL (TR DE 100 ANOS) FOLHA 11/11

	 	CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  51/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

## APÊNDICE C - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO C

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 1/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 2/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 3/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 4/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 5/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 6/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 7/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 8/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 9/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 10/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO C RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 11/11



		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº VALE		PÁGINA <b>52/56</b>
		Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>		REV. <b>A</b>

## APÊNDICE D - MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – CENÁRIO D

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 1/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 2/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 3/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 4/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 5/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 6/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 7/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 8/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 9/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 10/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 11/11

	 	CLASSIFICAÇÃO  RESTRITA	SALOBO	
ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE	PÁGINA  53/56
			Nº TRACTEBEL  VALE.RT-DB-RSA-102-01.18	REV.  A

## APÊNDICE E - MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO [AUSTRALIAN RAINFALL AND RUNOFF (ARR)] – CENÁRIO C

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 1/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 2/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 3/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 4/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 5/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 6/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 7/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 8/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 9/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 10/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 11/11

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>54/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

## APÊNDICE F - MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO [AUSTRALIAN RAINFALL AND RUNOFF (ARR)] – CENÁRIO D

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 1/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 2/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 3/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 4/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 5/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 6/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 7/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 8/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 9/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 10/11
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – El. 255,00 m MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 11/11

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>55/56</b>
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	REV. <b>A</b>

## APÊNDICE G - MAPA DE TEMPO DE CHEGADA DE ONDA – CENÁRIO C

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m MAPA DE TEMPO DE CHEGADA DA ONDA (PROFUNDIDADE DE 2 PÉS) CENÁRIO C - RUPTURA DIA SECO (SUNNY DAY) FOLHA 1/1

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>SALOBO</b>	
<b>ESTUDO DE DAM BREAK</b> <b>MINA SALOBO</b> <b>BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m</b> <b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>			Nº VALE	PÁGINA
			Nº TRACTEBEL <b>VALE.RT-DB-RSA-102-01.18</b>	<b>56/56</b> REV. <b>A</b>

## APÊNDICE H - MAPA DE TEMPO DE CHEGADA DE ONDA – CENÁRIO D

Número Vale	Título
	ESTUDO DE DAM BREAK MINA SALOBO - BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM – EL. 255,00 m MAPA DE TEMPO DE CHEGADA DA ONDA (PROFUNDIDADE DE 2 PÉS) CENÁRIO D - RUPTURA DIA CHUVOSO (RAINY DAY) FOLHA 1/1