



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – VOLUME III BARRAGEM OITI



Coordenador PAE – Votorantim Cimentos

Eng. Elton Koga – CREA SC 093292-9

Responsável Elaboração PAE – Prosenge Eng.

Eng. Civil Henrique Yabrudi Vieira - CREA SC 057323-9

SB2318-OIT-PA00-RT-0001-01 - SETEMBRO/2023

01	21/09/2023	Aprovado versão Final	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
1B	19/09/2023	Revisado de acordo com Comentários VC 18.09.23	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
1A	11/08/2023	Revisão Lei 14.066/2020 e Inema 16.481/2018	PBE/HYV	Prosenge Projetos e Engenharia
00	17/08/2020	Emissão inicial	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
Revisão	Data	Objeto da revisão	Redação	Empresa

1	SEÇÃO I - INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM	6
1.1	Objetivo do PAE	6
1.1.1	Organização do Relatório	7
1.2	Localização e Acessos da Barragem	8
1.2.1	Descrição e Localização da Bacia	8
1.2.2	Localização e Acessos	9
1.3	Descrição das instalações da barragem	10
1.3.2	Reservatório	13
1.3.3	Dados Hidrometeorológicos	14
1.3.4	Instrumentação Existente	15
1.3.5	Barragem de Jusante.....	17
2	SEÇÃO II – IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E RESPOSTA ÀS POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	18
2.1	Descrição das possíveis situações de emergências	18
2.1.1	Risco Hidrológico	18
2.1.2	Risco Estrutural	19
2.1.3	Conclusão.....	22
2.2	Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, condições potenciais de ruptura da barragem e outras ocorrências anormais	23
2.2.1	Identificação das Emergências Potenciais	23
2.2.2	Classificação das Situações	24
2.2.3	Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.....	24
2.3	Procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais	35
2.3.1	Ações Esperadas.....	35
3	SEÇÃO III - RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE	38
3.1	Atribuições e responsabilidades dos envolvidos	38
3.1.1	Agente Interno – VOTORANTIM CIMENTOS	38
3.1.2	Agentes Externos	39
3.1.3	Atribuições Conjuntas entre a Agente Interno e Agentes Externos	43
3.2	Fluxograma de acionamento.....	45

3.2.1	Procedimentos de Notificação e Sistema de Alerta.....	45
4	SEÇÃO IV – SÍNTESE DO ESTUDO DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO	48
4.1	Metodologia	48
4.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	48
4.1.2	Tipo e Geometria da Barragem.....	49
4.1.3	Causas de Rompimento	49
4.1.4	Formação da Brecha	51
4.1.5	Trecho do Cálculo.....	54
4.1.6	Modelagem Matemática.....	55
4.1.7	Identificação das áreas atingidas.....	56
4.1.8	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo.....	56
4.1.9	Comparativo de altura x velocidade	56
4.2	Dados de entrada utilizados.....	59
4.2.1	Trecho da análise	59
4.2.2	Geografia da região e geometria do rio.....	59
4.2.3	Geometria da barragem.....	60
4.2.4	Hidrograma de Cheias	60
4.2.5	Calibração do modelo matemático.....	62
4.3	Causa considerada para o rompimento	65
4.3.1	Dados utilizados para formação da brecha Barragem Oiti	65
4.4	Simulações Realizadas.....	67
4.4.1	Resultados Básicos Simulação 1	67
4.4.2	Resultados Básicos Simulação 2	67
4.5	Altura Máxima da Onda	68
4.6	Limite Físico a Jusante da Barragem Oiti.....	79
4.7	Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse	79
4.8	Resumo Geral das Seções Atingidas.....	79
4.9	PLANO DE EVACUAÇÃO	83
4.9.1	Estradas Atingidas.....	83
4.9.2	Propriedades Atingidas.....	83

4.9.3	Zona de Autossalvamento – ZAS.....	84
4.9.4	Zona Segurança Secundária	86
4.9.5	Resumo Final	86
5	SEÇÃO V - ANEXOS	88
6	SEÇÃO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
7	SEÇÃO VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Área de Bacia Hidrográfica Rio Macacos na Barragem Oiti	9
Figura 2 – Localização Barragem Oiti	10
Figura 3 – Estruturas da Barragem Oiti.....	11
Figura 4 – Barragem Oiti – Curva Cota x Área x Volume do Reservatório.....	14
Figura 5 – Barragem Oiti – Localização das Seções de análise.....	20
Figura 6 – Seção transversal pela ombreira direita – S2	21
Figura 7 – Seção transversal pela região central – S3	21
Figura 8 – Seção pela ombreira esquerda – S4	21
Figura 9 – Vista Geral do Barramento.....	23
Figura 10 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura	28
Figura 11 – Formação de brecha por galgamento	49
Figura 12 – Formação da brecha por infiltração	50
Figura 13 – Brechas resultantes de falhas nas fundações	51
Figura 14 – Tamanhos e tempo para formação da brecha.....	52
Figura 15 – Tempo de formação da brecha	53
Figura 16 – Nível de perigo relacionado a residências	57
Figura 17 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.....	58
Figura 18 – Nível de perigo relacionado a adultos.....	58
Figura 19 – Nível de perigo relacionado a crianças.....	58
Figura 20 – Seções lançadas no Hec-Ras.....	63
Figura 21 – Perfil do Rio Macacos com Barramento	64
Figura 22 – Dados do Barramento Oiti– Hec-Ras	65
Figura 23 – Dados do Barramento Macacos – Hec-Ras	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Instrumentação em funcionamento – Barragem Oiti	16
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%).....	19
Tabela 3 – Parâmetros Geotécnicos – Estabilidade Barragem Oiti.....	20
Tabela 4 - Síntese dos Resultados das análises de estabilidade.....	22
Tabela 5 – Níveis de Segurança e risco Ruptura - Hidrológico	29
Tabela 6 – Níveis de Segurança e risco Ruptura - Estrutural.....	29
Tabela 7 – Ações de resposta (Normal).....	35
Tabela 8 – Ações de resposta (Atenção).....	36
Tabela 9 – Ações de resposta (Alerta).....	36
Tabela 10 – Ações de resposta (Emergência).....	37
Tabela 11 – Entidades que recebem Cópia PAE.....	43
Tabela 12 – Controle das Entidades que receberam uma cópia Física do PAE.....	43
Tabela 13 – Fontes da geometria do rio (Anexo 9 - 1 – Dados, 2 – Lev. Campo 2020)	60
Tabela 14 – Vazões máximas e os respectivos tempo de recorrência.....	60
Tabela 15 – Hidrograma de Cheias para na Barragem Oiti.....	61
Tabela 16 – Hidrogramas para Barragem Oiti	67
Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da Barragem Oiti sem rompimento da Barragem.....	67
Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da Barragem Oiti com rompimento da Barragem.....	68
Tabela 19 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da Barragem Oiti para TR 10 e TR 100 anos.....	69
Tabela 20 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da Barragem Oiti para TR 10.000 anos.....	74
Tabela 21 – Localização das Seções de Interesse.....	79
Tabela 22 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10 e TR 100 anos .	81
Tabela 23 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10.000 anos	82
Tabela 24 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 10.000 anos	84
Tabela 25 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem.....	85
Tabela 26 – Resumo do Plano de Evacuação	87

1 SEÇÃO I - INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM

1.1 Objetivo do PAE

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergência da Barragem Oiti, no Rio dos Macacos, pertencente à **Votorantim Cimentos**, localizada no estado de Bahia.

O Plano foi desenvolvido segundo as premissas:

- Política Nacional de Segurança de Barragens – Lei Federal nº 12.334/2010 alterada Lei Federal nº 14.066/2020;
- Resolução Normativa – ANA - Nº 236/2017 alterada pela Nº 121/2022;
- Resolução Normativa – INEMA - Nº 16.481/2018;
- Volume IV – Guia Orientação e Formulários dos Planos Ação de Emergência-PAE também da Agência Nacional de Águas – ANA;
- Anexo 7 – Regras de Operação do Vertedouro.

De acordo com a Lei 12.334 de setembro de 2010 alterada 14.066/2020, Resolução Inema nº 16.481/2018 e da Resolução Normativa nº 236 da ANA, todas as barragens deverão ser classificadas conforme o risco e o dano potencial associado.

Após a classificação da barragem Oiti, verificou-se a necessidade de elaboração do Plano de Segurança da Barragem, pois a categoria de risco Baixo e dano potencial Alto resultou em uma barragem **Classe A**, e conseqüentemente é necessário a elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE).

Foi elaborado em 2020 pela Prosenge Projetos Engenharia o primeiro PAE da Barragem Oiti que será substituído pelo documento em questão.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) contempla procedimentos tanto em situações de normalidade como de anormalidade, que deverão ser revistos continuamente, de modo a possibilitar uma ação rápida e segura quando da eminência de um desastre ou da efetivação dele. Deverá ser dada ampla divulgação aos órgãos e instituições envolvidas, principalmente as prefeituras das cidades afetadas.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) visa ainda estabelecer os procedimentos que contribuam para minimizar os danos causados nas áreas de jusante, decorrentes de situações críticas que possam vir a acontecer em virtude de riscos hidrológicos ou da ruptura da barragem. A atenção deste trabalho deverá ser voltada, principalmente, com as conseqüências a jusante com a hipotética ruptura da barragem, com a indicação dos níveis e mapas das ondas de cheia normal e com a ruptura da barragem.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) define as responsabilidades, conforme as atribuições de cada órgão de Governo e Organizações de suporte, sendo que para o agente operador

deve caber a tarefa de alertar os órgãos públicos sobre a possibilidade de ocorrências de eventos extremos, independente da origem dos mesmos, visando à minimização de danos causados por um eventual desastre.

1.1.1 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

VOLUME GERAL

- Seção I - Informações gerais do PAE e da barragem;
 - Objetivo;
 - Localização e acessos da barragem;
 - Descrição das instalações da barragem.
- Seção II – Identificação, análise e resposta às possíveis situações de emergência;
 - Descrição das possíveis situações de emergência;
 - Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, condições potenciais de ruptura da barragem e outras ocorrências anormais;
 - Procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais.
- Seção III - Responsabilidades gerais no PAE
 - Atribuições e responsabilidades dos envolvidos;
 - Fluxograma de acionamento
- Seção IV - Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas
 - Descritivo breve sobre o estudo de ruptura e os critérios adotados para delimitação da Zona de Autossalvamento (ZAS) e da Zona de Segurança Secundária (ZSS).

ANEXOS

- Anexo 1 - Mapas de Inundação
 - Dados – Barragem Macacos, Barragem Oiti e Levantamentos topográficos
 - Seções
 - Mapas de Inundação ZAS com Rotas de Fuga;
 - Mapas de Inundação ZSS.

- Anexo 2 – Plano de Comunicação
 - Fluxograma de Notificação em Emergências;
 - Lista de contatos internos;
 - Lista de contatos externos;
 - Sistema de Notificação de Emergência na ZAS – Sirenes.
- Anexo 3 – Recursos Humanos e Materiais para Resposta à Situação de Emergência.
- Anexo 4 – Levantamento Cadastral da ZAS
- Anexo 5 – Plano de Articulação com Poder Público.
- Anexo 6 – Programa de Treinamento do PAE e Divulgação do PAE.
- Anexo 7 – Monitoramento e Controle de Estabilidade da Barragem.
- Anexo 8 - Formulários Direcionados para o PAE
 - Declaração de Início de Emergência;
 - Declaração de Encerramento de Emergência;
 - Mensagem de Notificação.
- Anexo 9 - ARTs

1.2 Localização e Acessos da Barragem

1.2.1 Descrição e Localização da Bacia

A bacia hidrográfica do rio Macacos na barragem Oiti possui as seguintes características, obtidas no modelo digital do terreno pelo programa QGIS:

- Área da bacia hidrográfica – 0,961 km²;
- Comprimento do talvegue principal – 1,358 km;
- Diferença de Cotas – 38,5 m;
- Declividade Média – 2,84 %;
- Tempo de concentração – 20 minutos;
- Área com vegetação – 430.004 m² - 44,7 % do total;
- Área com campo aberto, pastagem ou plantação – 325.910 m² - 33,9 % do total;
- Acessos – 21.544 m² - 2,2 % do total;
- Edificações – 78.450 m² - 8,2 % do total;
- Área de reservatórios no talvegue – 105.582 m² - 11 % do total.

A barragem se localiza no município de Simões Filho no estado da Bahia, próximo a Salvador. É uma bacia de pequenas dimensões sendo considerada uma microbacia.



Figura 1 – Área de Bacia Hidrográfica Rio Macacos na Barragem Oiti

1.2.2 Localização e Acessos

A Barragem Oiti está localizada no rio dos Macacos, no município de Simões Filho a montante da Barragem dos Macacos. O rio deságua na Baía de Todos os Santos. As coordenadas geográficas do barramento são 12°49'32"S de Latitude Sul e 38°26'29,24"O de Longitude Oeste.

A montante não existe nenhum barramento e a jusante se encontra a Barragem dos Macacos. O acesso a barragem faz-se através da rodovia BA-526 que leva a antiga fábrica de cimento. Após a rótula da torre segue por 1 km entrando à direita na Rua Perimetral 2 onde seguindo por mais 450 m do lado esquerdo está o acesso para a barragem. Nesse acesso em estrada de chão em 1,4 km se encontra a barragem. Na Figura 2 estão os acessos e a localização da barragem.

O desenho de localização e acessos está apresentado no Anexo 1 – 1 Dados.

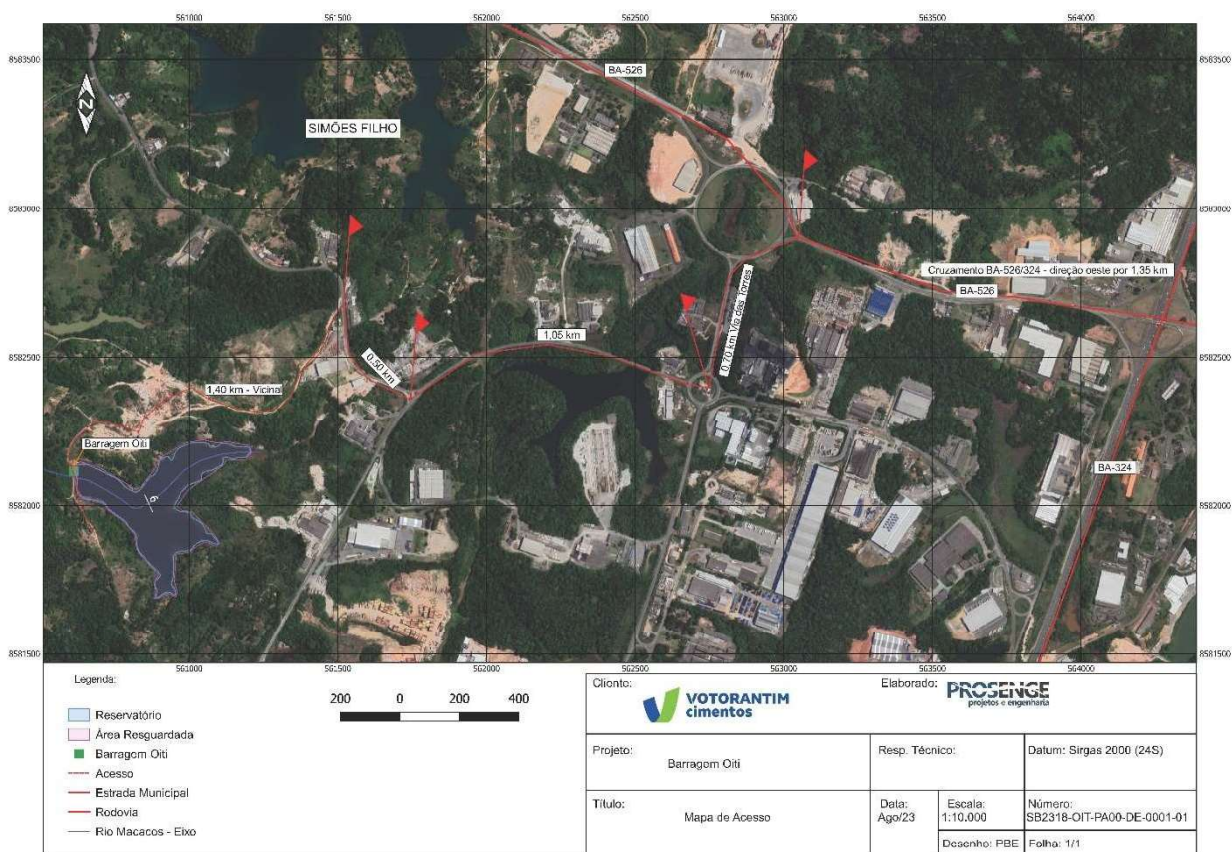


Figura 2 – Localização Barragem Oiti

1.3 Descrição das instalações da barragem

A barragem possui altura máxima sobre fundação de 21,50 m sendo que a crista possui comprimento de 120 m na elevação mínima de 66,14 m. O volume do reservatório na elevação normal é de 0,493 hm³. A crista está protegida com concreto executado em placas e meio fio. O vertedouro de soleira livre tipo tulipa possui a crista na elevação 63,443 m. Na data dos levantamentos topográficos o nível do reservatório estava na elevação 63,493 m resultando em um escoamento de 5 cm sobre a crista do vertedouro resultando em uma vazão de 0,13 m³/s. O vertedouro possui capacidade de descarga de até 14,91 m³/s que corresponde a uma cheia resultante de uma chuva com tempo de recorrência de 7.174 anos, ou seja, o vertedouro possui capacidade de vazão acima da indicada nas Diretrizes Para Elaboração Projetos de Barragem – Volume V – ANA que indica uma capacidade de escoamento para cheias com tempo de recorrência de 1.000 anos para barragens com altura entre 15 e 30 m, que é o caso da Oiti. A restituição do vertedouro se dá por galeria de concreto que atravessa todo o barramento. Na galeria de concreto estão implantados drenos nas laterais da parede e abertura de escoamento da vazão de percolação do filtro da barragem. As comportas da galeria de restituição não estão operantes. Na condição atual não é possível o esvaziamento do reservatório pela estrutura.

A ficha técnica está apresentada abaixo.



Figura 3 – Estruturas da Barragem Oiti

FICHA TÉCNICA - BARRAGEM OITI

FOTO		RESERVATÓRIO	
		Área Drenagem - (km ²):	0,96
		Área NA Normal - (km ²):	0,10
		Volume NA Normal (hm ³):	0,49
		Vazão Sanitária (m ³ /s):	sem trecho vazão reduzida
		Vazão Média - QMLT(m ³ /s):	0,04
		Níveis de Água (m):	Máx. Max.: 64,84
			Normal: 63,50
			Minimo: 63,50
IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR		BARRAGEM	
Nome:	Barragem Oiti	Tipo:	Terra
Municípios:	Simões Filho - BA	Comprimento (m):	120,00
Proprietário:	Votorantim Cimentos	Altura Máxima (m):	21,00
		Largura Crista (m):	4,00
		Elevação da Crista (m):	66,00
		Fundação:	rocha alterada
DATAS		CASCATA	
Manutenção Barragem:	2020 a 2023	Usina Montante:	Inexistente
		Usina Jusante:	Barragem Macacos
BACIA HIDROGRÁFICA		ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO	
Curso d'Água:	Rio Macacos	Tipo:	Soleira livre do tipo tulipa
Bacia (ANA):	5 - Atlântico Leste	Diâmetro (m):	1,90
Sub-Bacia (ANA):	50 - Itapicuru, Vaza Barris e Outros	Capacidade (m ³ /s):	14,91 TR 7.174 anos

Todos os documentos da Barragem estão apresentados no Volume I.

1.3.1.1 Barragem

A barragem da Barragem Oiti trata-se de uma barragem do tipo “terra”, o maciço foi executado em solo compactado estando a fundação aproximadamente na cota 45,00 m, sendo implementada em rocha alterada com a crista na elevação 66,00 m resultando assim em uma altura de 21,00 m. A crista possui comprimento de 120 m.

O talude de montante possui inclinação 1V:2,5H e está protegido com enrocamento rip rap no trecho visível da barragem ao longo de todo o trecho de montante.

A crista possui proteção em concreto convencional com largura aproximada de 4,00 m e possui em ambas as bordas meio fio de proteção, que em vários pontos está coberto com solo proveniente dos acessos da região.

O talude de jusante possui inclinação 1V: 3H, inclinação essa que possivelmente indica uma boa qualidade de materiais de construção. Possui uma berma de 2,5 m na elevação 58,00 m passando talude para inclinação variável, entre 1V:4H e 1V:3H.

As canaletas de drenagem das águas superficiais estão presentes tanto nas laterais da barragem, no contato do maciço compactado com o terreno natural quanto na berma de jusante e no pé da barragem.

Foram recuperados e instalados instrumentos como Piezômetros de Tubo aberto, Medidores de Vazão e marcos superficiais na Barragem em 2022. Também estão implantados piezômetros pneumáticos, porém estes estão inativos. Logo o conjunto de instrumentação ativo e em funcionamento na Barragem Oiti é composto de:

- 10 Piezômetros de Tubo Aberto – Sendo 5 instalados em 2022 e 5 antigos e recuperados em 2022.
- 01 Medidor de vazão instalado na jusante captando água de drenagem da barragem após trincheira.

Quadro 1 – Resumo - Barragem

Tipo	Solo compactado	Unidade
Comprimento total da crista	120,00	m
Altura máxima	21,00	m
Talude Montante	1 : 2,5	V : H
Talude Jusante	1 :4 e 1 :3	V : H
Largura da crista	4,00	m
Cota da crista	66,00	m
Latitude	12°49'31,91"S	° ' ''
Longitude	38°26'29,30"O	° ' ''

1.3.1.2 Vertedouro

O vertedouro é soleira livre tipo tulipa, não há controle de vazões no vertedouro sendo que o nível de água do reservatório varia conforme a vazão no vertedouro.

Os cálculos hidráulicos realizados com base nas dimensões das estruturas, obtidas dos levantamentos topográficos indicam uma capacidade máxima de escoamento de 14,91 m³/s para uma carga de 1,40 m sobre a crista (64,443 m) da tulipa (TR de 7.174 anos), com o nível do reservatório na elevação 64,84 m e uma borda livre mínima de 1,31 m.

Quadro 2 – Resumo - Vertedouro

Tipo	Superfície Livre - Tulipa	Unidade
Capacidade máxima de descarga	14,91 (TR 7.174 anos)	m ³ /s
Cota da soleira	64,443	m
Diâmetro Tulipa	1,90	m

Abaixo está apresentada curva de descarga do Vertedouro.

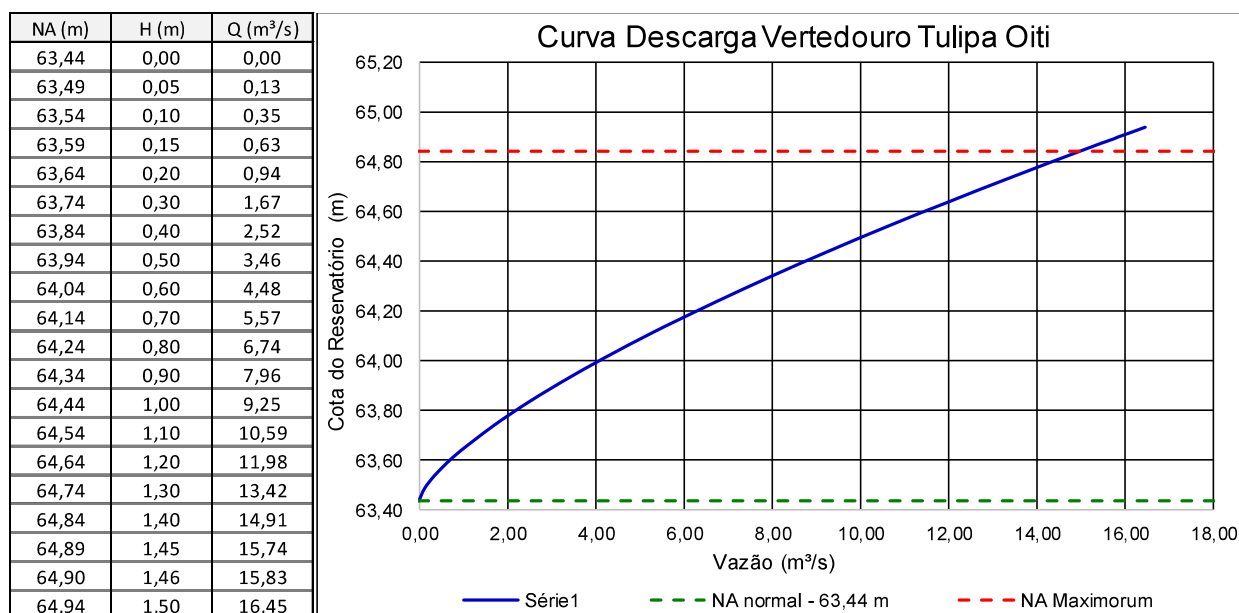


Gráfico 1 – Curva de Descarga Vertedouro

1.3.2 Reservatório

O nível de água normal de operação na EL. 63,50 m. O quadro e a figura a seguir apresentam a cota x área x volume do reservatório, sendo que no NA Normal apresenta área alagada de 0,10 km² e volume de reservatório de 0,493 hm³.

Quadro 3 – Tabela Cota x Área x Volume do Reservatório

COTA (m)	ÁREA (ha)	Área (km ²)	VOLUME ACUM. (hm ³)
49	0,00	0,00	0
50	0,02	0,00	0,000
51	0,22	0,00	0,001

COTA (m)	ÁREA (ha)	Área (km ²)	VOLUME ACUM. (hm ³)
52	0,45	0,00	0,005
53	0,70	0,01	0,010
54	0,97	0,01	0,019
55	1,45	0,01	0,031
56	2,23	0,02	0,049
57	3,22	0,03	0,076
58	4,25	0,04	0,114
59	5,06	0,05	0,160
60	5,96	0,06	0,215
61	7,08	0,07	0,281
62	8,18	0,08	0,357
63	9,29	0,09	0,444
63,5	10,11	0,10	0,493
64	11,60	0,12	0,547
65	13,14	0,13	0,671
66	14,52	0,15	0,809

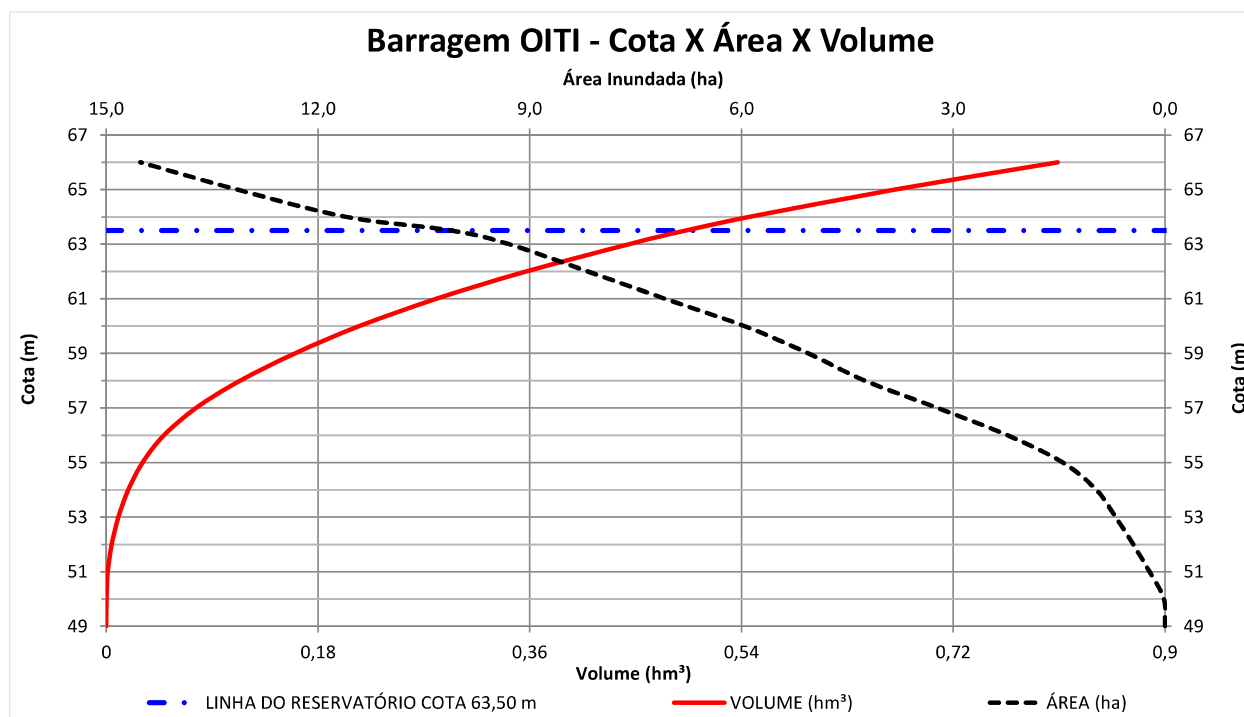


Figura 4 – Barragem Oiti – Curva Cota x Área x Volume do Reservatório

1.3.3 Dados Hidrometeorológicos

De acordo com Estudos de Rompimento da Barragem - Barragem Oiti/SP realizados pela empresa Prosenge Projetos e Engenharia em agosto/2020, foram realizadas simulações com o modelo chuva-vazão, seguindo a disponibilidade de dados hidrometeorológicos, onde foram atualizados alguns dados de projeto conforme quadro abaixo.

Quadro 4 – Resumo – Dados Hidrometeorológicos



Descrição	Valor	Unidade
Vazão média de longo termo - MLT	0,04	m ³ /s
Vazão máxima de projeto do vertedouro – 7.174anos	14,91	Nº de anos e m ³ /s

1.3.4 Instrumentação Existente

Foram realizadas recuperação e instalação de novos instrumentos na Barragem, que foram detalhados no Volume I - item 2.2.7.

Logo após manutenções/instalação executadas em 2022/2023, foi possível iniciar leituras dos instrumentos em funcionamento, listados na tabela abaixo.

Tabela 1 - |Instrumentação em funcionamento – Barragem Oiti

Instrumento	Símbolo	Tipo	Local/Seção	Norte	Este	Profundidade	Localização	Data Instalação
PZ-03		Piezômetro	1 - Principal	8.582.103,82	560.552,30	4,00	Contato	28/10/2022
PZ-06A		Piezômetro		8.582.087,05	560.613,89	26,20	Fundação	31/10/2022
PZ-06B		Piezômetro		8.582.087,05	560.613,89	21,00	Contato	31/10/2022
PZ-07A		Piezômetro		8.582.090,83	560.584,01	15,50	Fundação	03/11/2022
PZ-07B		Piezômetro		8.582.090,83	560.584,01	12,50	Contato	03/11/2022
PZ-17		Piezômetro	2 -OmbDireita	8.582.121,96	560.610,56	15,56	Fundação	Existente
PZ-18		Piezômetro		8.582.120,10	560.599,41	15,90	Fundação	
PZ-19		Piezômetro	4 -OmbEsquerda	8.582.072,30	560.604,99	11,48	Fundação	
PZ-20		Piezômetro		8.582.072,16	560.596,82	10,82	Fundação	
PZ-22		Piezômetro	Ombreira Esquerda	8.582.062,39	560.605,43	11,68	Fundação	
MV-01		Medidor de Vazão	Jusante	8.582.112,54	560.552,82			

1.3.5 Barragem de Jusante

Na jusante está impactada a Barragem de Macacos, pertencente a Marinha do Brasil.

O quadro abaixo apresenta a localização relativa da Barragem Oiti na divisão de quedas do Rio Macacos.

No Anexo 1- Mapas Inundação – Item 1 - Dados – Subitem 1 - Macacos, estão apresentados alguns desenhos e informações da Barragem Macacos.

Quadro 5 - Barramentos próximos a Barragem Oiti

Posição em relação à Barragem Oiti	Aproveitamento	Proprietário
Montante	Sem Barragem	
Barragem Oiti		Votorantim Cimentos
Jusante	Macacos	Marinha do Brasil

2 SEÇÃO II – IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E RESPOSTA ÀS POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

2.1 Descrição das possíveis situações de emergências

O Quadro abaixo apresenta a classificação de Segurança de Barragem constante na ANA e INEMA, da Barragem Oiti, de acordo com Lei Nº 12.334, de 2010 alterada Lei 14.066/2020.

Quadro 6 – Classificação de Segurança da Barragem – Barragem Oiti

Categoria de Risco (CRI)	Dano Potencial Associado (DPA)	Classificação
Baixo	Alto	A

A resolução normativa Nº 236 de 2017 alterada Nº 121/2022 da ANA estabelece que o Plano de Ação de Emergência – PAE é parte integrante do Plano de Segurança de Barragens para barragens classificadas como A ou B segundo a matriz de classificação desta mesma resolução (Anexo I – Volume I).

O PAE dará maior confiabilidade ao empreendimento frente a situações de emergência, levando em consideração a inexistência de risco zero, mesmo com todas as medidas preventivas adotadas.

Os riscos de ocorrência de algum tipo de problema ficam restrito às condições estruturais, de projeto, de construção, operacional e/ou a conjunção destes fatores com as condições operacionais e com os riscos hidrológicos.

Deve-se salientar que as condições atuais de monitoramento são satisfatórias, o que proporciona um melhor controle sobre toda a estrutura, principalmente no que se refere às condições hidrológicas, que é uma das principais causas de falha.

Os riscos hidrológicos serão monitorados e acompanhados conforme os manuais de operação, já os riscos estruturais serão monitorados e acompanhados pelas orientações do Plano de segurança da Barragem.

2.1.1 Risco Hidrológico

2.1.1.1 Risco Relacionado à Capacidade do Vertedouro

O vertedouro do Barramento Oiti atualmente tem capacidade máxima de escoamento de 14,91 m³/s, com o reservatório no nível máximo de 64,84 m vazão acima de 1.000 anos recorrência. A Curva de descarga do vertedouro está representada no Anexo 6.

Como a barragem principal tem coroamento atual na El. 66,14 m, e o nível de água correspondente ao NA Máx Maximorum é de 64,84 m, temos uma borda livre de 1,30 m.

A probabilidade de uma determinada cheia ocorrer ou ser ultrapassada num ano qualquer é o

inverso do tempo de retorno $P = \frac{1}{TR}$, e a de não acontecer é $p=1-P$.

A probabilidade de ocorrer pelo menos uma cheia que seja igual e (ou exceda) àquela de período de retorno TR, num intervalo de “n” anos qualquer pode ser dada pela expressão:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n$$

Equação 1: Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno

Portanto, o risco encontrado para obra hidráulica da Barragem Oiti, considerando o vertedouro seguro para a cheia acima da milenar (TR 7.174 anos), pode ser analisado pela Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)

TR (anos)	Período de Vida da Estrutura (em anos)			
	1	10	25	50
100	1,00	9,56	22,21	39,49
500	0,20	1,98	4,88	9,52
1.000	0,10	0,99	2,47	4,88
7.174	0,014	0,14	0,35	0,69
10.000	0,01	0,10	0,25	0,50

É importante ressaltar que os riscos assumidos pelo projeto são médios, ou seja, para um tempo de retorno atual (TR=7.174 anos) os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto variam de **0,014% a 0,69%** considerando os diferentes períodos de vida útil do empreendimento, o que demonstra que é remota a possibilidade de dano na barragem em função de cheias.

2.1.1.2 Riscos Relacionados às Regras de Operação ou Falhas nos Equipamentos

Devido vertedouro ser de soleira livre - tulipa, ele não possui regra operativa, pois toda vazão afluyente é vertida sem controle. Logo, não existe risco referente a falha de operação.

2.1.2 Risco Estrutural







A análise da estabilidade das estruturas de terra foi desenvolvida pela empresa Tractebel Engenharia em 2022 e será detalhada abaixo. A memória de cálculo P.019718.001-A-BA00-O-ME-001 - A- Estabilidade Barragem, está apresentada Anexo I – 1 Dados.

Neste item são apresentadas as premissas de cálculo empregadas no estudo de estabilidade para avaliação da segurança da barragem. Também são apresentados os resultados das análises realizadas.

2.1.2.1 Parâmetros Geotécnicos

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de percolação e estabilidade para a Barragem Oiti são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros Geotécnicos – Estabilidade Barragem Oiti

#	Material	Cor do material	Permeabilidade (cm/s)	Peso Específico γ (kN/m ³)	Coesão c' (kPa)	Ângulo de atrito ϕ (°)
1	Aterro compactado		$3,15 \times 10^{-6}$	19	15	32
2	Sedimentos		1×10^{-4}	17	2	33
3	Argila siltosa (fundação)		5×10^{-8}	18	10	30
4	Areia (fundação)		$1,65 \times 10^{-3}$	17	0	33
5	Siltito		5×10^{-5}	Impenetrável		
6	Conglomerado Granulítico		$2,22 \times 10^{-5}$	Impenetrável		

Fonte: P.019718.001-A-BA00-O-ME-001 - A- Estabilidade Barragem (Tractebel 2022)

2.1.2.2 Seções de análise de estabilidade

As seções empregadas no estudo de estabilidade foram determinadas em virtude da localização da lagoa de jusante. As seções empregadas nas verificações de estabilidade são apresentadas em planta na Figura a seguir:

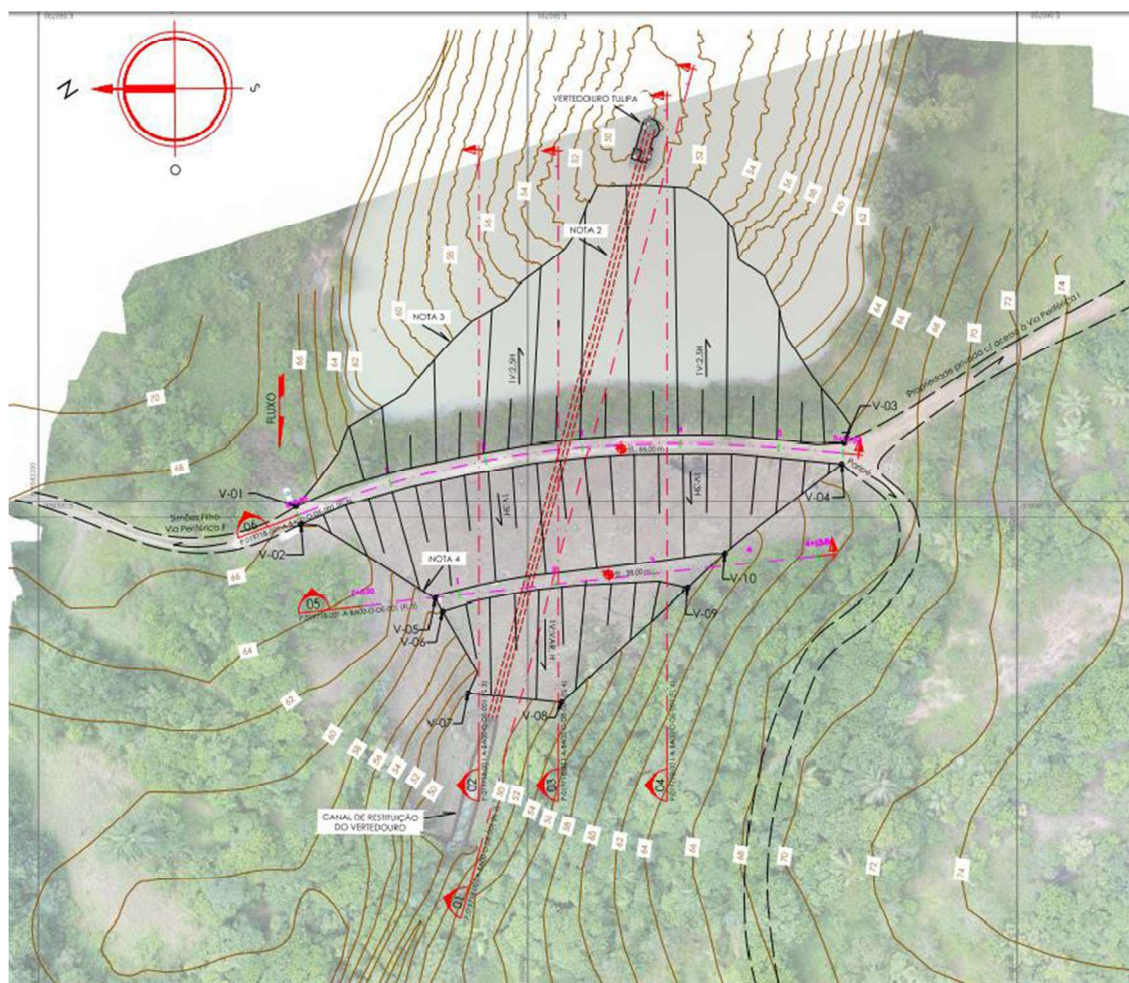


Figura 5 – Barragem Oiti – Localização das Seções de análise

Fonte: P.019718.001-A-BA00-O-ME-001 - A- Estabilidade Barragem (Tractebel 2022)

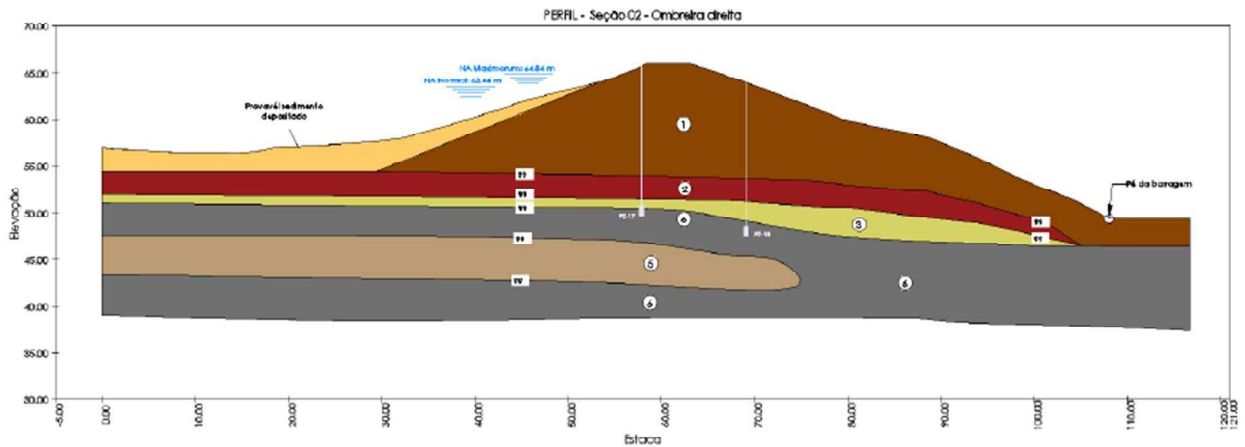


Figura 6 – Seção transversal pela ombreira direita – S2

Fonte: P.019718.001-A-BA00-O-ME-001 - A- Estabilidade Barragem (Tractebel 2022)

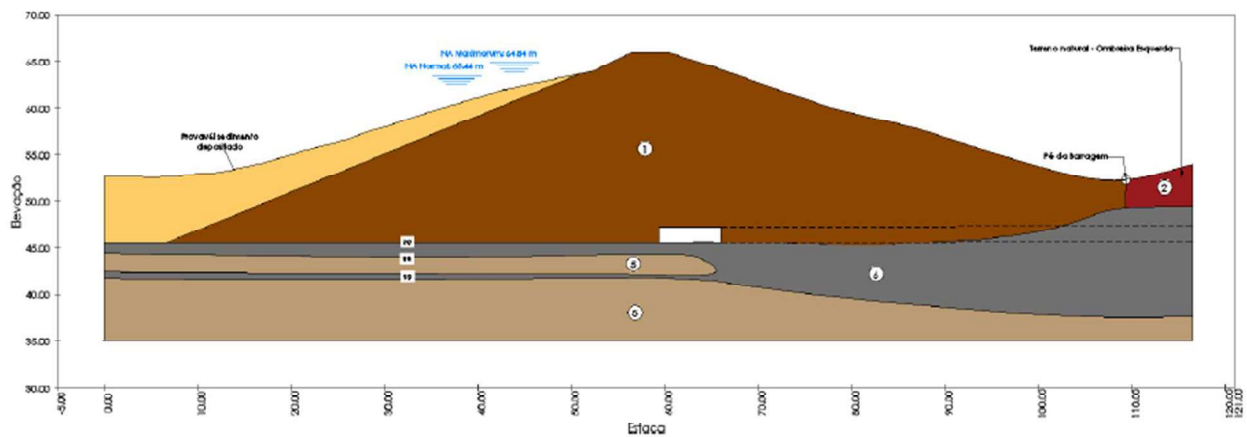


Figura 7 – Seção transversal pela região central – S3

Fonte: P.019718.001-A-BA00-O-ME-001 - A- Estabilidade Barragem (Tractebel 2022)

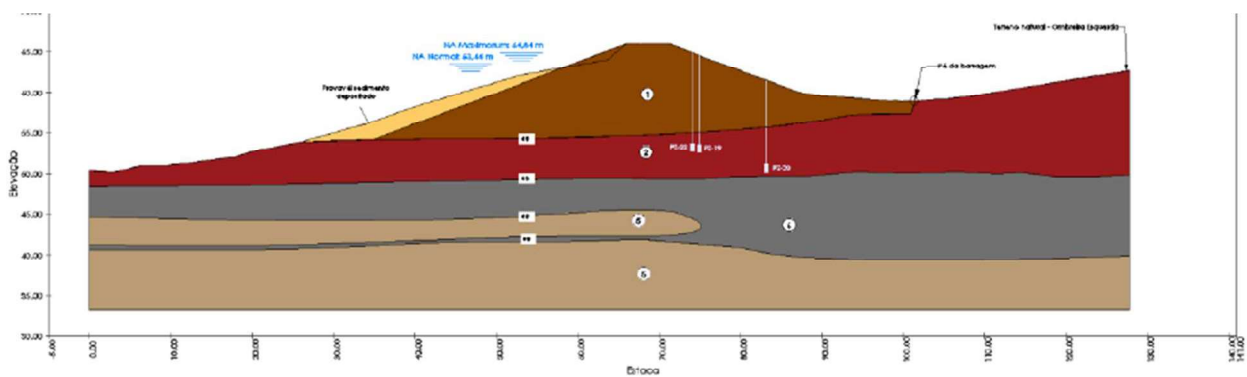


Figura 8 – Seção pela ombreira esquerda – S4

Fonte: P.019718.001-A-BA00-O-ME-001 - A- Estabilidade Barragem (Tractebel 2022)

2.1.2.3 Síntese dos Resultados das Análises de Estabilidade

A Tabela a seguir, apresenta o resumo dos resultados das análises de estabilidade desenvolvidas para a barragem.

As análises de estabilidade estáticas apontam para a estabilidade da estrutura, com fatores de segurança acima do mínimo previsto pelo Critério de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas Eletrobrás

(2003). Entretanto, a Tractebel recomendou implantação de uma trincheira drenante no pé da Barragem por não possuir dispositivos de controle de percolação, a barragem necessita ser avaliada face ao gradiente de saída.

Esta trincheira foi implantada em julho/2023 e descrita no Volume I.

Tabela 4 - Síntese dos Resultados das análises de estabilidade

	Condição	Paramento	FS Critério de Aceitação	FS Obtido
Ombreira Direita – Seção 02	Regime Permanente	Jusante	1,5	1,59
		Montante	1,5	3,32
	Sismo	Jusante	1,0	1,39
		Montante	1,0	2,32
	Rebaixamento Rápido	Montante	1,1	1,55
Região Central – Seção 03	Regime Permanente	Jusante	1,5	2,82
		Montante	1,5	2,96
	Sismo	Jusante	1,0	2,40
		Montante	1,0	2,10
	Rebaixamento Rápido	Montante	1,1	1,16
Ombreira Esquerda – Seção 04	Regime Permanente	Jusante	1,5	2,34
		Montante	1,5	2,06
	Sismo	Jusante	1,0	1,97
		Montante	1,0	1,47
	Rebaixamento Rápido	Montante	1,1	1,21

Fonte: P.019718.001-A-BA00-O-ME-001 - A- Estabilidade Barragem (Tractebel 2022)

2.1.3 Conclusão

Conclui-se que as Barragem Oiti atendem normas de segurança em relação a estabilidade. Além disso, como prevenção de risco de colapso estrutural, o Plano de Segurança da Barragem (SB2318-OIT-PS00-RT-0001-1B -Relatório Gestão Seg Barragem Oiti), tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.



Figura 9 – Vista Geral do Barramento

2.2 Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, condições potenciais de ruptura da barragem e outras ocorrências anormais

2.2.1 Identificação das Emergências Potenciais

O estudo das possibilidades de desastres e do grau de vulnerabilidade dos corpos e sistemas receptores aos efeitos adversos permite a avaliação, a definição e a hierarquização das áreas de maior risco de inundação e Emergências Potenciais.

Na elaboração deste PAE, nos estudos elaborados pela empresa Prosenge, foram determinados os locais com risco de inundação através de simulações das seguintes condições:

- Cenário de Rompimento

Foi simulado rompimento de barragem, ou seja, rompimento estrutural/geológico com vazão TR 10 anos (dia de sol), TR 100 anos e TR 10.000 anos.

Para a simulação de rompimento, devido às características da barragem onde o trecho com maior altura sobre a fundação é de terra, a hipótese considerada foi de grande vazamento originário de infiltrações (piping) no trecho mais profundo. O grande acúmulo de água em decorrência do elevado índice pluviométrico (recorrência) e os danos causados por erosão pluvial, correspondendo à **vazamento (piping) no ponto mais baixo do barramento de terra.**

Detalhes da formação da brecha estão apresentados no item 4.3.1.

Neste cenário foi verificado galgamento da barragem Macacos, a jusante. Considerado efeito de cascata com galgamento da barragem Macacos a partir de 20 cm.

- Cenários de Não Rompimento:

Foi simulado condição de enchente, TR=10 anos, TR=100 anos e TR=10.000 anos sem rompimento da Barragem Oiti.

2.2.2 Classificação das Situações

A gestão da emergência é efetuada em função do nível de resposta necessário para a situação no momento.

Os níveis de resposta devem ser definidos tanto para situação inicial com níveis de enchentes naturais para os diversos tempos de recorrência quanto para a situação de ruptura.

A classificação do nível de resposta deve ser feita em quatro níveis, de acordo com a descrição das características gerais de cada situação de emergência em potencial da barragem. A convenção é utilizada para graduar as situações que podem comprometer a segurança da barragem e ocupações a jusante e ativar um processo de emergência na barragem. Foi adaptado de acordo com a Barragem a convecção indicada no Item 2.2, do Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (ANA) - Volume IV - Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE, conforme abaixo:

Nível de Resposta	Situação
VERDE	Situações de incidente declarado ou previsível, com as seguintes características: i) serem estáveis ou que se desenvolvem muito lentamente no tempo; ii) poderem ser controladas pelo Empreendedor; iii) poderem ser ultrapassadas sem consequências nocivas no vale a jusante.
AMARELO	Situações que impõem um estado de atenção na barragem e/ou no vale a jusante, inclusive no caso em que a magnitude da vazão afluente ao reservatório exija a liberação de vazão efluente superior às condições de restrição a jusante (cotas ou vazões limites impostas para evitar inundação de habitações ou infraestruturas importantes). As características principais são: i) a situação tende a progredir lentamente, permitindo a realização de estudos para apoio à tomada de decisão; ii) existe a convicção de ser possível controlar a situação, embora o coordenador do PAE possa vir a necessitar de assistência especial de entidades externas; iii) existe a possibilidade de a situação se agravar e de se desenvolverem efeitos perigosos no vale a jusante sobre pessoas e bens.
LARANJA	Situações que impõem um estado de alerta geral na barragem. As características principais deste nível de resposta são as seguintes: i) a situação tende a progredir rapidamente, podendo não existir tempo disponível para a realização de estudos para apoio à tomada de decisão; ii) admite-se não ser possível controlar o acidente, tornando-se indispensável a intervenção de entidades externas; iii) existe a possibilidade de a situação se agravar com a ocorrência de consequências muito graves no vale a jusante.
VERMELHO	Situação de catástrofe inevitável, incluindo o início da ruptura da barragem.

2.2.3 Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

O monitoramento de segurança se dará por duas condições: Hidrológica e Estrutural.

2.2.3.1 Condição Hidrológica

A condição hidrológica será controlada pelo vertedouro onde deverão ser monitorados os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem.

A regra operativa do reservatório para controle de enchentes está estabelecida no documento apresentado no Anexo 7, onde a restrição de operação é a vazão máxima defluente é de 14,91 m³/s (TR 7.174 anos). O vertedouro de soleira livre- tulipa é a estrutura que controlará as cheias na Barragem Oiti.

De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme o gráfico da Figura 10.

A **EMERGÊNCIA – Rompimento da Barragem** poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento, mesmo apenas com a vazão média passando pela barragem, em conjunto com o rompimento da barragem.

Na Figura 10 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão defluente do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia 14,91 m³/s (TR 7.174 anos) já fica definido o nível de **EMERGÊNCIA**.

A Tabela 5 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

2.2.3.2 Condição Estrutural

A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento conforme critérios estabelecidos no Plano de Segurança da Barragem (Volume I).

Este Plano tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional da barragem e vertedouro, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

O Plano de Segurança da Barragem contém os Manuais de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI) para a Barragem.

A manutenção das boas condições estruturais do barramento Oiti garante sua integridade e reduz drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.

A Tabela 5 apresenta os níveis de segurança para as condições estruturais, na alínea b), juntamente com as providências a serem tomadas pela equipe de operação.

2.2.3.2.1 Monitoramento da Instrumentação de Auscultação

A instrumentação implantada possui o objetivo de monitorar as barragens de terra.

A estrutura da Barragem está instrumentada com piezômetro tubo aberto - tipo Casagrande, marcos superficiais/referência e medidor de vazão. Estes instrumentos têm como objetivo

monitorar/acompanhar deslocamentos da barragem, bem como pressão - Nível de Água (NA) - da água intersticial nos locais selecionados.

O sistema de auscultação atuante destas estruturas é composto por instrumentos:

- 10 Piezômetros de Tubo Aberto – Sendo 5 instalados em 2022 e 5 antigos e recuperados em 2022.
- 01 Medidor de vazão instalado na jusante captando água de drenagem da barragem após trincheira.

No Plano de Segurança da Barragem (SB2318-OIT-PS00-RT-0001-1B – Volume I) está estabelecido frequência de leituras e monitoramento.

2.2.3.2.2 Monitoramento das Estruturas

O sistema de monitoramento está contemplado nos manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e monitoramento do relatório de segurança da barragem, sendo que este faz parte do Plano de Segurança da Barragem. Este Manual contém:

- Procedimentos de inspeções civis visuais informando onde e o que se deve observar;
- Fichas de Inspeções a serem utilizadas nas inspeções civis;
- Instruções de trabalho para procedimentos de manutenções mais comuns de reparos nas estruturas.

Não menos importantes são os programas de inspeções visuais classificadas em três níveis:

- Inspeções Rotineiras

São aquelas que devem ser executadas pela equipe interna da segurança da barragem. A frequência dessas inspeções deverá ser definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.

- Inspeção de Segurança Regular

A inspeção de segurança regular será realizada por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas do barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação. A frequência destas inspeções deverá ser **anual** conforme a classificação do barramento. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados nas listas de verificações anuais. Também deverão ser analisados os dados das inspeções rotineiras.

Os relatórios de inspeção de segurança regular deverão conter minimamente estas informações:

- Identificação do representante legal do empreendedor;

- Identificação do responsável técnico;
- Avaliação da instrumentação disponível na barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;
- Avaliação de anomalias que acarretem mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da barragem;
- Comparativo com inspeção de segurança regular anterior;
- Diagnóstico do nível de segurança da barragem;
- Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

- **Inspeções Segurança Especial**

As inspeções especiais serão realizadas quando convocadas. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente ou onde se detecte algum problema que mereça atenção especial. Depois de cheias e chuvas torrenciais com recorrência maior que 100 anos, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas. Aumento da vazão nos medidores de vazão sem motivo aparente e principalmente com carreamento de material é motivo para acionamento de alerta e de inspeção especial.

2.2.3.2.3 Revisão Periódica de Segurança

A Revisão Periódica de Segurança (RPS) tem o objetivo de diagnosticar o estado geral de segurança da barragem com vistas aos avanços tecnológicos, atualização de informações hidrológicas na bacia bem como os critérios de projeto e uso do solo na bacia a montante do barramento. Deve ser realizado a cada 5 anos conforme a classificação da barragem (Classe A).

BARRAGEM OITI - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO

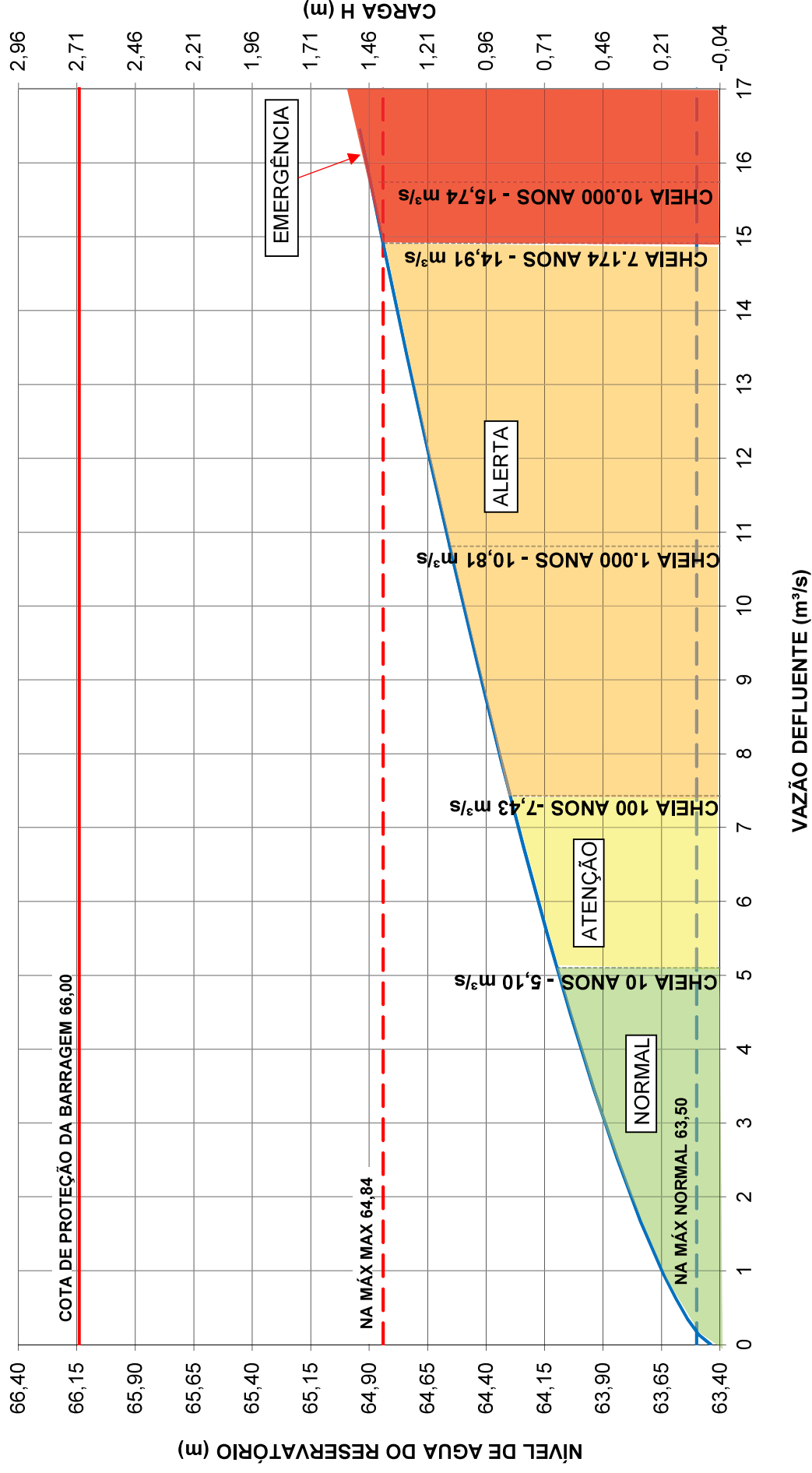


Figura 10 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 5 – Níveis de Segurança e risco Ruptura - Hidrológico

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (VERDE)	
a) Operação normal da estrutura de descarga	a) Vertimentos até 5,10 m ³ /s (NA 63,44 a 64,10 m) – Realizar o monitoramento das precipitações e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório;
Nível Atenção (AMARELO)	
a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS	a) Vertimentos de 5,10 até 7,43 m ³ /s (NA 64,10 a 64,30 m - Até TR 100 anos) - Monitoramento do aumento de acordo com previsão pluviométrica.
Nível Alerta (LARANJA)	
a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS e NA Máx Max.	a) Vertimentos de 7,43 até 14,91 m ³ /s (NA até 64,84 m - TR entre 100 e 7.174 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com NA Máx Max. e aviso para Barragem de Macacos de modo avaliar capacidade de amortecimento da enchente.
Nível Emergência (VERMELHO)	
a) Galgamento da Barragem prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	Possibilidade de Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS.
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;	

Tabela 6 – Níveis de Segurança e risco Ruptura - Estrutural

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (VERDE)	
b) Anomalia na estrutura do barramento sendo controlada e monitorada	b) Monitoramento da anomalia conforme plano de segurança da barragem;
Nível Atenção (AMARELO)	
b) Anomalia no barramento sendo controlada, monitorada ou deve ser reparada	b) Monitoramento da anomalia conforme plano de segurança da barragem e avaliação da equipe técnica de segurança para necessidade de reparos;
Nível Alerta (LARANJA)	
b) Aumento da anomalia na estrutura do Barramento com qualquer condição hidrológica	b) Manutenção imediata para reduzir o problema;
Nível Emergência (VERMELHO)	
b) Possibilidade de Ruptura, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição.	Possibilidade de Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS.
b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.	

EMERGÊNCIA – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica com a formação de brecha de ruptura por galgamento ou pipping, causando rompimento da Barragem. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante dos barramentos.

IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem.

2.2.3.3 Tramitação das Informações

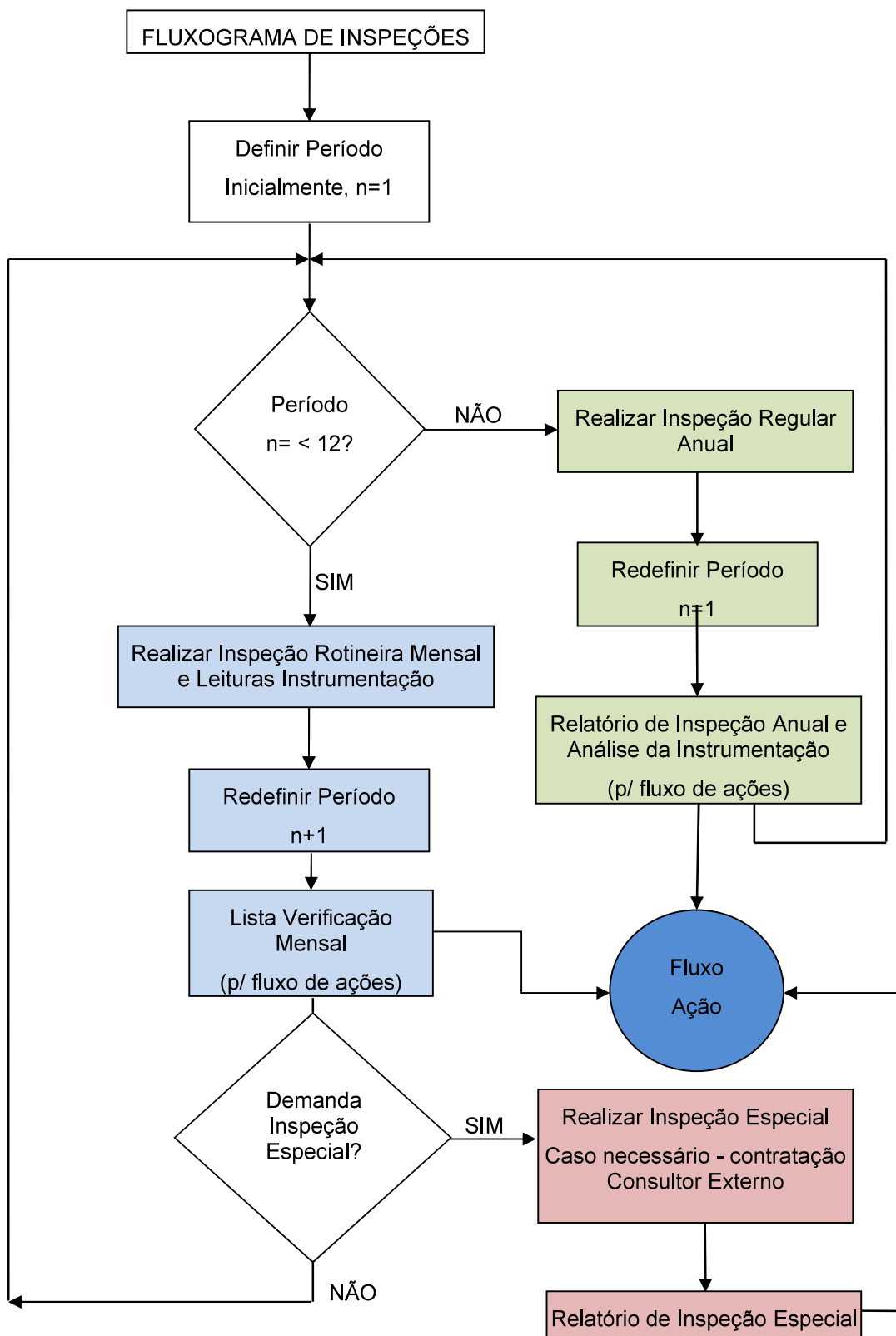
O fluxograma apresenta as atividades da equipe de inspeção e manutenção das estruturas civis e a interface com a Gerência da Barragem sendo de inspeções e de ações.

O fluxograma de inspeções (Fluxograma 1) indica a sequência dos procedimentos para as inspeções nas estruturas de acordo com a periodicidade necessária.

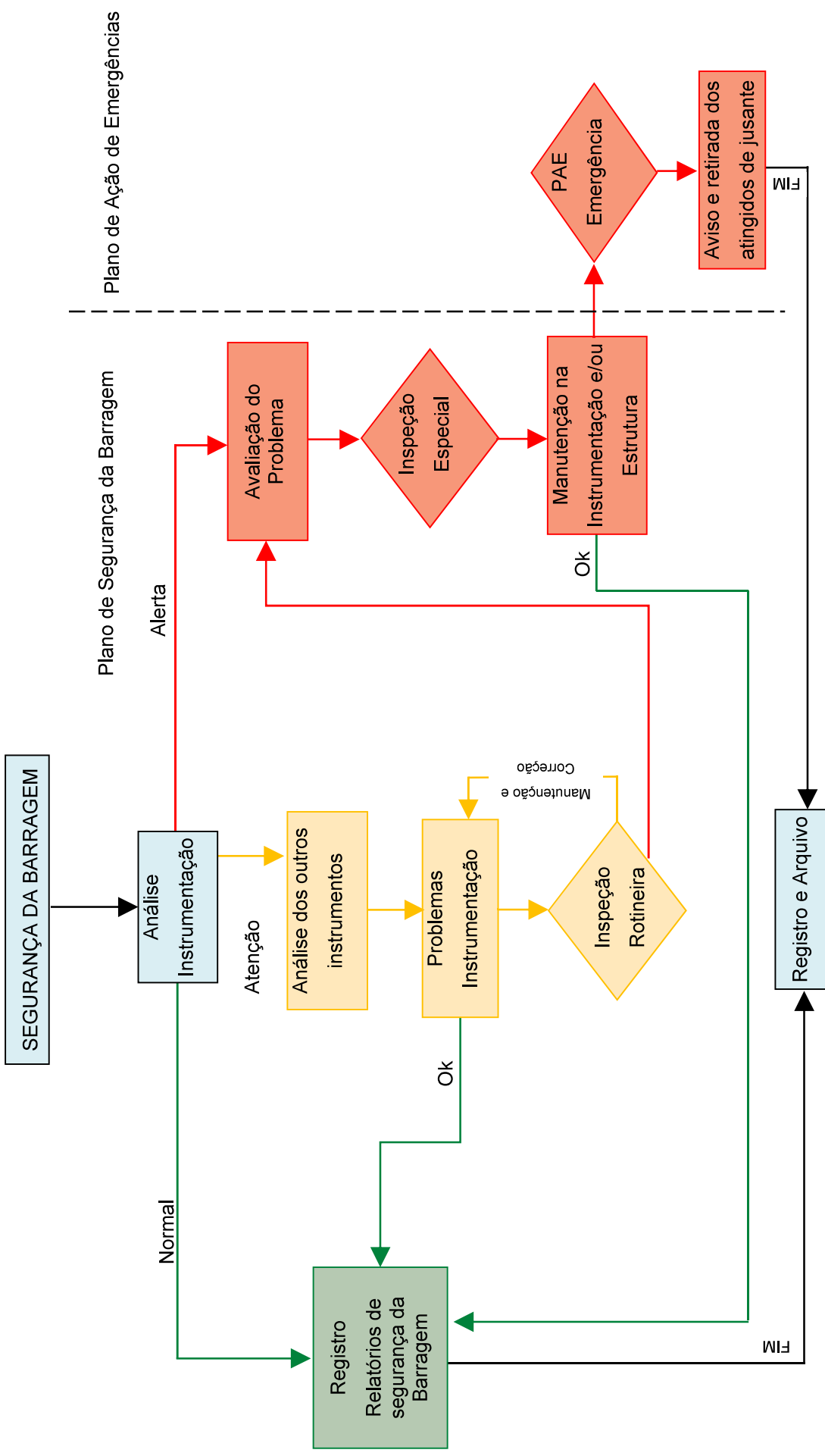
O fluxograma de segurança da barragem (Fluxograma 2) indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados obtidos na instrumentação, inspeções e no relatório das inspeções.

O fluxograma de ações (Fluxograma 3) indica a sequência na tomada de decisões com base nos no nível de emergência.

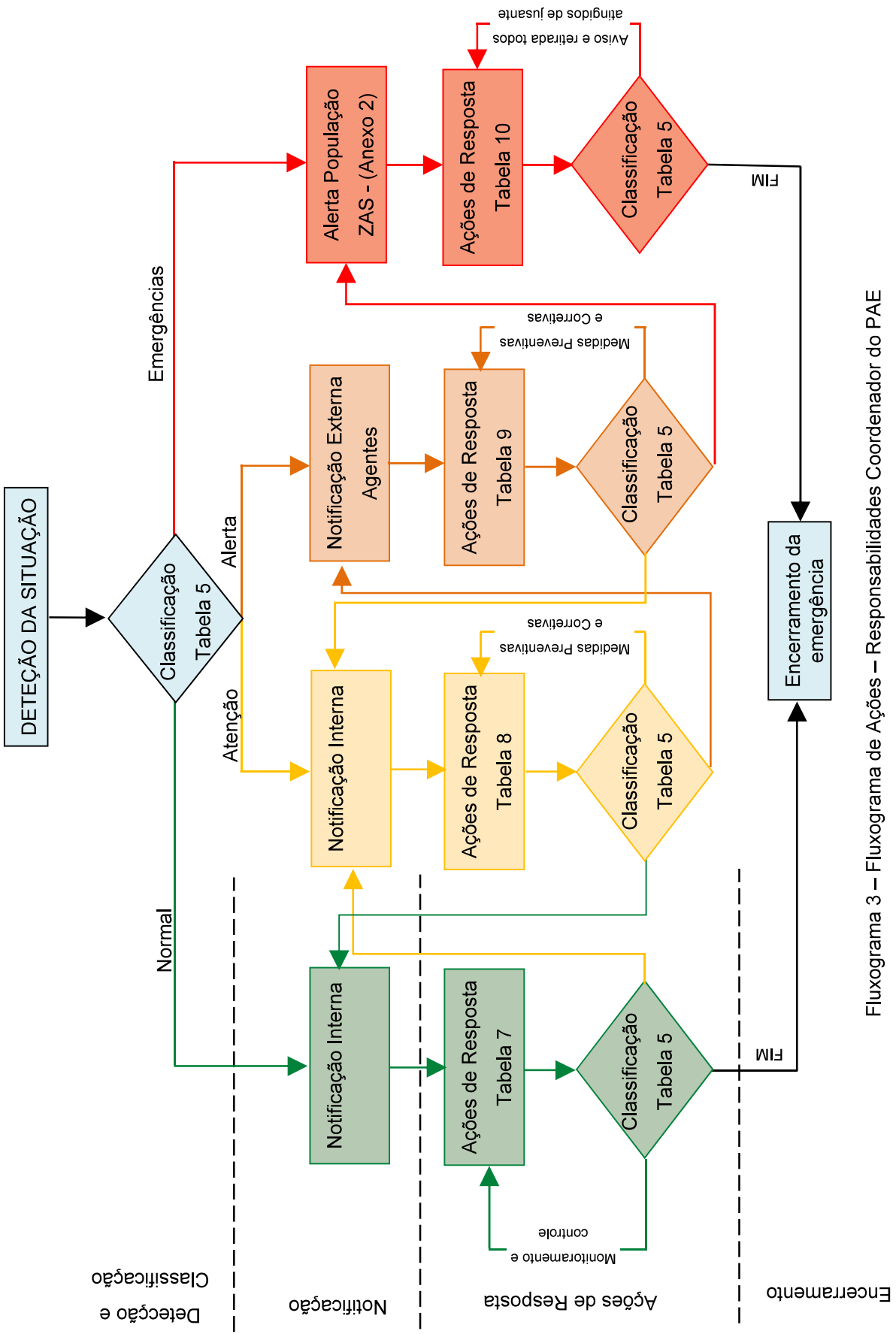
Caso o fluxograma de ações entrar em **EMERGÊNCIA** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergência, Fluxograma 4 – Fluxograma Acionamento, Item 3.2.



Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções – n = mês



Fluxograma 2 – Fluxograma de Segurança da Barragem - manutenção da instrumentação e estruturas



Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações – Responsabilidades Coordenador do PAE

2.3 Procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais

2.3.1 Ações Esperadas

Ações preventivas devem ser iniciadas de maneira apropriada, para prevenir a ruptura ou para limitar danos onde a ruptura for inevitável. Serão avaliados risco hidrológico e estrutural, conforme apresentado nas Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente.

Neste item serão descritas as providências a serem tomadas nas diversas situações, para as quais os sistemas de comunicação deverão ser operados continuamente. Os responsáveis deverão poder ser encontrados em qualquer tempo. As demais entidades envolvidas também devem manter a mesma capacidade de mobilização.

As condições das estruturas do barramento e do vertedouro também serão monitoradas através de inspeções: rotineiras e/ou remotas pela equipe da Barragem, programadas pela equipe de inspeção e de emergências.

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição no trecho de jusante da Barragem. Como sistema de prevenção aos operadores da Barragem os mesmos devem ser avisados a partir de vertimentos acima vazão de TR 10 anos (5,10 m³/s) da condição de enchente.

Conforme a Figura 10 e a Tabela 5, do item 2.2 as situações serão classificadas como:

2.3.1.1 Situação Normal (VERDE)

Tabela 7 – Ações de resposta (Normal)

VERTIMENTOS até 5,10 m³/s (TR até 10 anos)		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região se indicam aumentos de vazão afluente.	Equipe interna segurança
2	Realizar inspeção regular/rotineira no barramento e vertedouro buscando observar alguma anomalia na estrutura.	Equipe interna segurança
3	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada ALERTA e caso não solucionado EMERGÊNCIA .	Coordenador PAE

2.3.1.2 Situação Atenção (AMARELO)

Tabela 8 – Ações de resposta (Atenção)

VERTIMENTOS 5,11 a 7,43 m³/s –TR 10 a 100 anos		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região se indicam aumentos de vazão afluente.	Equipe interna segurança
2	Realizar inspeção regular/rotineira no barramento e vertedouro buscando observar alguma anomalia na estrutura.	Equipe interna segurança
3	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada ALERTA e caso não solucionado EMERGÊNCIA .	Coordenador PAE

2.3.1.3 Situação de Alerta (LARANJA)

Tabela 9 – Ações de resposta (Alerta)

VERTIMENTOS de 7,43 até 14,91 m³/s – TR entre 100 e 7.174 anos		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região se indicam aumentos de vazão afluente.	Equipe interna segurança
2	Realizar inspeção regular/rotineira no barramento e vertedouro buscando observar alguma anomalia na estrutura.	Equipe interna segurança
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Aviso aos agentes externos da ocorrência de enchente e possível alagamento cidades de jusante.	Coordenador PAE
5	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada ALERTA e caso não solucionado EMERGÊNCIA .	Coordenador PAE
6	Após a condição de enchente (TR entre 100 e 7.174 anos) deverá ser realizada uma inspeção rotineira completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.	Resp. Seg. Barragem e equipe de segurança da Barragem

2.3.1.4 Situação de Emergência (VERMELHO)

Tabela 10 – Ações de resposta (Emergência)

RUPTURA PRESTES A OCORRER, OCORRENDO OU ACABOU DE OCORRER COM QUALQUER CONDIÇÃO HIDROLÓGICA		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação – Anexo 2	Coordenador PAE
2	Nesta situação a operadora deverá comunicar a defesa civil para a retirada da população atingida de jusante. Os Mapas de Inundação com Dam Break para os diversos tempos de recorrência devem servir de orientação para a retirada da população. Sempre com a maior antecedência possível. Utilizar mapas de rompimento 10.000 anos.	Coordenador PAE

NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA DEVERÃO SER AVISADOS E RETIRADOS TODOS OS ATINGIDOS DE JUSANTE BUSCANDO A SEGURANÇA DESTES. A RETIRADA DOS ATINGIDOS SE DARÁ PELOS AGENTES EXTERNOS (DEFESA CIVIL, CORPO DE BOMBEIROS, POLÍCIA MILITAR, ETC).

3 SEÇÃO III - RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE

As possíveis consequências danosas que ocorrerem durante ou após uma situação de emergência as pessoas, as propriedades e a infraestrutura a jusante, não serão de responsabilidade dos encarregados desta operação se seguirem corretamente as regras operativas aprovadas.

Em situações de emergência, o processo de decisões sobre a operação do reservatório assumirá configuração descentralizada, que incluirá autoridade para mobilização de recursos humanos, materiais e financeiros.

O poder público, nos três diferentes níveis tem a responsabilidade de desenvolver ações e atividades de defesa civil, em situação de normalidade e anormalidade, garantindo o direito de propriedade e a incolumidade a vida, conforme a Lei Federal nº 895 de 16 de agosto de 1993.

Na falta de regulamentos ou reguladores governamentais, principalmente municipais, o proprietário da barragem deverá prever o seu desenvolvimento institucional em conjunto com os órgãos de Defesa Civil, Bombeiros e Prefeituras de modo a aprimorar o Plano de Ação de Emergência (PAE).

3.1 Atribuições e responsabilidades dos envolvidos

3.1.1 Agente Interno – VOTORANTIM CIMENTOS

O proprietário da Barragem é a VOTORANTIM CIMENTOS, que também controla a operação da Barragem.

Será de responsabilidade da Operadora:

- Correção de qualquer deficiência constatada;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Barragem e do reservatório;
- Inspeção e manutenção nas estruturas civis da Barragem;
- Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos, disponibilidade de equipes preparadas bem como de equipamentos;
- Manutenção dos meios de comunicação prevendo sempre alternativas devido a possíveis falhas que são comuns em emergências;
- Manter observação sobre todas as estruturas da Barragem, principalmente nas mais distantes, contra possíveis ações predatórias de terceiros, incluindo animais;
- Providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de resposta;

- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Alertar a população potencialmente afetada na ZAS;
- Notificar as autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- Emitir declaração de encerramento da emergência;
- Providenciar a elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência.

3.1.2 Agentes Externos

Os agentes externos diretos serão Defesa Civil do Estado de Bahia, Corpo de Bombeiros do Estado de Bahia e dos municípios de jusante, Polícia Militar e Civil e, Secretaria da Saúde dos municípios atingidos de jusante todos no estado de Bahia.

3.1.2.1 Sistema De Proteção E Defesa Civil

A Lei nº 12.608/2012¹ criou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), visando uma atuação conjunta entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios, com uma abordagem sistêmica de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação de áreas onde possa acontecer ou já tenha ocorrido desastres de grandes proporções na população brasileira.

Tal legislação dispôs sobre o SINPDEC (Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil), que é composto pela administração pública da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, bem como por entidades da sociedade civil responsáveis pelas ações de Defesa Civil no país.

O SINPDEC atua na prevenção de desastres, mitigação de riscos, preparação, resposta e recuperação por meio dos seguintes agentes em suas respectivas escalas de atuação:

- Federal: Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres (CENAD);
- Estadual: Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC) e Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (REPDEC) que comportam diversos órgãos estaduais como polícia militar e o Corpo de Bombeiros;
- Municipal: Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que comportam diversos órgãos da administração pública municipal, como secretarias de saúde, subprefeituras, serviços de água e esgoto.

¹ Atualizada pela Lei Federal nº 14.066/2020.

Nesse contexto, conforme disposto pela ABRAGE (2017) e ABRAGE (2018), o PAE é um documento que deve ser compatibilizado pelo Ente Federado no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil Municipal.

Para a Zona de Autossalvamento, isso se deve por meio das seguintes ações²:

- Estabelecimento, em conjunto com o empreendedor, de estratégias de comunicação e de orientação à população potencialmente afetada na ZAS;
- Participação de simulações de situações de emergência, em conjunto com o empreendedor, prefeituras e população potencialmente afetada na ZAS.

Fora da Zona de Autossalvamento (ZAS), denominada Zona de Segurança Secundária (ZSS), o alerta antecipado compete aos Serviços Municipais de Proteção Civil e Entes Federados, sendo estes responsáveis pelas ações de aviso, mobilização, treinamento e evacuação da população residente em áreas potencialmente afetadas, conforme Lei nº 12.608/2012, Lei nº 14.066/2020.e Decreto nº 8.572/2015.

Contudo, o § 6º do Art. 12º da Lei nº 14.066/2020, salienta que o empreendedor deverá estender os elementos de autoproteção existentes na ZAS aos locais habitados da ZSS nos quais os órgãos de proteção e defesa civil não possam atuar tempestivamente em caso de vazamento ou rompimento da barragem. Isso deve ser alinhado com as Defesa Civil e demais órgãos.

3.1.2.1.1 Defesa Civil

As atribuições de Defesa Civil (Estadual e Municipal) de acordo Lei 12.608/2012, artigos 5º, 7º e 8º são:

Art. 5º - São objetivos da PNPDEC (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil):

I - reduzir os riscos de desastres;

II - prestar socorro e assistência às populações atingidas por desastres; III - recuperar as áreas afetadas por desastres;

III - recuperar as áreas afetadas por desastres;

IV- incorporar a redução do risco de desastre e as ações de proteção e defesa civil entre os elementos da gestão territorial e do planejamento das políticas setoriais;

V- promover a continuidade das ações de proteção e defesa civil;

VI- estimular o desenvolvimento de cidades resilientes e os processos sustentáveis de urbanização;

VII- promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência;

VIII- monitorar os eventos meteorológicos, hidrológicos, geológicos, biológicos, nucleares, químicos e outros potencialmente causadores de desastres;

² Nota Técnica nº 59/2013-SFG/ANEEL, ABRAGE, 2017, e ABRAGE, 2018.

- IX- produzir alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres naturais;*
- X- estimular o ordenamento da ocupação do solo urbano e rural, tendo em vista sua conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana;*
- XI- combater a ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco e promover a realocação da população residente nessas áreas;*
- XII- estimular iniciativas que resultem na destinação de moradia em local seguro;*
- XIII - desenvolver consciência nacional acerca dos riscos de desastre;*
- XIV- orientar as comunidades a adotar comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situação de desastre e promover a autoproteção; e*
- XV- integrar informações em sistema capaz de subsidiar os órgãos do SINPDEC na previsão e no controle dos efeitos negativos de eventos adversos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente.*

Art. 7º - Compete aos Estados:

- I - executar a PNPDEC em seu âmbito territorial;*
- II - coordenar as ações do SINPDEC em articulação com a União e os Municípios;*
- III - instituir o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil;*
- IV - identificar e mapear as áreas de risco e realizar estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os Municípios;*
- V - realizar o monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco, em articulação com a União e os Municípios;*
- VI - apoiar a União, quando solicitado, no reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública;*
- VII - declarar, quando for o caso, estado de calamidade pública ou situação de emergência; e*
- VIII - apoiar, sempre que necessário, os Municípios no levantamento das áreas de risco, na elaboração dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil e na divulgação de protocolos de prevenção e alerta e de ações emergenciais.*

Art. 8º - Compete aos Municípios:

- I - executar a PNPDEC em âmbito local;*
- II - coordenar as ações do SINPDEC no âmbito local, em articulação com a União e os Estados;*
- III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;*
- IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;*
- V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;*
- VI - declarar situação de emergência e estado de calamidade pública;*

- VII - vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;
- VIII - organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;
- IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;
- X - mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre;
- XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;
- XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;
- XIII - proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres;
- XIV - manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município;
- XV - estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas; e
- XVI - prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres.

3.1.2.1.2 Corpo de Bombeiros

Decreto Federal n.º 7.163, de 29 de abril de 2010, que regulamenta o inciso I do art. 10-B da Lei nº 8.255, de 20 de novembro de 1991, que dispõe sobre a organização básica do CBMDF, estabelece:

Art. 2º Compete ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal:

- I - realizar serviços de prevenção e extinção de incêndios;
- II - realizar serviços de busca e salvamento;
- III - realizar perícias de incêndio relacionadas com sua competência;
- IV - prestar socorro nos casos de sinistros, sempre que houver ameaça de destruição de haveres, vítimas ou pessoas em iminente perigo de vida;
- V - realizar pesquisas técnico-científicas, com vistas à obtenção e ao desenvolvimento de produtos e processos voltados para a segurança contra incêndio e pânico;
- VI - realizar atividades de segurança contra incêndio e pânico, com vistas à proteção das pessoas e dos bens públicos e privados;
- VII - executar atividades de prevenção aos incêndios florestais;
- VIII - executar atividades de defesa civil;

IX - executar as ações de segurança pública que lhe forem cometidas pelo Presidente da República, em caso de grave comprometimento da ordem pública e durante a vigência de estado de defesa, de estado de sítio e de intervenção no Distrito Federal;

X - executar ações de emergência médica em atendimento pré-hospitalar e socorros de urgência;

XI - desenvolver na comunidade a consciência para os problemas relacionados com incêndios, acidentes em geral e pânico;

XII - promover e participar de campanhas educativas direcionadas à comunidade em sua área de atuação; e

XIII - fiscalizar, na área de sua competência, o cumprimento da legislação referente à prevenção contra incêndio e pânico.

3.1.3 Atribuições Conjuntas entre a Agente Interno e Agentes Externos

3.1.3.1 1ª Etapa - Protocolo PAE aos Agentes Externos

Após o término do Plano de Ação de Emergência, deverá ser protocolado novo Plano de Ação de Emergências de modo agentes externos tomarem conhecimento. Importante entregar Plano de Articulação constante no Anexo 5.

Este plano deverá verificar a detecção da emergência, a tomada de decisão, os meios de comunicação, o fluxo de informação, o tempo de mobilização e os equipamentos, infraestrutura e pessoal disponível. Esta apresentação está no Anexo 5.

Segue abaixo lista das entidades que deverão receber PAE.

Tabela 11 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Entidade Fiscalizadora (INEMA/ANA)	1
Defesa Civil Do Estado - BA	1
Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – BA	1
Entidade	Nº de cópias (Física)
Prefeituras envolvidas – Simoes Filho e Salvador - BA	1


Tabela 12 – Controle das Entidades que receberam uma cópia Física do PAE

1	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
---	--

2	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
---	--

3.1.3.2 2ª Etapa - Cadastro e mapeamento da população existente na ZAS

Está sendo contratado empresa para realização do cadastro da população existente dentro da Zona de Autossalvamento e este cadastro deverá conter pelo menos as informações abaixo.

		Cadastro População - Zona de Autossalvamento		Empresa																
				Data																
Barragem	OITI	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS Barragem OITI	Equipe																	
Códigos População																				
1	Criança	Até 18 anos																		
2	Adulto	de 18 a 60 anos																		
3	Idoso	maior 60 anos																		
4	Outros	Enfermos, cadeirantes, dificuldade locomoção ou necessidade especiais. Especificar obs o blo.																		
Item	Coordenadas Geográficas		Nome Proprietário		Endereço		Tipo residência				Moradores (Gênero)				Grau Instrução proprietário				Acesso Internet/telefone	
	Latitude	Longitude																	Telefone	Internet
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Obs:																				

Este modelo de cadastro está apresentado no Anexo 4 – subitem 2.

3.1.3.3 Próximas Etapas – Articulação com agentes externos após cadastro ZAS

Deverá ser agendado reunião, logo após cadastro da ZAS, com agentes externos: prefeitura, defesa civil e corpo de bombeiros, para definição das próximas etapas:

- Meios de comunicação a ser adotado em casa de emergências;
- Plano de comunicação a ser elaborado em conjunto com agentes externos;
- Definição *in loco* com agentes externos das rotas de fuga e pontos de encontro na ZAS;
- Instalação das placas de rotas de fuga e pontos de encontros na ZAS, de acordo com modelo Anexo 4 – subitem 3;

- Definição com agentes externos dos meios a serem adotados de divulgação a população potencialmente atingida em caso de rompimento da Barragem;
- Plano de treinamento e divulgação do PAE está no Anexo 6.

3.2 Fluxograma de acionamento

3.2.1 Procedimentos de Notificação e Sistema de Alerta

3.2.1.1 Meios de Comunicação

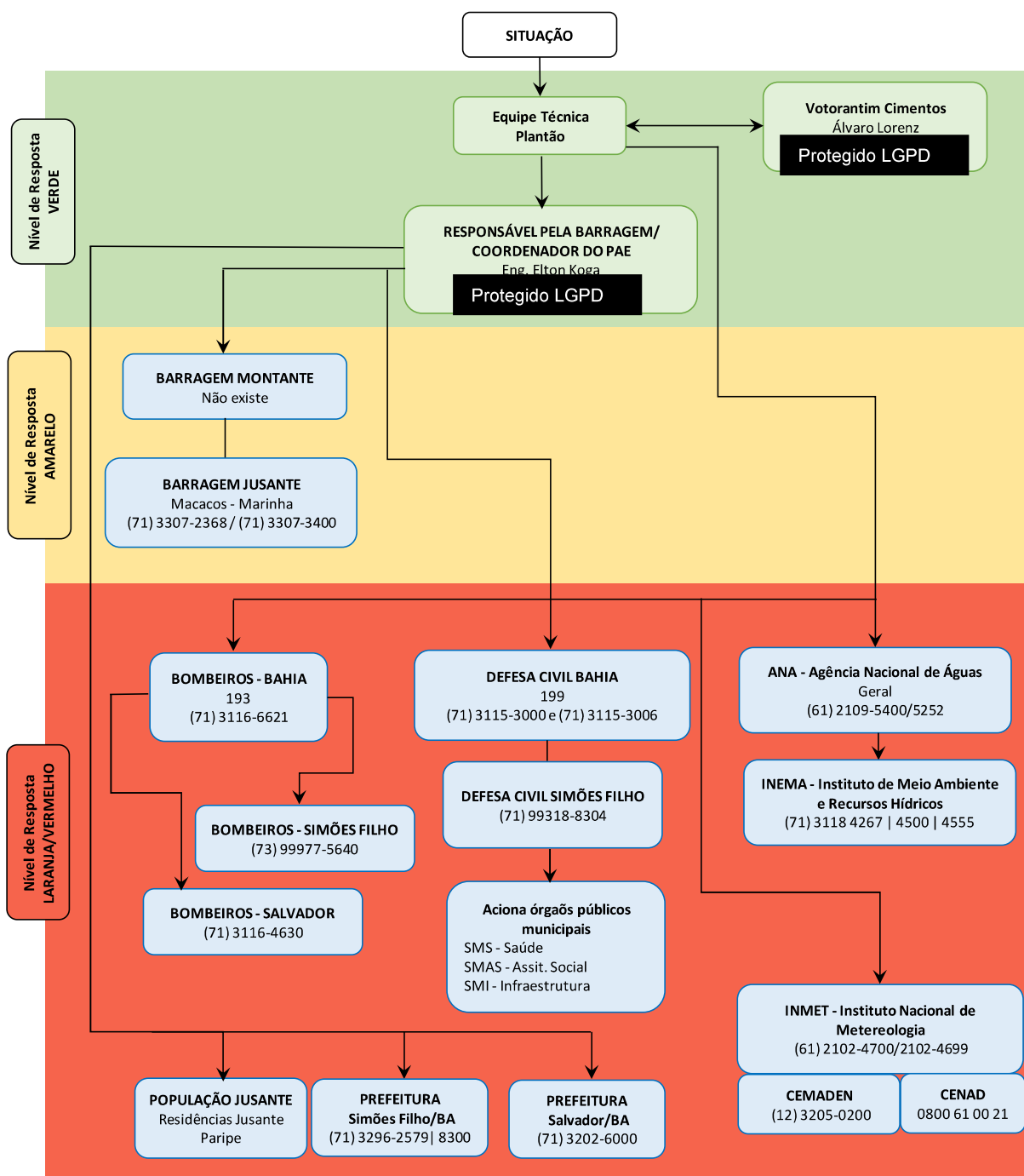
O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a Defesa Civil do Estado da Bahia, bem como com Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, Polícia Civil e Prefeituras dos municípios de Jusante (atingidos).

O Plano de comunicação do Anexo 2, deverá prever a instalação de sirenes ao longo do trecho da Zona de Autossalvamento, ou seja, cerca de 4,45 km a jusante da Barragem Oiti, com sistema de alerta integrado e independente com acionamento podendo ser realizado de maneira remota pelo Responsável de Segurança da Barragem ou coordenador PAE.

Abaixo está descrito os pontos a serem instalados sistema de comunicação.

3.2.1.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 4 que mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, operação da Barragem – Votorantim Cimentos, e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil da Bahia, bem como Corpo de Bombeiros, Defesas Civis municipais, Barragem Jusante (Macacos) e Prefeituras dos municípios atingidos.



Fluxograma 4 – Fluxograma Acionamento

ESTE FLUXOGRAMA SERÁ SOMENTE UTILIZADO PARA AVISO AOS AGENTES EXTERNOS CASO A BARRAGEM TENHA RISCO DE ROMPIMENTO.

Este fluxograma está apresentado no Anexo 2 – Item 1 e deverá ficar no escritório do coordenador do PAE da Barragem em local de fácil visualização em caso de emergência com o contato dos atingidos para evacuação da área em casos extremos.

Este fluxograma deverá ser acionado nas seguintes hipóteses:

- Vertimentos ocorridas a partir TR 7.174 anos, ou seja, **vazão defluente maior que 14,91 m³/s**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os agentes externos serão avisados devido possível galgamento da Barragem;
- Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.

Como o risco de galgamento da barragem da Barragem Oiti em condições normais de operação é baixo, a segurança da estrutura depende da qualidade do monitoramento e da agilidade na recuperação de eventuais danos estruturais.

3.2.1.3 Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação

Os formulários e declarações estão apresentadas no Anexo 8.

4 SEÇÃO IV – SÍNTESE DO ESTUDO DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nas simulações das consequências (hidrograma de ruptura) para as hipóteses acidentais identificadas no capítulo 2.2.1 (cheias natural/extremas e rompimento da barragem).

Nesta etapa ocorre a estimativa e avaliação das consequências e seus respectivos efeitos físicos decorrentes de eventos anormais que possam ocorrer, bem como a determinação e o mapeamento das áreas vulneráveis devido as ondas de cheia em cada um dos cenários de acidentes. O comportamento da onda de enchente e as áreas atingidas são obtidos mediante a utilização de programas simuladores de rompimento e propagação das cheias.

4.1 Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da Barragem Oiti foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS 5.0.5 (desenvolvido por *U.S. Army Corps of Engineers*), que se baseia no método de *Standard Step Method* (HENDERSON, 1966).

O Cenário a ser simulado é determinado por informações lançadas no programa de forma a identificar como se dá o rompimento da barragem e as condições geográficas e ambientais que influenciam no comportamento da onda de cheia.

Na caracterização do cenário as seguintes informações são necessárias:

- Geografia da região e geometria do rio;
- Tipo e geometria da barragem;
- Causa do rompimento;
- Formação da brecha;
- Dados sócio – ambientais.

4.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

A geografia da região define as áreas atingidas pela onda de passagem de cheia e pela inundação permitindo identificar os pontos de risco.

A caracterização adequada da geometria das seções no vale a jusante da barragem é muito importante na simulação da cheia, porque existe um forte efeito de atenuação da onda ao longo do trecho inundado. Vales mais encaixados atenuam menos a onda de cheia na sua propagação para jusante que vales mais abertos com largas áreas inundáveis. Neste efeito a geometria do vale e da área inundável tem mais importância que a própria calha do rio.

Os mapas de cheia possuem um erro equivalente à metade da distância das curvas de níveis obtidas, ou seja, no caso da simulação para a Barragem Oiti o erro considerado é de 1,00 m devido aos desenhos que reproduzem a topografia local possuírem curvas de nível do terreno com linhas equidistantes de 2 m em 2 m até Barragem de Macacos. Após esta foi utilizado modelo de terreno SRTM.

4.1.2 Tipo e Geometria da Barragem

A caracterização da brecha de rompimento com suas dimensões, tempo do seu desenvolvimento e formação são influenciados pelo tipo de barragem. As características de projeto e construção e suas dimensões influenciam na abertura da brecha e com isso no tempo de propagação e intensidade da onda de cheia. Os dados do reservatório também influenciam considerando que quanto maior o volume para um mesmo desnível a brecha tende a ser maior.

4.1.3 Causas de Rompimento

A causa de rompimento é importante pois determina a velocidade com que ocorre a formação da brecha.

As causas de rompimento podem ser por galgamento, entubamento ou infiltração e falhas estruturais (New Jersey Department of Environmental Protection, 2007).

4.1.3.1 Galgamento

O galgamento é a passagem da água sobre a barragem em partes não projetadas para verter água. O galgamento pode ser causado pela má operação do reservatório durante a cheia, devido a uma cheia extraordinária onde o dispositivo extravasador (vertedouro) não possui capacidade de vazão compatível, por problemas que impedem o dispositivo extravasador de operar normalmente ou pela formação de uma onda dentro do reservatório, de origem sísmica ou provocada pelo deslizamento de uma grande quantidade de terra das encostas.

Se o tempo e a intensidade do galgamento são suficientes, inicia-se uma brecha em um ponto qualquer mais fraco na crista da barragem e a brecha cresce com o tempo, por erosão, numa velocidade que depende da vazão de galgamento, do material da barragem e das características do reservatório (Collischonn, 1997).

A Figura 11 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

- a) Início em um ponto mais fraco;
- b) Brecha em forma de “V”;
- c) Aprofundamento da brecha;
- d) Aumento lateral por erosão.

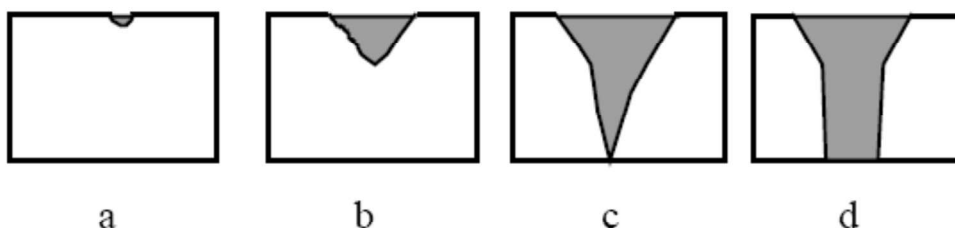


Figura 11 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

4.1.3.2 Infiltração

A infiltração ocorre devido à passagem da água através das paredes da barragem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002, p. 116). A água que se movimenta através da barragem, ou de suas fundações, pode originar na formação de uma brecha se os volumes de água e material sólido superam determinados limites de segurança. A brecha inicia como um poro em um ponto qualquer da barragem e este poro cresce, por erosão, para todos os lados, até ocorrer o colapso.

A Figura 12 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que ocorre conforme a sequência abaixo.

- a) Surgimento do poro;
- b) Aumento por erosão;
- c) Colapso da porção superior e erosão.

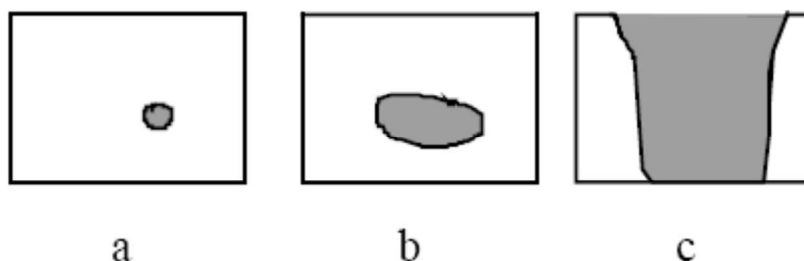


Figura 12 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

4.1.3.3 Falhas nas fundações e estruturais

Nas barragens de concreto do tipo gravidade pode ocorrer uma falha estrutural geral, no caso de uma situação de instabilidade provocada por cargas hidrostáticas e uma deficiente capacidade de equilíbrio global, situação resultante de erro ou deficiência no projeto ou de um problema generalizado nas respectivas fundações. Admite-se que o cenário mais provável é o da abertura da brecha por remoção sucessiva de blocos ou a ruptura da zona superior do perfil da barragem no caso de excederem as tensões limites numa zona menos espessa do perfil da barragem resultando de modo geral em uma ruptura parcial e gradual. O terreno sobre o qual a barragem está e a ligação da barragem ao terreno nas ombreiras podem deslizar sob o efeito das acomodações geológicas que resultam do enchimento do reservatório ou da saturação do material da fundação por infiltração (Almeida 2007).

Em barragens de aterro compactado a distribuição das pressões sobre o terreno de fundação ocorre de maneira mais branda e gradual reduzindo a possibilidade de falhas estruturais, porém a bibliografia indica diversos casos de falhas com rompimentos onde a falha nos estudos de geologia e geotecnia resultaram no colapso do barramento. Neste caso o colapso ocorre no enchimento ou apenas alguns dias após com a saturação da fundação.

A Figura 13 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, onde ocorre a formação de uma brecha que apresenta características parecidas seja a barragem de terra ou de concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).

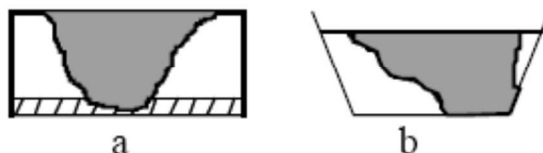


Figura 13 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

4.1.3.4 Ações de guerra

Durante guerras as barragens são pontos estratégicos pelo seu significado econômico para um país, bem como pelo potencial destrutivo de uma inundação resultante de uma ruptura. A formação da brecha depende da intensidade e da localização da explosão com a qual a barragem é atingida.

Durante a Segunda Guerra Mundial os países aliados desenvolveram armas especiais para implodir barragens. As implosões mais conhecidas são as das barragens de Moehne e de Eder, na Alemanha.

OBSERVAÇÃO: Do ponto de vista de simulação de rompimento, as causas de falhas nas fundações estruturais e por ações de guerra se comportarão como uma falha por galgamento ou infiltração, com diferenciação no tempo de formação da brecha e geometria, que devido as suas características podem ser considerados como rompimentos progressivos ou até mesmo catastróficos e imediatos conforme determina Collischonn, 1997.

4.1.3.5 Casos Estatísticos

Entre as causas de rompimentos Ramos e Melo (2007) identificam que em pesquisa envolvendo 1105 casos de deterioração de barragens pertencentes a 33 países, e em duas publicações elaboradas pela ICOLD e pela USCOLD (ICOLD, 1974 e USCOLD, 1975), a capacidade de vazão insuficiente ou o mau funcionamento dos órgãos de descarga de cheias associado ao galgamento foram responsáveis por cerca de 42% do número total de rupturas em barragens.

Por sua vez as relacionadas com as fundações (percolação, erosão interna), com as erosões localizadas e com o deficiente comportamento estrutural foram responsáveis por cerca de 23%.

4.1.4 Formação da Brecha

A formação da brecha pode ser descrita por três parâmetros básicos:

- Tamanho;
- Tempo de formação;

- Forma geométrica.

Todos estes parâmetros são fortemente influenciados pela causa do rompimento e pelo tipo de barragem. Eles influenciam diretamente na vazão e na altura da onda de enchente decorrente do rompimento. Uma brecha maior ou rompimento catastrófico e com tempo de formação mais rápido gera uma onda de enchente de maior volume e o esvaziamento mais rápido do reservatório, enquanto uma brecha menor e com tempo de formação mais lento geram uma onda de enchente menor e com esvaziamento lento do reservatório.

O manual Using HEC-RAS for Dam Break Studies (agosto de 2004), indica de acordo com referências internacionais valores para formação da brecha, tabela abaixo.

Table 3. Ranges of Possible Values for Breach Characteristics

Dam Type	Average Breach Width (B_{ave})	Horizontal Component of Breach Side Slope (H) (H:V)	Failure Time, t_f (hours)	Agency
Earthen/Rockfill	(0.5 to 3.0) x HD	0 to 1.0	0.5 to 4.0	USACE 1980
	(1.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0	0.1 to 1.0	FERC
	(2.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0 (slightly larger)	0.1 to 1.0	NWS
	(0.5 to 5.0) x HD*	0 to 1.0	0.1 to 4.0*	USACE 2007
Concrete Gravity	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 1980
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.3	FERC
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.2	NWS
	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 2007
Concrete Arch	Entire Dam	Valley wall slope	≤ 0.1	USACE 1980
	Entire Dam	0 to valley walls	≤ 0.1	FERC
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	NWS
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	USACE 2007
Slag/Refuse	(0.8 x L) to L	1.0 to 2.0	0.1 to 0.3	FERC
	(0.8 x L) to L		≤ 0.1	NWS

*Note: Dams that have very large volumes of water, and have long dam crest lengths, will continue to erode for long durations (i.e., as long as a significant amount of water is flowing through the breach), and may therefore have longer breach widths and times than what is shown in Table 3. HD = height of the dam; L = length of the dam crest; FERC - Federal Energy Regulatory Commission; NWS - National Weather Service

Figura 14 – Tamanhos e tempo para formação da brecha

Fonte: Using HEC-RAS for Dam Break Studies (agosto/2004)

4.1.4.1 Tamanho

Barragens de concreto em arco apresentam ruptura total e praticamente instantânea com a brecha ao longo de todo o comprimento da barragem (ALMEIDA e FRANCO, 1993, ICOLD, 1996 e FRANCO, 1996 apud RIBEIRO, 2007).

Barragens de concreto por gravidade apresentam ruptura de um ou dois blocos (ALMEIDA e FRANCO, 1993, ICOLD, 1996, e FRANCO, 1996 apud RIBEIRO, 2007). Existe dificuldade de se prever o número de seções monolíticas que devem se deslocar e sofrer colapso, porém é possível determinar a geometria para simulação aumentando a largura da base da brecha de modo a representar o número de seções monolíticas deslocadas. O número de blocos rompidos poderá ser fixado tendo em conta a velocidade de descida do nível a montante, uma

vez que uma rápida descida do reservatório corresponde a uma redução significativa das solicitações para os blocos que não rompem evitando os rompimentos de novos blocos nas laterais do primeiro rompimento.

Em barragens de terra não ocorre o rompimento total da estrutura do talude, este rompimento também não é instantâneo, a brecha que se forma como resultado do rompimento tende a apresentar uma largura média (B) de $0,5H < B < 3H$, onde H é a altura da barragem. Desta forma normalmente a largura da brecha em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (Collischonn, 1997).

4.1.4.2 Tempo de rompimento

Para as barragens de concreto em arco que são simuladas através da ruptura total da estrutura, o tempo de rompimento é instantâneo, podendo ocorrer em alguns minutos (Martins e Viseu, 2007).

Em barragens de concreto por gravidade o tempo de formação da brecha é da ordem de minutos.

Em barragens de terra por gravidade, onde ocorre a ruptura em forma de brechas, o tempo de formação da mesma é usualmente maior e depende da altura da barragem, do material utilizado na construção, do grau de compactação e da magnitude e duração da vazão de galgamento. O tempo de formação da brecha é maior em casos de infiltração que em casos de galgamento. Na Figura 15 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

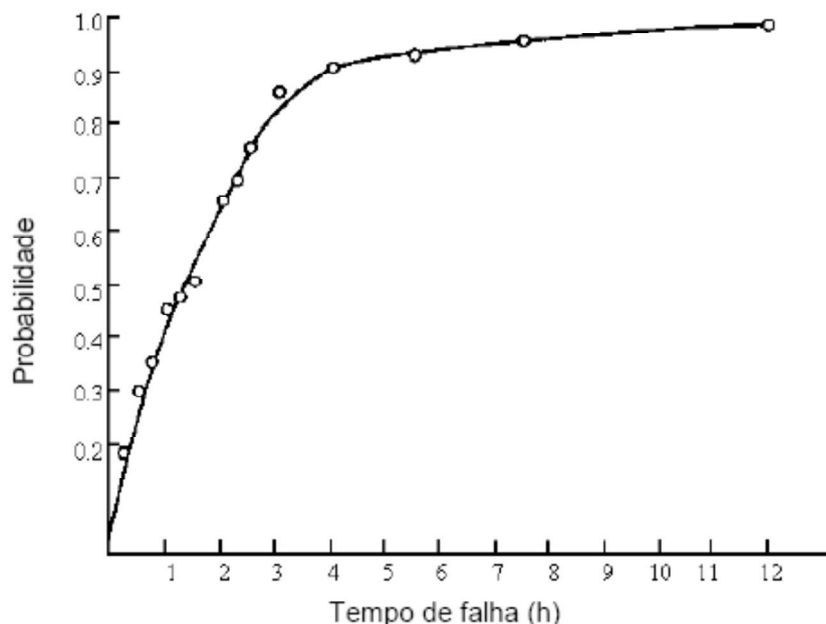


Figura 15 – Tempo de formação da brecha

Fonte: MARTINS; VISEU, 2007, p. 9

O gráfico demonstra que metade das situações de rompimento ocorre em no mínimo 90 minutos tendendo para tempos maiores de formação da brecha, desta forma, resultados de

simulação que objetivam valores médios podem utilizar este tempo de rompimento conforme observam Singh e Scarlatos (1988) apud Martins e Viseu (2007).

De acordo com a Figura 14 para Barragens de terra o tempo de formação da brecha é entre 6 minutos a 4 horas e Barragens de Concreto de 6 minutos a 1 hora.

4.1.5 Trecho do Cálculo

O trecho da modelagem hidráulica é um fator muito importante a se considerar. O trecho de estudo deverá incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção de importância a jusante.

De acordo com as recomendações do Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece:

“Os critérios mais adequados para a fixação da fronteira de jusante são os que se baseiam nas fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Estas fronteiras são aliás facilmente modeladas em modelo numérico.

Para se determinar a fronteira a jusante poder-se-á igualmente adotar uma seção a partir da qual se estabelece um grau de risco que se considera como aceitável; neste caso, dever-se-á considerar uma seção onde as alturas de água atinjam a ordem de grandeza das correspondentes a determinadas cheias características (cheia de projeto do vertedouro, maior cheia natural conhecida, cheia natural com determinado tempo de recorrência, por exemplo, 100 anos).

Diversos outros textos normativos definem porém de forma clara e explícita qual o critério de fixação da fronteira de jusante, por exemplo, a legislação finlandesa especifica que o cálculo da onda de inundação se deve processar até 50 km a jusante da barragem; por seu lado, a legislação de alguns estados canadenses postula que as populações que se encontram a mais de três horas da zona atingida pela onda de inundação não devem ser consideradas em risco, pelo que o cálculo da onda de inundação não deve cobrir uma seção atingida pela cheia para lá desse intervalo de tempo.

GRAHAM, 1998 sugere que é muito importante que os estudos do cálculo da onda de inundação incidam nos primeiros 30 km a jusante da barragem em causa. Com efeito, este autor mostra que a vulnerabilidade das pessoas em risco diminui muito a partir desta distância, nomeadamente pelas seguintes razões: primeiro, porque as áreas mais a jusante recebem mais e melhores alertas de emergência do que as a montante; segundo, porque a energia da onda de inundação, tal como a velocidade de propagação da respectiva frente, se torna menor. Na verdade, a informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que uma grande percentagem das vítimas mortais ocorre nos primeiros 25 km, sendo que esta distância é ainda menor para as pequenas barragens. A experiência norte-americana (com base num registo de 23 rupturas de barragens que ocorreram no período de 1960 a 1997 e

ocasionaram vítimas mortais) corrobora igualmente estes fatos ao assinalar que cerca de 50% ocorreram a menos de 4,8 km da seção da barragem acidentada e 99% nos primeiros 24 km a jusante da mesma, num universo total de 318 vítimas mortais. ”

De acordo com ANA - Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Anexo Cotação - Extensão do Vale a jusante poderá ser:

Volume Armazenado do Reservatório (hm ³)	Classe da Extensão do vale a Jusante	Extensão do vale a Jusante aconselhada – L (km)
3-50	Pequena	Máximo 25
50-200	Média	25<L<100
>200	Significativa	Mínimo 100

4.1.6 Modelagem Matemática

A simulação do rompimento utiliza o modelo HEC-HAS versão 5.0.5 onde os métodos de cálculo são adotados para a análise dos regimes gradualmente variáveis, baseados nas equações de Saint-Venant, que calculam o escoamento da água em rios, canais e reservatórios em regime permanente e não permanente, número de Froude menor ou maior que 1 respectivamente.

Portanto, o escoamento obedece a leis da física, sendo representado por variáveis como vazão, profundidade e velocidade e o comportamento é descrito por equações de conservação de massa, energia e quantidade de movimento.

O escoamento em rios ocorre em uma direção longitudinal, podendo ser representado pelas equações unidimensionais de Saint-Venant. As variáveis das equações de Saint-Venant são a velocidade V e a altura de água h , que podem ser apresentadas de forma não-conservativa pelas equações da continuidade e da dinâmica.

Com a equação da continuidade, que representa o princípio da conservação de massa, pode-se considerar a diferença dos fluxos de entrada e saída, sendo o volume de controle igual à variação do armazenamento no interior do fluxo.

As equações que expressam o princípio da conservação da quantidade de movimento, sendo igual ao somatório das forças que atuam sobre um volume de controle, podem ser apresentadas da seguinte forma:

- Equação da continuidade:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_L$$

- Equação da dinâmica

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_0 - S_f)$$

Onde:

Q = vazão;

A = seção transversal;

t = tempo;

x = distância medida na direção do escoamento;

qL = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S0 = declividade do leito;

Sf = declividade da linha de energia.

A vazão (Q) e a altura da superfície de água (h) em cada local ao longo do rio são estimadas utilizando uma representação algébrica de Saint Venant. Q e h são determinados em cada local para cada intervalo de tempo.

O HEC-RAS aplica as equações em regime permanente, para casos onde se necessita simular o fluxo das águas e não permanente, para casos de simulações de rompimentos, e apresenta o resultado em formas de dados, tabelas e figuras que demonstram as seções transversais, o vale atingido pela enchente (de acordo com as informações lançadas pelo usuário) e gráficos, sendo que todas estas informações são utilizadas para se avaliar os impactos do rompimento de uma barragem.

4.1.7 Identificação das áreas atingidas

A identificação das áreas atingidas é executada com a apresentação do mapa de inundação, que indica as áreas inundadas com as alturas máximas atingidas pela onda de enchente, permitindo a separação da zona atingida da não atingida.

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas.

4.1.8 Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

Os valores de altura da onda ao longo do tempo são utilizados para a identificação da profundidade da onda de enchente ao longo do trecho de jusante atingido. O tempo de chegada da onda em cada ponto é importante para o plano de evacuação e para o alerta da população sob risco na zona inundada a ser afastada em tempo hábil.

A bibliografia internacional define dois tipos de eventos: aqueles em que o tempo disponível para alertar e evacuar a população é superior a 90 minutos (1 hora e meia), e aqueles em que o tempo é inferior a 90 minutos. Entre os eventos cujo tempo de alerta é superior a 90 minutos, a perda média de vidas é de 0,04 % da população ameaçada, já quando o tempo de alerta é inferior a 90 minutos a perda média equivale a 13 %.

Para a população localizada na área atingida em tempo inferior a 90 minutos recomenda-se um levantamento detalhado para definição das estratégias para o Plano de Emergências.

4.1.9 Comparativo de altura x velocidade

O comparativo entre a velocidade e a altura da onda define formas de classificar as áreas de perigo entre baixo, alto e de julgamento (UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR,

1988). É realizado com base em uma tabela que apresenta os resultados de acordo com intervalos de tempo.

Caso o cruzamento entre velocidade e altura se situe na área de perigo baixo o número de vidas em risco é assumido como zero. Caso este cruzamento se situe em área de perigo alto é assumido que existem vidas em risco.

Entre as zonas de perigo alto e baixo existe a zona de julgamento onde, devido ao grande número de variáveis incluídas na inundação é impossível determinar se existe risco de perda de vidas, desta forma é executado um levantamento baseado na engenharia através da análise dos resultados obtidos nas simulações.

No levantamento baseado na engenharia são avaliadas as condições físicas da região, das construções ou qualquer característica que influencie no risco, por exemplo, um determinado acampamento, monumento ou atração pode receber um número muito pequeno de visitas durante o ano (ex. 100 pessoas por hora). Se o cruzamento entre velocidade e altura se situar na zona de julgamento, o risco de perda de vidas é considerado como zero em instalações com estas características. O *United States Department the Interior* estabelece gráficos para determinação das zonas de perigo. São apresentados aqui os gráficos de uso neste trabalho. A Figura 16 apresenta o nível de perigo relacionado a residências.

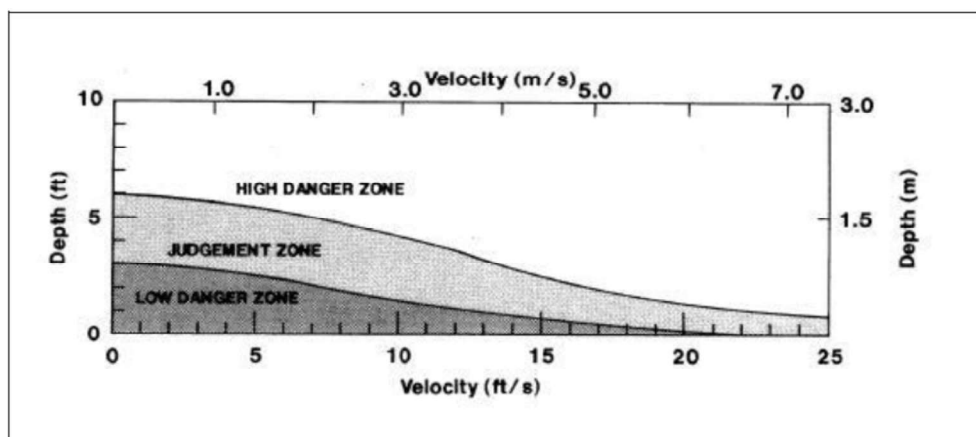


Figura 16 – Nível de perigo relacionado a residências

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 25

A Figura 17 apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.

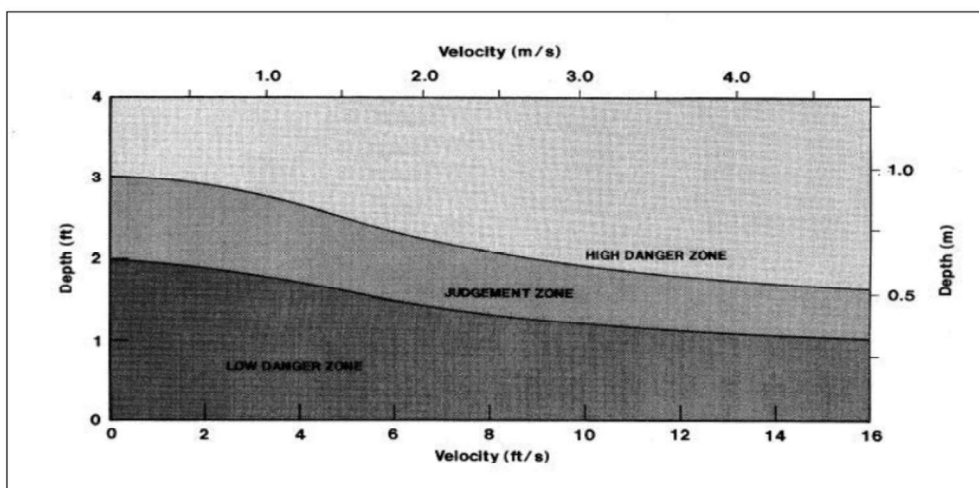


Figura 17 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 29

A Figura 18 apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

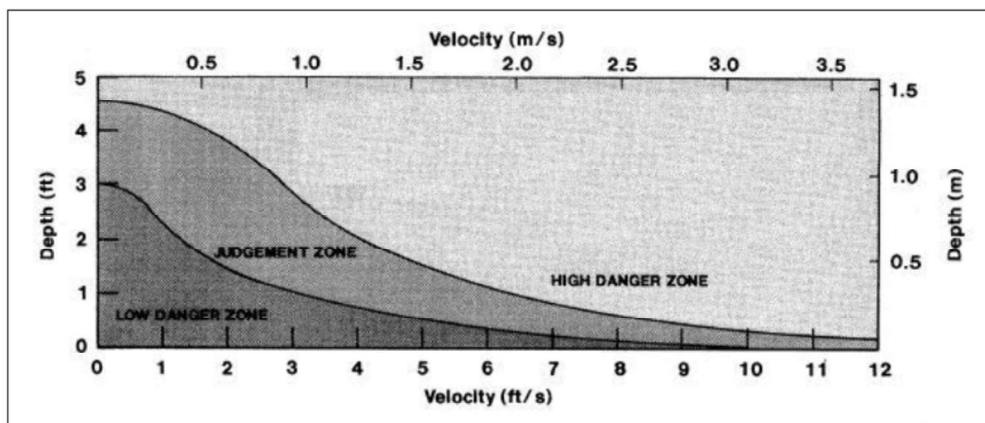


Figura 18 – Nível de perigo relacionado a adultos

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 31

A Figura 19 apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.

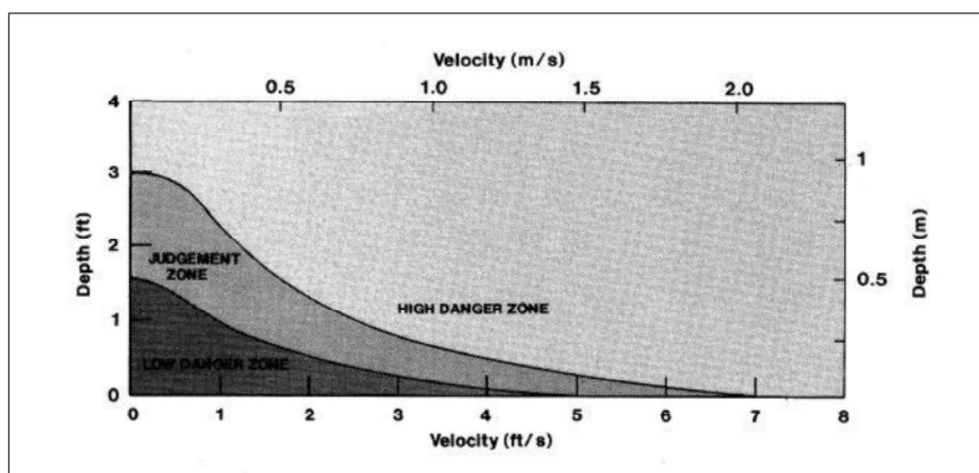


Figura 19 – Nível de perigo relacionado a crianças

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 32

4.2 Dados de entrada utilizados

4.2.1 Trecho da análise

A Agência Nacional de Águas – ANA no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece conforme descrito item 4.1.5, que resumidamente descreve:

- Fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante;
- População que se encontram com mais de três horas após rompimento não são consideradas áreas de risco;
- Volume Reservatório entre 3 - 50 hm³ - análise da simulação do rompimento da Barragem no trecho a jusante até máximo 25 km.

A informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que a grande maioria das vítimas fatais ocorrem nos primeiros 25 km, sendo que esta distância diminui conforme a redução da altura da barragem e do volume do reservatório. Para o estudo na Barragem Oiti como o volume do reservatório está abaixo de 3 hm³ (0,49 hm³) a extensão do trecho de modelagem foi considerada de 5,75 km a jusante. Nesse ponto está a foz do rio Macacos que é na Baía Aratu.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 6,35 km ao longo do eixo do rio Macacos, incluindo o trecho do reservatório com 0,60 km a montante e o trecho a jusante do barramento com 5,75 km, passando Barragem de Macacos e nas cidades Simões filho e Salvador ambas no estado Bahia, atendendo todas as recomendações nacionais (ANA) e internacionais.

As características da barragem com altura máxima de (21,50 m), volume do reservatório pequeno (0,49 hm³) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise estão de acordo com a bibliografia.

4.2.2 Geografia da região e geometria do rio

Foram alimentados no software os dados de seção transversal em distâncias conforme locais onde foram obtidos níveis de água e de acordo com as mudanças percebidas na geografia da região de forma a se obter maior fidelidade na simulação. O desenho OIT-C-SRE-001-00-20 – Seções na Restituição – Folha 01 a 04 presente no Anexo 9 – Item 2 apresenta a localização das seções transversais obtidas pela restituição e utilizadas no modelo.

4.2.2.1 Cartografia

A restituição utilizada com DATUM Sirgas 2000 (Anexo I – Dados), foi executada pela Empresa Matrix em 2020 e apresenta curvas de nível de 2 m em 2 m, com trecho desde reservatório da Barragem Oiti até encontro com Barragem Macacos. No trecho a jusante da Macacos foi utilizado base SRTM (NASA). Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos e documentos da Tabela a seguir:

Tabela 13 – Fontes da geometria do rio (Anexo 9 - 1 – Dados, 2 – Lev. Campo 2020)

Item	Nº Documento	Elaboração	Descrição/Legenda
1	S/N	Matrix	Barragem OITI a Barragem dos Macacos_Rev01-PLANTA PLAN
2	SRTM	NASA	Trecho Barragem Macacos até baía Aratu

4.2.2.2 Topografia

Os dados topográficos foram utilizados para calibração do fundo do rio no trecho estudado, variando o coeficiente de manning fundo e nas margens do rio. Os levantamentos topográficos todos em 2020 para empresa Matrix:

- Levantamentos 2020 - Seções Topobatimétricas – 5 seções topobatimétricas juntamente com 5 níveis de água (23/06/2020);
- Perfil Simultâneo – 6 Níveis de água no dia 26/06/2020;
- Cadastro das estruturas da barragem Oiti.

Todos estes dados estão apresentados no Anexo 9, 1- Dados, 2-Levantamentos de Campo 2020.

4.2.3 Geometria da barragem

Os dados da Barragem e vertedouro já foram apresentados no item 1.3.

4.2.4 Hidrograma de Cheias

Para a barragem Oiti o Hidrograma de cheias foi definido com base na desagregação das vazões máximas baseadas no tempo de concentração da bacia. A Tabela 14 abaixo apresenta os valores das vazões máximas em seus respectivos tempos de recorrência.

Tabela 14 – Vazões máximas e os respectivos tempo de recorrência

Tr (anos)	Vazão (m ³ /s)
10	5,10
100	7,43
500	9,66
1.000	10,81
10.000	15,74

Para cada vazão foi realizada a desagregação onde baseado no tempo de concentração (20 minutos) o Hidrograma foi definido de 2 minutos até 100 minutos, ou seja, de 0,1 a 5,0 vezes o tempo de concentração. Para o momento 20 minutos, que coincide com o tempo de concentração, a vazão é idêntica àquela definida nos estudos hidrológicos como sendo a máxima para o respectivo tempo de recorrência. Para o estudo de Dam Break os dados utilizados para os cenários estudados estão indicados no Gráfico 2 e na Tabela 15 abaixo.

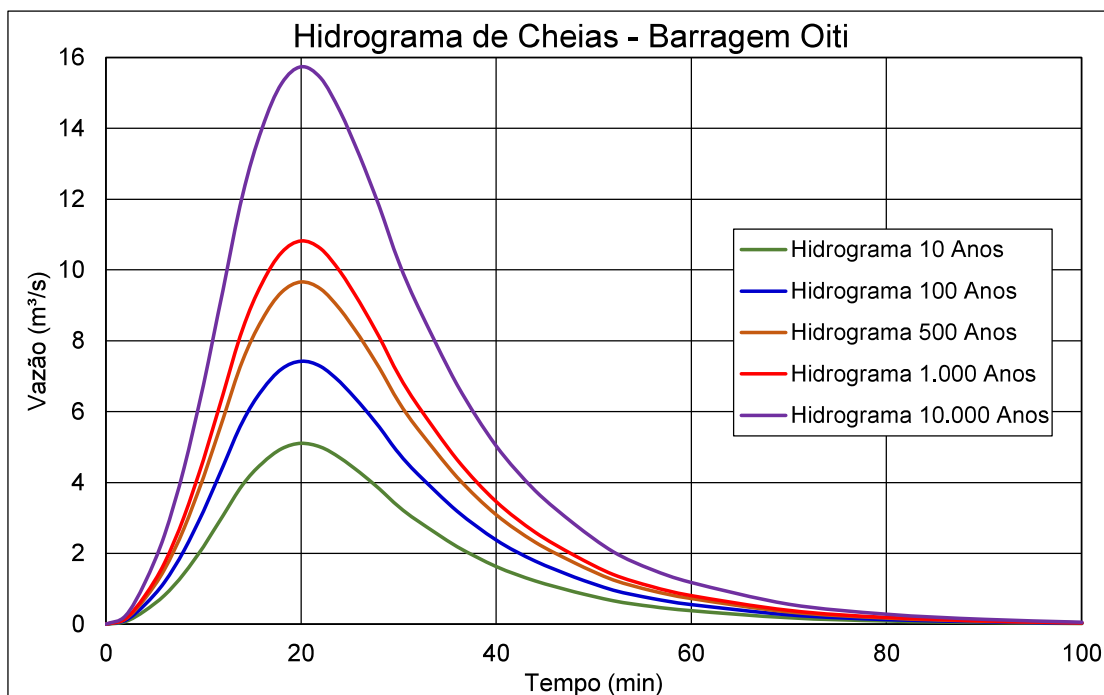


Gráfico 2 – Hidrograma Cheias Barragem Oiti

Tabela 15 – Hidrograma de Cheias para na Barragem Oiti

Coef Desagregação		Vazão (m³/s)					
t/tp	Q/Qp	(min)	10	100	500	1.000	10.000
0,000	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,100	0,015	2	0,08	0,11	0,14	0,16	0,24
0,200	0,075	4	0,38	0,56	0,72	0,81	1,18
0,300	0,16	6	0,82	1,19	1,55	1,73	2,52
0,400	0,28	8	1,43	2,08	2,70	3,03	4,41
0,500	0,43	10	2,19	3,19	4,15	4,65	6,77
0,600	0,6	12	3,06	4,46	5,79	6,49	9,44
0,700	0,77	14	3,93	5,72	7,44	8,33	12,12
0,800	0,89	16	4,54	6,61	8,60	9,62	14,01
0,900	0,97	18	4,95	7,21	9,37	10,49	15,27
1,000	1	20	5,10	7,43	9,66	10,81	15,74
1,100	0,98	22	5,00	7,28	9,46	10,60	15,42
1,200	0,92	24	4,70	6,83	8,89	9,95	14,48
1,300	0,84	26	4,29	6,24	8,11	9,08	13,22
1,400	0,75	28	3,83	5,57	7,24	8,11	11,80
1,500	0,65	30	3,32	4,83	6,28	7,03	10,23
1,600	0,57	32	2,91	4,23	5,50	6,16	8,97
1,800	0,43	36	2,19	3,19	4,15	4,65	6,77
2,000	0,32	40	1,63	2,38	3,09	3,46	5,04
2,200	0,24	44	1,23	1,78	2,32	2,60	3,78
2,400	0,18	48	0,92	1,34	1,74	1,95	2,83
2,600	0,13	52	0,66	0,97	1,26	1,41	2,05
2,800	0,098	56	0,50	0,73	0,95	1,06	1,54
3,000	0,075	60	0,38	0,56	0,72	0,81	1,18
3,500	0,036	70	0,18	0,27	0,35	0,39	0,57
4,000	0,018	80	0,09	0,13	0,17	0,19	0,28
4,500	0,009	90	0,05	0,07	0,09	0,10	0,14
5,000	0,004	100	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06

4.2.5 Calibração do modelo matemático

Com os dados da restituição - curvas de níveis, seções topobatimétricas e níveis de água (dados do item 4.2.2), foi calibrado o fluxo de água na calha do rio Macacos no trecho estudado com a utilização do programa Hec-Ras. A Figura 20 apresenta as 110 seções lançadas no programa também indicadas no desenho, OIT-C-SRE-001-00-20 – Seções na Restituição – Folhas 01 e 04, no Anexo 9. A Figura 21 apresenta o perfil do rio com os níveis de água obtidos para a calibração do modelo com dados topográficos de 2020.

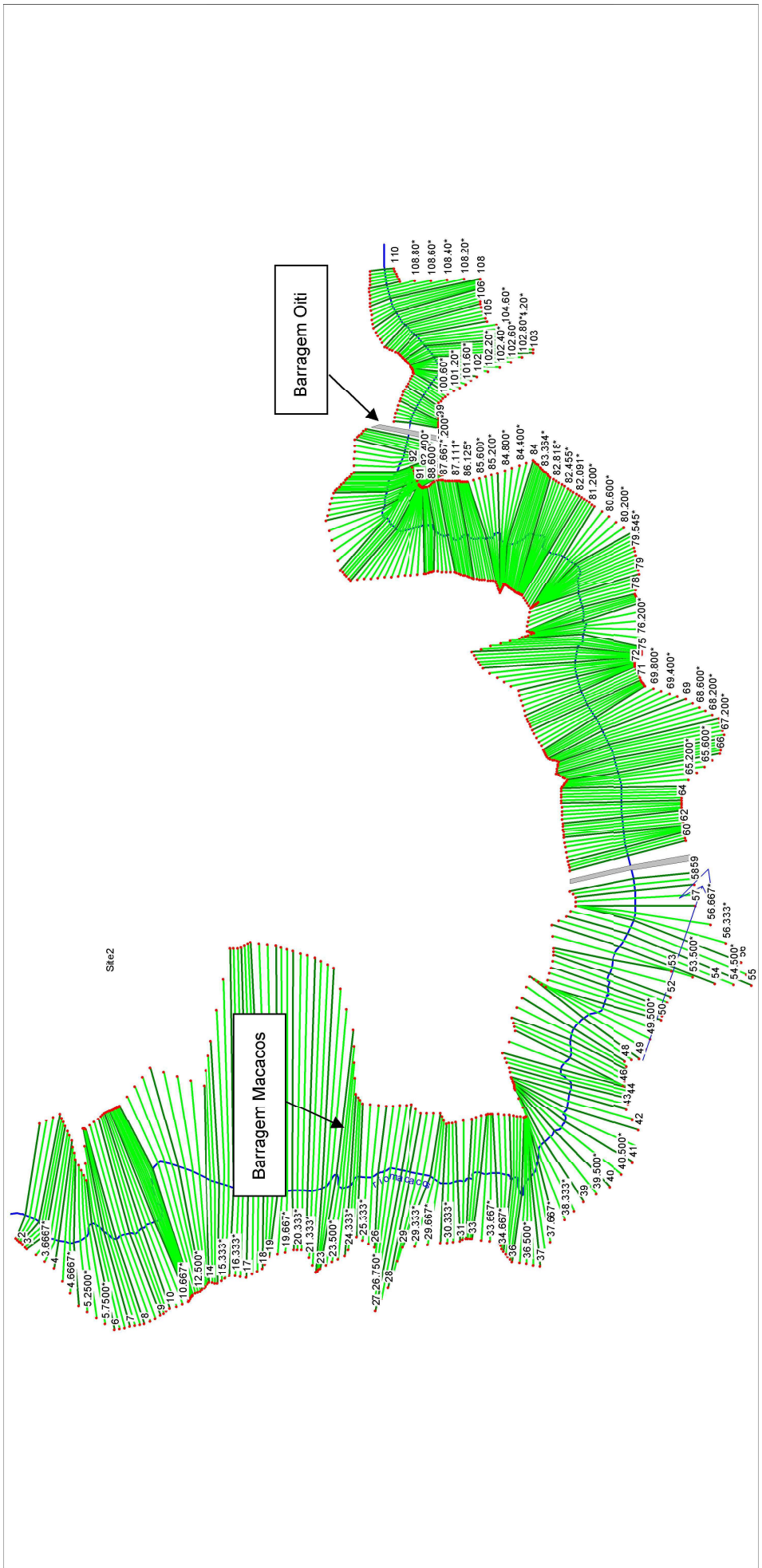


Figura 20 – Seções lançadas no Hec-Ras

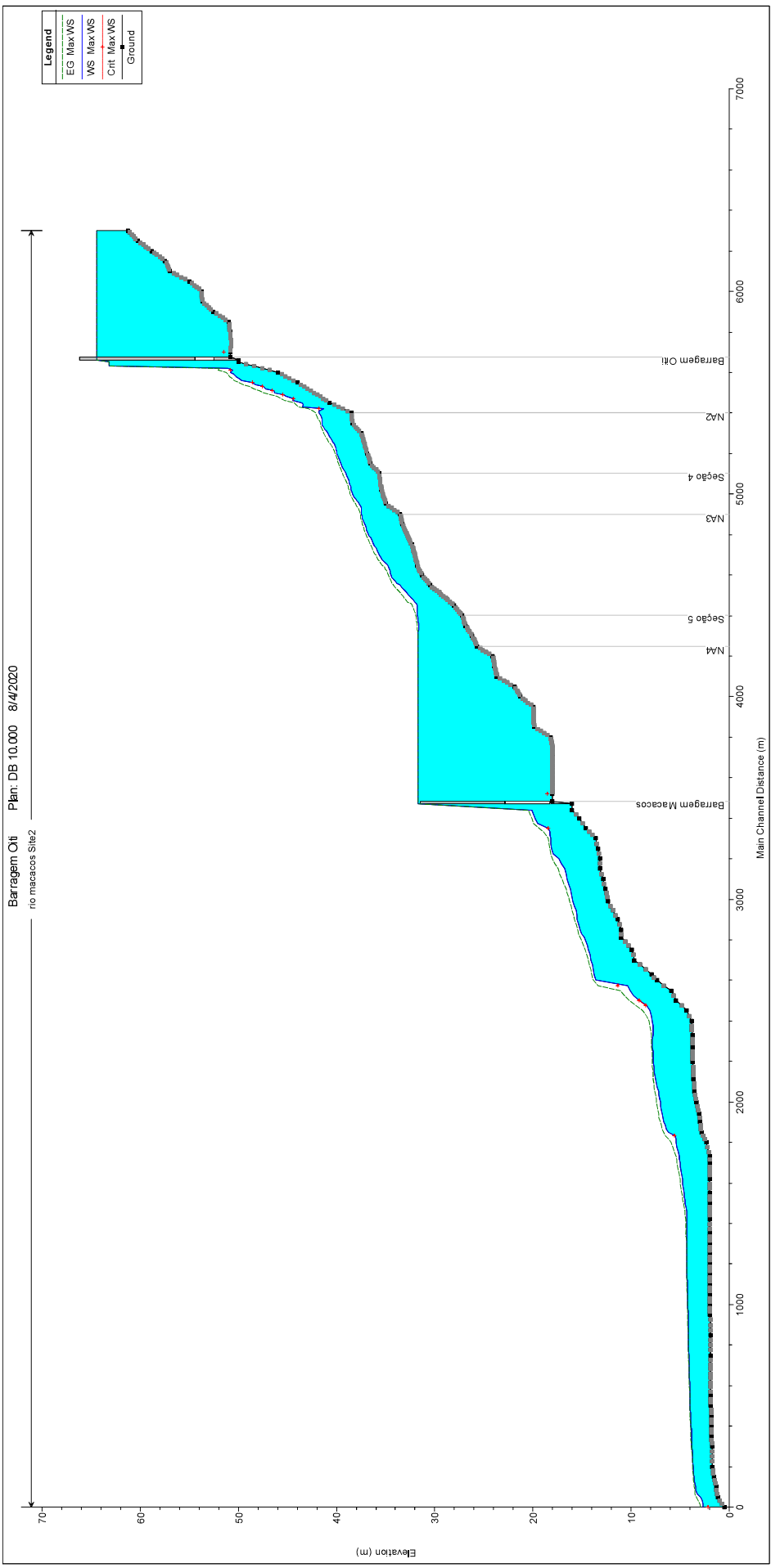


Figura 21 – Perfil do Rio Macacos com Barramento

4.3 Causa considerada para o rompimento

Para as simulações das cheias naturais sem o rompimento da barragem verifica-se que não há galgamento em nenhuma parte da seção da barragem, conforme a Tabela 17.

Para determinar o rompimento, devido às características da barragem, a hipótese considerada foi **vazamento (piping) no ponto mais baixo do barramento de terra**.

4.3.1 Dados utilizados para formação da brecha Barragem Oiti

Para a simulação de rompimento da Barragem, maior altura, foi adotada uma brecha com geometria trapezoidal, localizada no ponto mais profundo da seção partindo da Elevação 51,00 m, resultando em uma brecha de rompimento com altura de 15 metros e largura de 11,00 m, dentro do limite de $0,5H < B < 3H$ estabelecido pelos critérios científicos de tamanho da brecha. A inclinação do talude esquerdo e do talude direito é de 1 H:1 V.

A Figura 22 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras, observando que a escala de comprimento é diferente da escala de altura.

Quadro 7 – Características da brecha inicial considerada – Oiti

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	Oiti
Tempo de ruptura (h)	0,50 h
Forma da brecha	Trapezoidal
Largura da brecha (m)	11,00
Profundidade da brecha (m)	15,00
Localização da brecha	Barragem Central

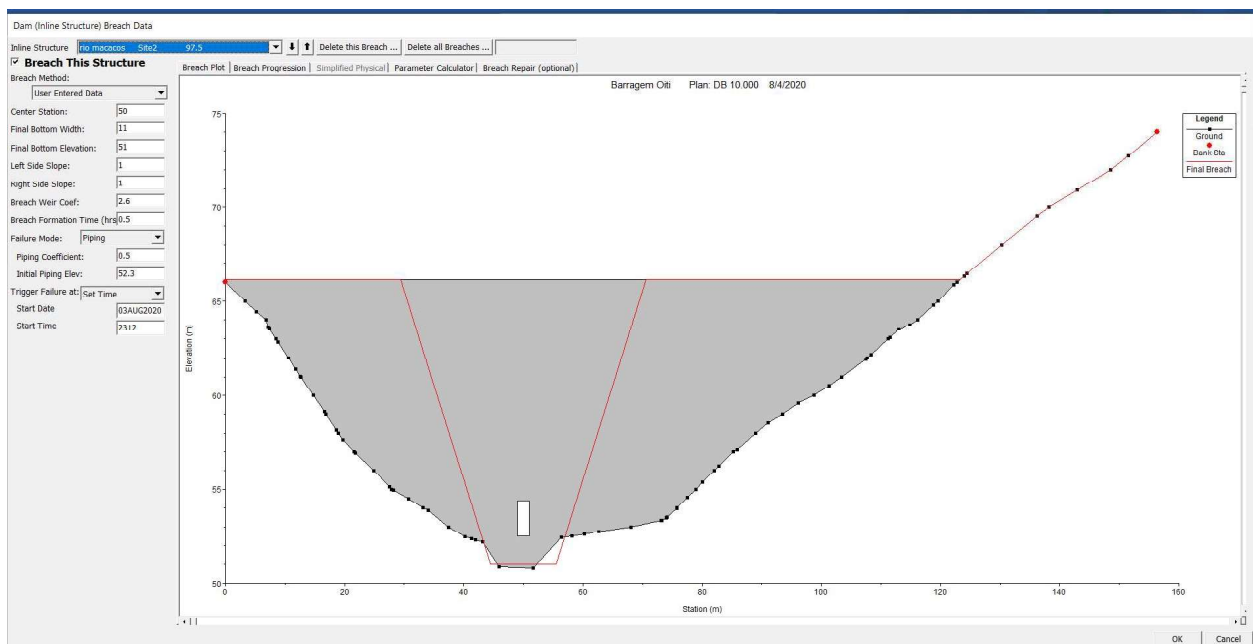


Figura 22 – Dados do Barramento Oiti– Hec-Ras

O tempo de formação da brecha adotado foi de 30 minutos de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha, conforme descrito e apresentado no item 4 (Subitem 4.1.4.2).

4.3.1.1 Barragem Jusante - Macacos

Será simulado rompimento da Barragem Macacos a partir do galgamento da crista da Barragem mais 20 cm, ou seja, quando atingir a El. 31,68 m.

Para determinar o rompimento, devido às características da barragem, a hipótese considerada foi **overtopping do barramento de terra**.

Para a simulação de rompimento da Barragem, maior altura, foi adotada uma brecha com geometria trapezoidal, localizada no ponto mais profundo da seção, com altura de 18,00 metros e largura de 11,00 m, dentro do limite de $0,5H < B < 3H$ estabelecido pelos critérios científicos de tamanho da brecha, de forma que a simulação apresente resultados conservativos. A inclinação do talude esquerdo e do talude direito é de 1 H:1 V.

A Figura 23 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

Quadro 8 – Características da brecha inicial considerada - Macacos

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	Macacos
Tempo de ruptura (h)	0,50 h
Forma da brecha	Trapezoidal
Largura da brecha (m)	11,00
Profundidade da brecha (m)	18,00
Localização da brecha	Barragem Central

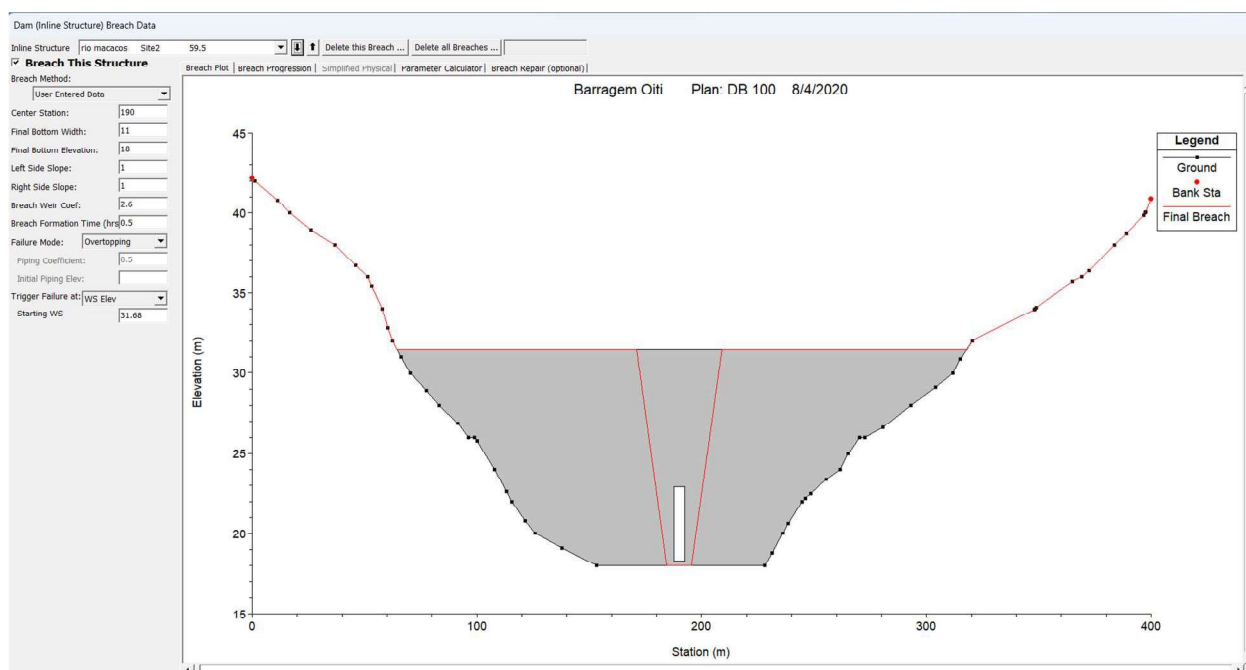


Figura 23 – Dados do Barramento Macacos – Hec-Ras

O tempo de formação da brecha adotado foi de 30 minutos de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha, conforme descrito e apresentado no item 4 (Subitem 4.1.4.2).

4.4 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Macacos na situação natural para as duas vazões (TR=10, TR=100e TR=10.000 anos), para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da Barragem Oiti. A definição das vazões a serem simuladas estão de acordo com preconizado no item 4.2.4:

- Simulação 1 – Condição de enchente sem rompimento da Barragem (Natural);
- Simulação 2 – Condição de enchente com Rompimento da Barragem da Barragem Oiti (Dam Break). Nesta simulação também foi realizado rompimento da Barragem Macacos com galgamento acima de 20 cm.

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da Barragem Oiti.

Tabela 16 – Hidrogramas para Barragem Oiti

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
10	5,10
100	7,43
10.000	15,74

4.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 17 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos nas barragens somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem Oiti nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da Barragem Oiti sem rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	Níveis Naturais		
		TR 10	TR 100	TR 10.000
Barragem Oiti	66,14	64,05	64,14	64,44
Barragem Macacos	31,48	30,31	30,34	30,45

4.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

Todas as simulações de rompimento foram efetuadas para os tempos de recorrência de 10, 100, e 10.000 anos, com o rompimento ocorrendo no pico máximo do hidrograma de enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

A Tabela 18 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos nas Barragens, ocorreu galgamento da Barragem Macacos.

Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da Barragem Oiti com rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	Níveis com Rompimento		
		TR 10	TR 100	TR 10.000
Barragem Oiti	66,14	64,05	64,13	64,41
Barragem Macacos	31,48	31,69	31,69	31,70

(*) Destacados em vermelho ocorre inundação

4.5 Altura Máxima da Onda

A Tabela 19 e a Tabela 20 apresentam os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda (Δ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção. Os pontos dos barramentos a jusante estão selecionados junto com outras seções de interesse que estão definidas nas descrições.

- Condição Natural – Sem rompimento da Barragem;
- Dam Break – Com rompimento da Barragem.

Tabela 19 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da Barragem Oiti para TR 10 e TR 100 anos

Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	TR 10 ANOS				TR 100 ANOS					
					NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)		
					Natural	Dam Break			Δ	Natural			Dam Break	Δ
110		50,00	6350,00	61,24	64,05	64,05	0,00	0,06	5,10	64,14	64,13	-0,01	0,09	7,35
109		50,00	6300,00	60,26	64,05	64,05	0,00	0,04	5,09	64,14	64,13	-0,01	0,06	7,35
108		50,00	6250,00	58,85	64,05	64,05	0,00	0,02	5,07	64,14	64,13	-0,01	0,03	7,34
107		50,00	6200,00	57,45	64,05	64,05	0,00	0,01	5,03	64,14	64,13	-0,01	0,01	7,32
106		50,00	6150,00	56,99	64,05	64,05	0,00	0,01	4,98	64,14	64,13	-0,01	0,01	7,30
105		50,00	6100,00	55,00	64,05	64,05	0,00	0,00	4,91	64,14	64,13	-0,01	0,00	7,28
104		50,00	6050,00	53,76	64,05	64,05	0,00	0,00	4,84	64,14	64,13	-0,01	0,00	7,26
103		50,00	6000,00	53,66	64,05	64,05	0,00	0,00	4,75	64,14	64,13	-0,01	0,00	6,04
102		50,00	5950,00	52,58	64,05	64,05	0,00	0,01	4,71	64,14	64,13	-0,01	0,01	5,86
101		50,00	5900,00	50,95	64,05	64,05	0,00	0,01	4,68	64,14	64,13	-0,01	0,01	5,75
100		50,00	5850,00	50,84	64,05	64,05	0,00	0,01	4,66	64,14	64,13	-0,01	0,01	5,67
99		50,00	5800,00	50,73	64,05	64,05	0,00	0,01	4,64	64,14	64,13	-0,01	0,01	5,58
98	NA1	50,00	5750,00	50,80	64,05	64,05	0,00	0,01	4,61	64,14	64,13	-0,01	0,01	5,49
97,5														
Barragem Oiti														
97		50,00	5700,00	50,00	50,50	62,74	12,24	0,71	126,56	50,58	62,85	12,27	0,70	127,90
96		50,00	5650,00	45,99	46,62	50,70	4,08	2,82	125,06	46,68	50,73	4,05	2,82	126,34
95		100,00	5600,00	43,98	44,90	48,55	3,65	5,03	125,02	44,99	48,58	3,59	5,03	126,32
94		50,00	5500,00	40,68	41,11	43,55	2,44	3,79	106,48	41,15	43,55	2,40	3,77	106,02
93	NA2	50,00	5450,00	38,48	39,22	41,72	2,50	2,61	124,88	39,28	41,74	2,46	2,61	125,88
92		50,00	5400,00	38,40	38,81	41,43	2,62	1,78	124,67	38,86	41,45	2,59	1,78	125,85
91		100,00	5350,00	37,50	38,14	40,85	2,71	2,76	124,64	38,20	40,86	2,66	2,77	125,78
90		50,00	5250,00	36,88	37,58	39,87	2,29	1,83	124,27	37,64	39,89	2,25	1,83	125,49
89		20,00	5200,00	36,52	37,15	39,52	2,37	1,97	124,23	37,21	39,54	2,33	1,97	125,42
88	Seção 4	110,00	5180,00	35,64	36,68	38,98	2,30	2,56	124,17	36,75	38,99	2,24	2,56	125,34
87		70,00	5070,00	35,45	36,19	38,46	2,27	1,96	123,91	36,24	38,47	2,23	1,96	125,13
86		50,00	5000,00	34,96	35,48	37,62	2,14	2,80	123,60	35,54	37,63	2,09	2,81	124,87

Seção	Descrição	PERFIL					TR 10 ANOS					TR 100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)				
					Natural	Dam Break			Natural	Dam Break			Δ	Δ		
85	NA3	50,00	4950,00	33,54	34,48	37,40	2,92	1,42	123,52	34,55	37,41	2,86	1,43	124,76		
84		100,00	4900,00	33,31	34,21	37,06	2,85	2,05	123,41	34,27	37,08	2,81	2,05	124,48		
83		100,00	4800,00	32,33	33,19	36,13	2,94	2,65	123,17	33,28	36,14	2,86	2,66	124,41		
82		50,00	4700,00	31,77	32,63	34,78	2,15	3,15	123,10	32,69	34,79	2,10	3,16	124,26		
81		50,00	4650,00	31,32	32,00	34,41	2,41	2,08	122,97	32,07	34,43	2,36	2,08	124,23		
80		100,00	4600,00	30,48	30,98	33,49	2,51	3,47	122,94	31,04	33,50	2,46	3,47	124,18		
79		50,00	4500,00	27,99	30,31	31,78	1,47	2,73	95,49	30,34	31,79	1,45	2,78	97,68		
78	Seção 5	50,00	4450,00	27,20	30,31	31,73	1,42	1,68	94,65	30,34	31,74	1,40	1,72	96,84		
77		50,00	4400,00	26,88	30,31	31,63	1,32	1,65	94,64	30,34	31,63	1,29	1,68	96,82		
76		50,00	4350,00	26,16	30,31	31,69	1,38	0,51	94,61	30,34	31,70	1,36	0,52	96,79		
75	NA4	50,00	4300,00	25,73	30,31	31,68	1,37	0,45	94,59	30,34	31,69	1,35	0,46	96,76		
74		50,00	4250,00	24,10	30,31	31,69	1,38	0,20	94,57	30,34	31,69	1,35	0,21	96,72		
73		50,00	4200,00	23,91	30,31	31,69	1,38	0,15	94,54	30,34	31,70	1,36	0,15	96,67		
72		50,00	4150,00	23,68	30,31	31,69	1,38	0,13	94,51	30,34	31,69	1,35	0,13	96,61		
71		50,00	4100,00	21,90	30,31	31,69	1,38	0,09	94,48	30,34	31,70	1,36	0,09	96,54		
70		50,00	4050,00	21,26	30,31	31,69	1,38	0,07	94,45	30,34	31,70	1,36	0,08	96,47		
69		50,00	4000,00	19,97	30,31	31,69	1,38	0,07	94,43	30,34	31,70	1,36	0,07	96,40		
68		50,00	3950,00	19,93	30,31	31,69	1,38	0,04	94,41	30,34	31,70	1,36	0,05	96,32		
67		50,00	3900,00	19,88	30,31	31,69	1,38	0,04	94,40	30,34	31,69	1,35	0,04	96,24		
66		50,00	3850,00	18,19	30,31	31,69	1,38	0,05	90,90	30,34	31,69	1,35	0,05	96,20		
65		50,00	3800,00	18,00	30,31	31,69	1,38	0,05	90,34	30,34	31,69	1,35	0,05	96,16		
64		50,00	3750,00	18,00	30,31	31,69	1,38	0,04	89,81	30,34	31,69	1,35	0,05	96,15		
63		50,00	3700,00	18,00	30,31	31,69	1,38	0,04	89,29	30,34	31,69	1,35	0,04	90,76		
62		50,00	3650,00	18,00	30,31	31,69	1,38	0,04	88,78	30,34	31,69	1,35	0,04	90,17		
61		30,00	3600,00	18,00	30,31	31,69	1,38	0,04	88,25	30,34	31,69	1,35	0,04	89,57		
60		80,00	3570,00	18,00	30,31	31,69	1,38	0,04	87,92	30,34	31,69	1,35	0,04	89,20		
59,5																

Barragem Macacos

Seção	Descrição	PERFIL					TR 10 ANOS					TR 100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break			Δ	Natural			Dam Break	Δ		
59		40,00	3490,00	15,99	16,34	20,06	3,72	2,64	916,53	16,36	20,06	3,70	2,66	920,85		
58		50,00	3450,00	15,24	15,78	19,79	4,01	2,54	916,06	15,81	19,79	3,98	2,55	919,13		
57		50,00	3400,00	14,57	14,96	18,42	3,46	4,31	906,71	14,99	18,42	3,43	4,31	909,14		
56		50,00	3350,00	13,64	14,05	18,16	4,11	2,39	910,12	14,08	18,16	4,08	2,39	910,86		
55		50,00	3300,00	13,31	13,85	18,11	4,26	1,44	907,45	13,88	18,11	4,23	1,44	908,20		
54		50,00	3250,00	13,17	13,79	17,33	3,54	3,53	905,67	13,81	17,34	3,53	3,53	906,42		
53		50,00	3200,00	13,16	13,53	16,73	3,20	3,76	903,06	13,54	16,73	3,19	3,76	904,54		
52		50,00	3150,00	12,86	13,18	16,49	3,31	3,09	902,77	13,19	16,50	3,31	3,09	904,21		
51		60,00	3100,00	12,61	12,97	16,15	3,18	3,00	902,14	12,99	16,15	3,16	3,00	903,55		
50		90,00	3040,00	12,33	12,66	15,91	3,25	2,49	900,79	12,67	15,91	3,24	2,48	898,64		
49		50,00	2950,00	11,33	11,89	15,47	3,58	2,18	895,56	11,92	15,47	3,55	2,19	897,90		
48		40,00	2900,00	11,04	11,75	15,15	3,40	2,41	894,73	11,78	15,15	3,37	2,41	896,91		
47		60,00	2860,00	10,98	11,44	14,76	3,32	2,78	893,79	11,46	14,76	3,30	2,78	895,87		
46		50,00	2800,00	9,90	10,46	14,33	3,87	2,43	891,32	10,47	14,33	3,86	2,43	893,29		
45		70,00	2750,00	9,65	10,01	14,10	4,09	2,17	888,69	10,02	14,10	4,08	2,17	890,59		
44		30,00	2680,00	7,92	8,47	13,75	5,28	2,01	884,69	8,51	13,75	5,24	2,01	885,81		
43		50,00	2650,00	7,38	8,14	13,56	5,42	2,22	882,92	8,18	13,56	5,38	2,22	884,59		
42		50,00	2600,00	5,89	6,24	10,09	3,85	4,41	883,50	6,26	10,10	3,84	4,41	885,53		
41		50,00	2550,00	5,40	5,79	9,16	3,37	4,33	879,18	5,81	9,16	3,35	4,33	880,82		
40		50,00	2500,00	4,35	4,75	8,11	3,36	3,65	873,10	4,76	8,11	3,35	3,65	875,65		
39		70,00	2450,00	3,87	4,29	7,81	3,52	2,73	849,89	4,30	7,82	3,52	2,73	852,14		
38		60,00	2380,00	3,79	4,17	7,77	3,60	1,72	847,47	4,18	7,78	3,60	1,72	849,75		
37		75,00	2320,00	3,76	4,14	7,78	3,64	1,30	844,83	4,15	7,79	3,64	1,31	847,12		
36		85,00	2245,00	3,73	4,11	7,73	3,62	1,34	840,74	4,12	7,73	3,61	1,34	843,02		
35		60,00	2160,00	3,63	4,03	7,49	3,46	2,06	836,19	4,04	7,49	3,45	2,06	838,47		
34		50,00	2100,00	3,56	3,90	7,18	3,28	2,70	833,57	3,91	7,18	3,27	2,71	835,85		
33		60,00	2050,00	3,32	3,72	7,02	3,30	2,65	826,68	3,74	7,03	3,29	2,65	828,81		

Seção	Descrição	PERFIL					TR 10 ANOS					TR 100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break			Natural	Dam Break			Natural	Dam Break		
32		40,00	1990,00	3,08	3,55	6,85	3,30	2,58	826,45	3,57	6,85	3,28	2,59	828,61		
31		50,00	1950,00	2,98	3,45	6,64	3,19	2,75	826,16	3,47	6,64	3,17	2,76	828,33		
30		50,00	1900,00	2,84	3,20	6,12	2,92	3,33	825,66	3,21	6,12	2,91	3,33	827,76		
29		69,99	1850,00	2,34	2,62	5,43	2,81	3,04	824,75	2,64	5,43	2,79	3,05	826,90		
28		30,01	1780,01	2,00	2,41	5,11	2,70	2,43	816,34	2,41	5,11	2,70	2,43	818,33		
27		83,08	1750,00	2,00	2,41	5,02	2,61	2,26	815,61	2,41	5,03	2,62	2,26	817,62		
26		66,92	1666,92	2,00	2,41	4,78	2,37	2,15	801,92	2,41	4,78	2,37	2,15	803,77		
25		50,00	1600,00	1,99	2,41	4,61	2,20	2,06	800,53	2,41	4,62	2,21	2,07	802,41		
24		81,28	1550,00	1,99	2,41	4,50	2,09	1,90	756,60	2,41	4,50	2,09	1,90	758,18		
23		68,72	1468,72	1,99	2,41	4,34	1,93	1,27	566,53	2,41	4,35	1,94	1,27	567,80		
22		50,00	1400,00	1,99	2,41	4,35	1,94	0,72	566,14	2,41	4,35	1,94	0,72	567,41		
21		50,00	1350,00	1,99	2,41	4,35	1,94	0,43	565,71	2,41	4,35	1,94	0,43	566,98		
20		50,00	1300,00	1,98	2,41	4,34	1,93	0,46	564,88	2,41	4,34	1,93	0,46	566,16		
19		50,00	1250,00	1,98	2,41	4,32	1,91	0,62	562,97	2,41	4,32	1,91	0,62	564,25		
18		50,00	1200,00	1,98	2,41	4,29	1,88	0,72	533,23	2,41	4,29	1,88	0,72	534,49		
17		50,00	1150,00	1,98	2,40	4,27	1,87	0,76	531,91	2,40	4,27	1,87	0,76	533,18		
16		50,00	1100,00	1,98	2,40	4,25	1,85	0,73	506,24	2,40	4,26	1,86	0,73	507,51		
15		50,00	1050,00	1,97	2,40	4,21	1,81	0,72	482,09	2,40	4,21	1,81	0,72	483,38		
14		100,00	1000,00	1,96	2,40	4,19	1,79	0,72	481,49	2,40	4,20	1,80	0,73	482,79		
13		100,00	900,00	1,93	2,39	4,16	1,77	0,66	460,84	2,39	4,17	1,78	0,66	462,15		
12		200,00	800,00	1,91	2,38	4,10	1,72	0,80	443,98	2,38	4,11	1,73	0,80	445,29		
11		50,00	600,00	1,90	2,35	3,98	1,63	0,79	430,27	2,35	3,98	1,63	0,79	431,60		
10		50,00	550,00	1,88	2,35	3,96	1,61	0,71	429,68	2,35	3,96	1,61	0,71	431,02		
9		50,00	500,00	1,86	2,34	3,92	1,58	0,92	428,94	2,34	3,92	1,58	0,93	430,29		
8		50,00	450,00	1,85	2,34	3,87	1,53	1,00	421,86	2,34	3,88	1,54	1,00	423,20		
7		50,00	400,00	1,84	2,33	3,83	1,50	1,02	421,71	2,33	3,83	1,50	1,02	423,06		
6		100,00	350,00	1,76	2,33	3,78	1,45	0,91	421,25	2,33	3,78	1,45	0,91	422,61		

Seção	Descrição	PERFIL				TR 10 ANOS						TR 100 ANOS					
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)			
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ					
5		50,00	250,00	1,76	2,31	3,67	1,36	1,03	419,80	2,31	3,68	1,37	1,03	421,18			
4		50,00	200,00	1,56	2,28	3,59	1,31	1,26	419,02	2,28	3,59	1,31	1,26	420,40			
3		50,00	150,00	1,36	2,24	3,45	1,21	1,52	418,33	2,24	3,45	1,21	1,53	419,73			
2		50,00	100,00	1,20	2,03	2,90	0,87	2,82	417,62	2,03	2,91	0,88	2,82	419,01			
1		50,00	50,00	0,48	1,41	2,61	1,20	2,24	417,52	1,41	2,62	1,21	2,24	418,91			

(*) Velocidade e vazão máxima obtida da simulação de dam break.

Tabela 20 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da Barragem Oiti para TR 10.000 anos

Seção	Descrição	PERFIL				TR 10.000 ANOS			
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
110		50,00	6350,00	61,24	64,43	64,42	-0,01	0,16	15,58
109		50,00	6300,00	60,26	64,43	64,42	-0,01	0,10	15,43
108		50,00	6250,00	58,85	64,44	64,42	-0,02	0,05	15,19
107		50,00	6200,00	57,45	64,44	64,42	-0,02	0,02	14,80
106		50,00	6150,00	56,99	64,44	64,42	-0,02	0,02	14,27
105		50,00	6100,00	55,00	64,44	64,42	-0,02	0,01	13,61
104		50,00	6050,00	53,76	64,44	64,42	-0,02	0,01	12,86
103		50,00	6000,00	53,66	64,44	64,42	-0,02	0,01	12,07
102		50,00	5950,00	52,58	64,44	64,42	-0,02	0,01	11,64
101		50,00	5900,00	50,95	64,44	64,42	-0,02	0,01	11,40
100		50,00	5850,00	50,84	64,44	64,42	-0,02	0,01	11,22
99		50,00	5800,00	50,73	64,44	64,42	-0,02	0,01	11,05
98	NA1	50,00	5750,00	50,80	64,44	64,41	-0,03	0,01	10,89
97,5									
Barragem Oiti									
97		50,00	5700,00	50,00	50,77	63,14	12,37	0,66	130,82
96		50,00	5650,00	45,99	46,93	50,82	3,89	2,82	130,60
95		100,00	5600,00	43,98	45,30	48,65	3,35	5,08	130,55
94		50,00	5500,00	40,68	41,32	43,56	2,24	3,78	106,78
93	NA2	50,00	5450,00	38,48	39,49	41,78	2,29	2,66	130,31
92		50,00	5400,00	38,40	39,03	41,50	2,47	1,79	130,26
91		100,00	5350,00	37,50	38,42	40,91	2,49	2,80	130,17
90		50,00	5250,00	36,88	37,85	39,93	2,08	1,84	129,90
89		20,00	5200,00	36,52	37,41	39,58	2,17	1,99	129,78
88	Seção 4	110,00	5180,00	35,64	36,97	39,03	2,06	2,59	129,58
87		70,00	5070,00	35,45	36,43	38,51	2,08	1,98	129,49
86		50,00	5000,00	34,96	35,71	37,68	1,97	2,83	129,27
85	NA3	50,00	4950,00	33,54	34,81	37,47	2,66	1,43	128,89

PERFIL				TR 10.000 ANOS					
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
					Natural	Dam Break			Δ
84		100,00	4900,00	33,31	34,51	37,14	2,63	2,06	128,85
83		100,00	4800,00	32,33	33,55	36,19	2,64	2,68	128,73
82		50,00	4700,00	31,77	32,89	34,83	1,94	3,17	128,61
81		50,00	4650,00	31,32	32,29	34,48	2,19	2,09	128,55
80		100,00	4600,00	30,48	31,22	33,56	2,34	3,49	128,48
79		50,00	4500,00	27,99	30,46	31,82	1,36	2,99	106,28
78	Seção 5	50,00	4450,00	27,20	30,46	31,76	1,30	1,87	106,24
77		50,00	4400,00	26,88	30,45	31,62	1,17	1,84	105,43
76		50,00	4350,00	26,16	30,45	31,70	1,25	0,57	106,08
75	NA4	50,00	4300,00	25,73	30,45	31,70	1,25	0,50	105,93
74		50,00	4250,00	24,10	30,45	31,70	1,25	0,23	105,75
73		50,00	4200,00	23,91	30,45	31,70	1,25	0,17	105,48
72		50,00	4150,00	23,68	30,45	31,70	1,25	0,14	105,12
71		50,00	4100,00	21,90	30,45	31,70	1,25	0,10	104,67
70		50,00	4050,00	21,26	30,45	31,70	1,25	0,08	104,17
69		50,00	4000,00	19,97	30,45	31,70	1,25	0,08	103,64
68		50,00	3950,00	19,93	30,45	31,70	1,25	0,05	102,94
67		50,00	3900,00	19,88	30,45	31,70	1,25	0,05	102,20
66		50,00	3850,00	18,19	30,45	31,70	1,25	0,05	101,58
65		50,00	3800,00	18,00	30,45	31,70	1,25	0,05	101,03
64		50,00	3750,00	18,00	30,45	31,70	1,25	0,05	100,50
63		50,00	3700,00	18,00	30,45	31,70	1,25	0,05	100,00
62		50,00	3650,00	18,00	30,45	31,70	1,25	0,05	99,50
61		30,00	3600,00	18,00	30,45	31,70	1,25	0,04	99,00
60		80,00	3570,00	18,00	30,45	31,70	1,25	0,04	98,69
59,5	Barragem Macacos								
59		40,00	3490,00	15,99	16,47	20,08	3,61	2,65	927,09
58		50,00	3450,00	15,24	15,95	19,81	3,86	2,55	926,75

PERFIL		TR 10.000 ANOS							
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
					Natural	Dam Break			Δ
57		50,00	3400,00	14,57	15,12	18,42	3,30	4,35	918,82
56		50,00	3350,00	13,64	14,20	18,18	3,98	2,39	920,25
55		50,00	3300,00	13,31	14,01	18,14	4,13	1,43	918,03
54		50,00	3250,00	13,17	13,93	17,35	3,42	3,54	916,38
53		50,00	3200,00	13,16	13,62	16,74	3,12	3,78	913,28
52		50,00	3150,00	12,86	13,27	16,51	3,24	3,11	913,06
51		60,00	3100,00	12,61	13,07	16,17	3,10	3,01	912,51
50		90,00	3040,00	12,33	12,75	15,93	3,18	2,50	911,27
49		50,00	2950,00	11,33	12,09	15,48	3,39	2,19	906,27
48		40,00	2900,00	11,04	11,92	15,17	3,25	2,41	905,46
47		60,00	2860,00	10,98	11,57	14,78	3,21	2,78	904,53
46		50,00	2800,00	9,90	10,55	14,35	3,80	2,44	902,16
45		70,00	2750,00	9,65	10,10	14,12	4,02	2,18	899,67
44		30,00	2680,00	7,92	8,70	13,77	5,07	2,02	895,93
43		50,00	2650,00	7,38	8,36	13,58	5,22	2,23	894,26
42		50,00	2600,00	5,89	6,36	10,12	3,76	4,42	894,62
41		50,00	2550,00	5,40	5,90	9,18	3,28	4,34	890,53
40		50,00	2500,00	4,35	4,83	8,13	3,30	3,66	884,50
39		70,00	2450,00	3,87	4,39	7,83	3,44	2,74	860,87
38		60,00	2380,00	3,79	4,25	7,80	3,55	1,73	858,47
37		75,00	2320,00	3,76	4,22	7,81	3,59	1,31	855,88
36		85,00	2245,00	3,73	4,20	7,75	3,55	1,35	851,87
35		60,00	2160,00	3,63	4,11	7,51	3,40	2,07	847,37
34		50,00	2100,00	3,56	3,99	7,20	3,21	2,72	844,78
33		60,00	2050,00	3,32	3,85	7,04	3,19	2,66	837,56
32		40,00	1990,00	3,08	3,70	6,87	3,17	2,60	837,37
31		50,00	1950,00	2,98	3,58	6,66	3,08	2,77	837,08
30		50,00	1900,00	2,84	3,30	6,14	2,84	3,34	836,56

PERFIL		TR 10.000 ANOS							
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)		Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
					Natural	Dam Break			Δ
29		69,99	1850,00	2,34	2,71	5,44	2,73	3,05	835,70
28		30,01	1780,01	2,00	2,43	5,13	2,70	2,44	827,04
27		83,08	1750,00	2,00	2,41	5,04	2,63	2,27	826,34
26		66,92	1666,92	2,00	2,41	4,79	2,38	2,16	812,45
25		50,00	1600,00	1,99	2,41	4,63	2,22	2,08	811,09
24		81,28	1550,00	1,99	2,41	4,51	2,10	1,91	766,61
23		68,72	1468,72	1,99	2,41	4,36	1,95	1,28	574,65
22		50,00	1400,00	1,99	2,41	4,36	1,95	0,72	574,16
21		50,00	1350,00	1,99	2,41	4,36	1,95	0,43	573,61
20		50,00	1300,00	1,98	2,41	4,36	1,95	0,46	572,63
19		50,00	1250,00	1,98	2,41	4,34	1,93	0,62	570,59
18		50,00	1200,00	1,98	2,41	4,30	1,89	0,73	540,71
17		50,00	1150,00	1,98	2,40	4,28	1,88	0,73	513,95
16		50,00	1100,00	1,98	2,40	4,27	1,87	0,73	513,71
15		50,00	1050,00	1,97	2,40	4,23	1,83	0,72	489,57
14		100,00	1000,00	1,96	2,40	4,21	1,81	0,73	488,96
13		100,00	900,00	1,93	2,39	4,18	1,79	0,66	468,18
12		200,00	800,00	1,91	2,38	4,12	1,74	0,81	451,15
11		50,00	600,00	1,90	2,35	4,00	1,65	0,80	437,10
10		50,00	550,00	1,88	2,35	3,98	1,63	0,71	436,45
9		50,00	500,00	1,86	2,34	3,93	1,59	0,93	435,67
8		50,00	450,00	1,85	2,34	3,89	1,55	1,01	428,56
7		50,00	400,00	1,84	2,33	3,84	1,51	1,02	428,38
6		100,00	350,00	1,76	2,33	3,80	1,47	0,91	427,89
5		50,00	250,00	1,76	2,31	3,69	1,38	1,03	426,36
4		50,00	200,00	1,56	2,28	3,60	1,32	1,26	425,56
3		50,00	150,00	1,36	2,24	3,46	1,22	1,53	424,85
2		50,00	100,00	1,20	2,03	2,92	0,89	2,83	424,17

PERFIL		TR 10.000 ANOS							
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	Natural	Dam Break	NA (m)	Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
1		50,00	50,00	0,48	1,41	2,63	1,22	2,25	424,05

(*) Velocidade e vazão máxima obtida da simulação de dam break.

4.6 Limite Físico a Jusante da Barragem Oiti

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da Barragem Oiti até encontro com Bahia Aratu, compreendendo cerca de 6,35 km. Este trecho compreende:

- limite máximo de 25 km - Volume Reservatório entre 3 - 50 hm³, de acordo ANA;
- encontro com rio de maior capacidade, de acordo ANA.

4.7 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

As benfeitorias foram identificadas pelo *Google Earth/Restituição* e pela ortofotocarta realizada em 2020. Considerando o momento da ruptura descritos no item 4.3, serão apresentados os cotogramas das seções onde foram detectadas benfeitorias em risco, listadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Localização das Seções de Interesse

Seções	Descrição	Estaca (m)	Distância da Barragem Oiti (km)
98	Barragem Oiti	5.750	0
60	Barragem Macacos	3.570	2,18
43	Ponte - BA 526 e Início Paripe - Salvador	2.650	3,10
23	Propriedades Paripe - Salvador	1.469	4,28
20	Propriedades Paripe - Salvador e Limite ZAS	1.300	4,45
15	Propriedades Paripe - Salvador	1.050	4,70
12	Propriedades Paripe - Salvador	800	4,95
1	Bahia de Aratu e Limite ZSS	50	5,70

Para cada seção foi determinado quanto tempo levou para que a onda ocasionada pela ruptura do barramento chegue na seção e atinja o nível máximo.

4.8 Resumo Geral das Seções Atingidas

A Tabela 22 e Tabela 23 abaixo apresenta o resumo dos tempos da onda de cheia após rompimento da barragem em cada seção estratégica do trecho de jusante (atingidos). Estão indicados na tabela a distância da barragem até as seções e para o rompimento da barragem o tempo de início da onda de cheia, o tempo para atingir o pico, duração da onda, o nível de água normal sem rompimento, o nível máximo de água com o rompimento, a altura máxima da onda de cheia, velocidade e vazão máxima nas seções de interesse considerando as cheias nos tempos de recorrência de TR-10 anos, TR-100 anos e TR-10.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no Anexo 1 – Subitem 3 e 4 estão divididos por tempo de recorrência e possuem destaque para os locais próximos as seções indicadas nas tabelas abaixo. Nos mapas apresenta-se os níveis de água definidos para a condição natural, condição com Dam Break, altura de onda, tempo de chegada da onda, o tempo de pico para cada seção,

Limite ZAS e ZSS, bem como uma imagem do local para facilitar a localização. Os desenhos estão divididos conforme abaixo:

- SB2318-OIT-PA07-DE-0003-01– Mapa de Rompimento – TR 10 Anos – Folhas 01 a 05;
- SB2318-OIT-PA07-DE-0004-01– Mapa de Rompimento – TR 100 Anos – Folhas 01 a 05;
- SB2318-OIT-PA07-DE-0005-01– Mapa de Rompimento – TR 10.000 Anos – Folhas 01 a 05.

Tabela 22 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10 e TR 100 anos

Seções de Interesse	Distância da Barragem Oiti (km)	TR 10 anos						TR 100 anos										
		Nível de água (m)		Tempo (hh:mm)		Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Nível de água (m)		Tempo (hh:mm)		Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)					
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda			Δ Pico Onda	Duração	Normal	Rompimento			Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração	
Barragem Oiti - Tempo após Rompimento																		
60	Barragem Macacos	2,18	30,31	31,69	1,38	00:05	01:03	01:10	0,04	87,92	30,34	31,69	1,35	00:04	00:58	01:10	0,04	89,2
43	Ponte - BA 526 e Início Paripe - Salvador	3,10	8,14	13,56	5,42	00:08	01:28	02:35	2,22	882,92	8,18	13,56	5,38	00:07	01:26	02:38	2,22	884,6
23	Propriedades Paripe - Salvador	4,28	2,41	4,34	1,93	00:30	01:40	07:48	1,27	566,53	2,41	4,35	1,94	00:28	01:38	07:50	1,27	567,8
20	Propriedades Paripe - Salvador e Limite ZAS	4,45	2,41	4,34	1,93	00:33	01:40	08:00	0,46	564,88	2,41	4,34	1,93	00:31	01:38	08:02	0,46	566,2
15	Propriedades Paripe - Salvador	4,70	2,40	4,21	1,81	00:38	01:42	08:10	0,72	482,09	2,40	4,21	1,81	00:36	01:42	08:12	0,72	483,4
12	Propriedades Paripe - Salvador	4,95	2,38	4,10	1,72	00:44	01:44	08:34	0,8	443,98	2,38	4,11	1,73	00:44	01:44	08:29	0,8	445,3
1	Bahia de Aratu e Limite ZSS	5,70	1,41	2,61	1,20	01:03	01:48	08:45	2,24	417,52	1,41	2,62	1,21	01:03	01:46	08:35	2,24	418,9

(*) Destacados na tabela ocorre inundação

Tabela 23 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10.000 anos

Seções de Interesse	Distância da Barragem Oiti (km)	TR 10.000 anos									
		Nível de água (m)		Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)			
		Normal	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração					
Barragem Oiti - Tempo após Rompimento											
60	Barragem Macacos	30,45	31,70	1,25	00:04	00:54	01:04	0,04	98,69		
43	Ponte - BA 526 e Início Paripe - Salvador	8,36	13,58	5,22	00:06	01:20	02:40	2,23	894,26		
23	Propriedades Paripe - Salvador	2,41	4,36	1,95	00:28	01:32	05:45	1,28	574,65		
20	Propriedades Paripe - Salvador e Limite ZAS	2,41	4,36	1,95	00:30	01:32	05:53	0,46	572,63		
15	Propriedades Paripe - Salvador	2,40	4,23	1,83	00:33	01:36	06:15	0,72	489,57		
12	Propriedades Paripe - Salvador	2,38	4,12	1,74	00:43	01:38	06:05	0,81	451,15		
1	Bahia de Aratu e Limite ZSS	1,41	2,63	1,22	00:58	01:40	06:10	2,25	424,05		

(*) Destacados na tabela ocorre inundação

- A Zona de Autossalvamento fica definida como 30 min da onda de inundação da Barragem Oiti, ou seja, até SL-20 cerca de 4,45 km a jusante do barramento Barragem Oiti.
- A Zona de Secundária de Segurança fica definida fim do modelo e encontro com Bahia de Aratu (maior porte), SL-01 cerca de 5,70 km da barragem Oiti.

4.9 PLANO DE EVACUAÇÃO

O estudo das áreas de risco de desastre permitiu a elaboração dos mapas temáticos, relacionados com a ameaça, vulnerabilidade e o risco de inundação, os quais servem de embasamento para a definição dos métodos a serem adotados para prevenir, preparar ou responder quando da ocorrência de grandes cheias ou rompimento da barragem.

Os estudos indicaram que os níveis de água resultante do rompimento da Barragem Oiti são um pouco maiores que os níveis de enchente sem rompimento, isso devido ao baixo volume do reservatório (0,49 hm³). Como orientação ao sistema de prevenção, os moradores de jusante da barragem devem ser avisados a partir de enchentes de TR 100 anos (7,43 m³/s) e qualquer indício de possibilidade de rompimento da barragem para evacuação da área Acessos.

Nos mapas de inundação, estão indicados os acessos/ estradas, bem como propriedades/construções atingidos com as condições de cheias ou rompimento para os tempos de recorrência estudados.

O principal do plano de evacuação é o “mapa de inundação”, no qual estão definidos os limites de proteção e segurança para os quais não se espera que o nível d’água seja ultrapassado, além de indicar os locais de concentração, rotas de fuga e pontos de encontro.

No Plano de Evacuação também está definido a Zona de Autossalvamento (ZAS), ou seja, a região a jusante da barragem em que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. Esta zona de Autossalvamento ficou definida como cerca de 4,45 km, tempo de início da onda de cheia de 30 min a partir do rompimento da Barragem Oiti.

Este plano de evacuação deverá ser de conhecimento e auxílio aos agentes de Defesa Civil de modo a ter único documento, as informações necessárias para determinar as prioridades de evacuação, os pontos de envio de transporte, as medidas de controle de tráfego e vias a serem bloqueadas, estratégias de resgate e medidas de segurança nas áreas de inundação.

4.9.1 Estradas Atingidas

Nos mapas de inundação estão indicados os acessos atingidos com as condições de cheias ou rompimento para os tempos de recorrência estudados.

- Estradas Vicinais: Foram atingidas estradas vicinais em ambas as margens do rio.
- Estrada municipal: Provável ser atingida a BA-528, em eventual emergência com barragem é indicado bloqueio da mesma.

4.9.2 Propriedades Atingidas

As propriedades atingidas foram quantificadas de acordo com a Tabela 24 e com auxílio das imagens Google Earth. É importante ressaltar que algumas propriedades também são atingidas na condição de enchentes a partir TR 10 anos, sem considerar o rompimento da barragem da Oiti, principalmente região de baixada próximo ao rio.

Já a Tabela 23 apresenta detalhes dos níveis atingidos, tempos de onda, velocidade máxima atingida e vão máxima alcançada por seção de interesse em condições de enchente e em caso de rompimento da Barragem da Oiti e por consequência a Barragem Macacos. Como estão muito próximas da barragem, o tempo de chegada e de pico da onda nessas seções é bastante curto, sendo então necessária a evacuação desses locais o mais breve possível na ocorrência da **EMERGÊNCIA** com risco de rompimento da barragem.

Foram estimadas as propriedades atingidas sendo descritas conforme Tabela 24 a seguir.

Tabela 24 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 10.000 anos

BARRAGEM OITI			
Infraestrutura e Edificações - TR 10.000 anos			
Zona	Município	Margem Rio	Quantidade Propriedades Atingidas
Autossalvamento	Simões Filho	Direita	220
	Salvador	Esquerda	51
Total ZAS			271
Segurança Secundária	Simões Filho	Direita	13
	Salvador	Esquerda	41
Total ZSS			54
Total ZAS e ZSS			325

Todas as seções indicadas se referem a pontos estratégicos de infraestrutura a jusante do barramento Oiti e estão indicadas nos mapas de inundação. Nessas localidades podemos ter alagamentos devidos às cheias estudadas e/ou rompimento da barragem. Os Quadros a seguir indicam o resultado da simulação dos estudos para as seções de interesse onde ocorre inundação com propriedades atingidas.

Os mapas de inundação para os tempos de recorrência de 10, 100 e 10.000 anos estão apresentados no Anexo 1 – Mapas de Inundação (Subitem 4 - Zona Secundária de Segurança), onde foram definidos Limite ZAS e ZSS, divididos nos seguintes desenhos:

- SB2318-OIT-PA07-DE-0003-01 – Mapa de Rompimento – TR 10 Anos – Folhas 01 a 05;
- SB2318-OIT-PA07-DE-0004-01– Mapa de Rompimento – TR 100 Anos – Folhas 01 a 05;
- SB2318-OIT-PA07-DE-0005-01– Mapa de Rompimento – TR 10.000 Anos – Folhas 01 a 05.

4.9.3 Zona de Autossalvamento – ZAS

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é determinada como aquela região a jusante da barragem em que não há tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente (ANA, 2016). Neste sentido, considera-se que a ZAS é delimitada utilizando-se uma distância de 10 km a jusante da barragem ou a distância que corresponde a um tempo de

chegada de onda de inundação igual a trinta minutos, sendo considerado sempre o ponto menor entre os dois critérios.

Essa área é chamada de Zona de Autossalvamento (ZAS), pois em caso de rompimento não há tempo hábil para a chegada de socorro sendo que a população atingida deve sair da área de risco por conta própria mediante aviso de emergência.

No estudo de rompimento da barragem Oiti o local do limite da ZAS se encontra a 4,45 km de distância da barragem sendo nesse caso o critério de menor distância foi obtida pelo tempo de início da onda de cheia de 30 min para a pior condição de estudo que é o rompimento com a cheia de 10.000 anos.

Dentro da ZAS existem (4) seções (casas e edificações) no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia que resultante da ruptura da barragem. A barragem da Macacos será atingida rompendo-a a partir de 20 cm de galgamento.

A Tabela abaixo apresenta a localização e principais características das seções dentro da ZAS.

Tabela 25 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem

BARRAGEM OITI					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota DB (m) - TR=10.000
60	Barragem Macacos	12°49'56.16"S	38°27'17.22"O	2,18	31,70
43	Ponte - BA 526 e Início Paripe - Salvador	12°49'49.65"S	38°27'42.75"O	3,10	13,58
23	Propriedades Paripe - Salvador	12°49'24.39"S	38°27'50.45"O	4,28	4,36
20	Propriedades Paripe - Salvador e Limite ZAS	12°49'18.76"S	38°27'49.00"O	4,45	4,36

Próximas às propriedades atingidas, foram sugeridas e identificadas rotas de fuga e pontos de encontro, que deverão ser confirmadas por autoridades competentes *in loco* (Empreendedor e Defesa Civil). As rotas de fuga foram sugeridas até onde não há o risco de inundação e deverão ser definidas como ponto de encontro da população residente na zona de autossalvamento.

A população dessas áreas deve ser orientada a se locomover e a identificar as rotas de fuga em caso de situação de emergência com risco de rompimento da barragem, sendo que esse deslocamento deve ser considerado como realizado por meios próprios e de maneira mais rápida possível mediante o aviso a ser implantado identificando a emergência.

As edificações atingidas e as áreas de fuga estão identificadas nos Mapas Zona de Autossalvamento:

- SB2318-OIT-PA07-DE-0001-01 – Mapa de Rompimento – TR 10.000 Anos - Zona de Autossalvamento – Folha 01.

Os mapas da ZAS estão apresentados no Anexo1 – Subitem 3- Zona de Autossalvamento.

4.9.4 Zona Segurança Secundária

Foi definida a Zona Segurança Secundária com fim do modelo e encontro com Bahia Aratu, região de amortecimento da onda devido grande dimensão.

4.9.5 Resumo Final

Neste resumo será definido o plano de evacuação que será utilizado pelos aos agentes externos, como Defesa Civil de modo a ter único documento, as informações necessárias para determinar as prioridades de evacuação, os pontos de envio de transporte, as medidas de controle de tráfego e vias a serem bloqueadas, estratégias de resgate e medidas de segurança nas áreas de inundação.

Abaixo será apresentado uma tabela resumo dos pontos atingidos, indicando zona de autossalvamento (ZAS) e zona de segurança secundária (ZSS). Nesta tabela estará apresentado pontos atingidos (estradas, rodovias, propriedades, etc) com informações necessárias como:

- **ZAS – Zona de Autossalvamento:** Responsabilidade de alerta do empreendedor;
- **ZSS – Zona de Segurança Secundária:** Responsabilidade de alerta dos agentes externos;
- **Seção de Interesse:** Seção atingida bem como distância da Barragem;
- **Níveis de água:** Normal (nível atingido somente com enchente), Rompimento (nível atingido – rompimento + enchente), altura da onda de inundação;
- **Início da Onda:** tempo do início da inundação após rompimento da Barragem;
- **Pico da Onda:** tempo do nível máximo da onda de inundação atingido após o rompimento da barragem;
- **Duração:** tempo necessário para rio voltar a condição normal, ou seja, dissipação da onda de rompimento;
- **Velocidade Máxima:** necessário para estimativa do risco hidrodinâmico;
- **Vazão máxima:** necessário para comportamento hidrodinâmico

Tabela 26 – Resumo do Plano de Evacuação

Região	Seções de Interesse	Distância da Barragem Oiti (km)	TR 10.000 anos									
			Normal		Rompimento		Máxima Onda		Tempo (hh:mm)		Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
									Δ Início Onda	Δ Pico Onda		
Barragem Oiti - Tempo após Rompimento												
ZAS	60	Barragem Macacos	2,18	30,45	31,70	1,25	00:04	00:54	01:04	0,04	98,69	
	43	Ponte - BA 526 e Início Paripe - Salvador	3,10	8,36	13,58	5,22	00:06	01:20	02:40	2,23	894,26	
	23	Propriedades Paripe - Salvador	4,28	2,41	4,36	1,95	00:28	01:32	05:45	1,28	574,65	
	20	Propriedades Paripe - Salvador e Limite ZAS	4,45	2,41	4,36	1,95	00:30	01:32	05:53	0,46	572,63	
ZSS	15	Propriedades Paripe - Salvador	4,70	2,40	4,23	1,83	00:33	01:36	06:15	0,72	489,57	
	12	Propriedades Paripe - Salvador	4,95	2,38	4,12	1,74	00:43	01:38	06:05	0,81	451,15	
	1	Bahia de Aratu e Limite ZSS	5,70	1,41	2,63	1,22	00:58	01:40	06:10	2,25	424,05	

Após toda articulação com agentes externos e implantação das rotas de fuga, pontos de encontro e sistema de acionamento para emergências deverá ser realizado simulado com população da Zona de Autossalvamento. No Anexo 6 está apresentado Plano resumido de divulgação e treinamento do PAE – Barragem Oiti.

5 SEÇÃO V - ANEXOS

- Anexo 1 - Mapas de Inundação
 - Dados – Barragem Macacos, Oiti e Levantamentos Topográficos (Parte somente Digital)
 - Seções Restituição
 - Mapas de Inundação ZAS com Rotas de Fuga;
 - Mapas de Inundação ZSS.
- Anexo 2 – Plano de Comunicação
 - Fluxograma de Notificação em Emergências;
 - Lista de contatos internos;
 - Lista de contatos externos;
 - Sistema de Notificação de Emergência na ZAS – Sirenes.
- Anexo 3 – Recursos Humanos e Materiais para Resposta à Situação de Emergência.
- Anexo 4 – Levantamento Cadastral da ZAS
- Anexo 5 – Plano de Articulação com Poder Público.
- Anexo 6 – Programa de Treinamento do PAE e Divulgação do PAE.
- Anexo 7 – Monitoramento e Controle de Estabilidade da Barragem.
- Anexo 8 - Formulários Direcionados para o PAE
 - Declaração de Início de Emergência;
 - Declaração de Encerramento de Emergência;
 - Mensagem de Notificação.
- Anexo 9 - ART

ANEXO 1 - MAPAS DE INUNDAÇÃO

DADOS (PARTE SOMENTE DIGITAL)

SEÇÕES

MAPAS DE INUNDAÇÃO ZAS COM ROTAS DE FUGA

MAPAS DE INUNDAÇÃO ZSS

ANEXO 2 – PLANO DE COMUNICAÇÃO

FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO EM EMERGÊNCIAS

LISTA DE CONTATOS INTERNOS

LISTA DE CONTATOS EXTERNOS

SISTEMA DE NOTIFICAÇÃO DE EMERGÊNCIA NA ZAS – SIRENES

**ANEXO 3 – RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS PARA RESPOSTA À SITUAÇÃO
DE EMERGÊNCIA**

ANEXO 4 – LEVANTAMENTO CADASTRAL DA ZAS

ANEXO 5 – PLANO DE ARTICULAÇÃO COM PODER PÚBLICO

ANEXO 6 – PROGRAMA DE TREINAMENTO DO PAE E DIVULGAÇÃO DO PAE

ANEXO 7 – MONITORAMENTO E CONTROLE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

ANEXO 8 - FORMULÁRIOS DIRECIONADOS PARA O PAE

ANEXO 9 - ARTS

6 SEÇÃO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A barragem da Barragem Oiti possui média altura e um volume de reservatório baixo resultando que o eventual rompimento da barragem causaria galgamento da Barragem Macacos e será atingido população a jusante da mesma. Importante monitoramento e manutenções adequadas nos dois barramentos de modo a manter segura as estruturas.

Também foi verificado que o vertedouro da Barragem está protegido para uma cheia instantânea com tempo de recorrência de 7.174 anos, superior a TR 1.000 anos compatível ao porte da Barragem.

A revisão periódica de segurança da barragem consta de um relatório onde estarão listadas as considerações sobre o exame de toda a documentação existente, a avaliação dos critérios de projeto, a análise da instrumentação, a identificação de anomalias e as condições de manutenção, e quais as Recomendações e Conclusões sobre a segurança da Barragem. Esta revisão foi elaborada neste ano de 2023 e deverá ser realizada de 5 em 5 anos devido ao fato de a Barragem ter sido classificada como Classe A - Categoria de Risco - Baixo e Dano Potencial Associado - Alto.

Importante articulação com agentes externos para definição do sistema de acionamento das emergências e realização treinamentos práticos.

7 SEÇÃO VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. B. de. **A gestão do risco em sistemas hídricos: conceitos e metodologias aplicadas a vales com barragens**. 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, APR. Cabo Verde, 2003.

ALMEIDA. Antônio Betâmio de. **Emergências e Gestão do Risco: Risco a Jusante de Barragens**. Lisboa.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1995.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Versão final 02 para editoração – abril de 2016.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - Manual do empreendedor da Ana relativo a revisão periódica, plano de segurança de barragens, plano de ação de emergência e inspeções de segurança de barragens (<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/ManualEmpreendedor>).

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Resolução Normativa Nº 696, de 15 de Dezembro de 2015 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BARBOSA, N. P.; MENDONÇA, A. V.; SANTOS, C. A. G.; LIRA, B. B. **Barragem de Camará**. Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia. Ministério Público Federal. Procuradoria da República no Estado da Paraíba. PB, 2004. Disponível em: <www.prfb.mpf.gov.br>. Acesso em 23/09/2008.

CETESB. **Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos**. Norma P4.261, Maio/2003.

COLLISCHONN, V. **Análise do rompimento da barragem de Ernestina**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: UFRGS, 1997.

CRUZ, P.T. **100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projetos**. Oficina de Textos, Bahia, 2004.

DUARTE, Moacir. **Riscos Industriais: Etapas para a investigação e a prevenção de acidentes**. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

FEEMA. **Manual do Curso de Análise de Riscos Ambientais**. Agosto de 1998.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, Comitê Brasileiro De Grandes Barragens, Núcleo Regional De Bahia.

INEMA - PORTARIA 16.481 DE 11 JULHO DE 2018.

LEI Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010 alterada pela LEI Nº 14.066/2020, **Política Nacional de Segurança de Barragens**, Presidência da República.

MENESCAL, R. A.; VIEIRA, V. P. P. B.; FONTENELLE, A. S.; OLIVEIRA, S. K. F. 2001. **Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem**. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

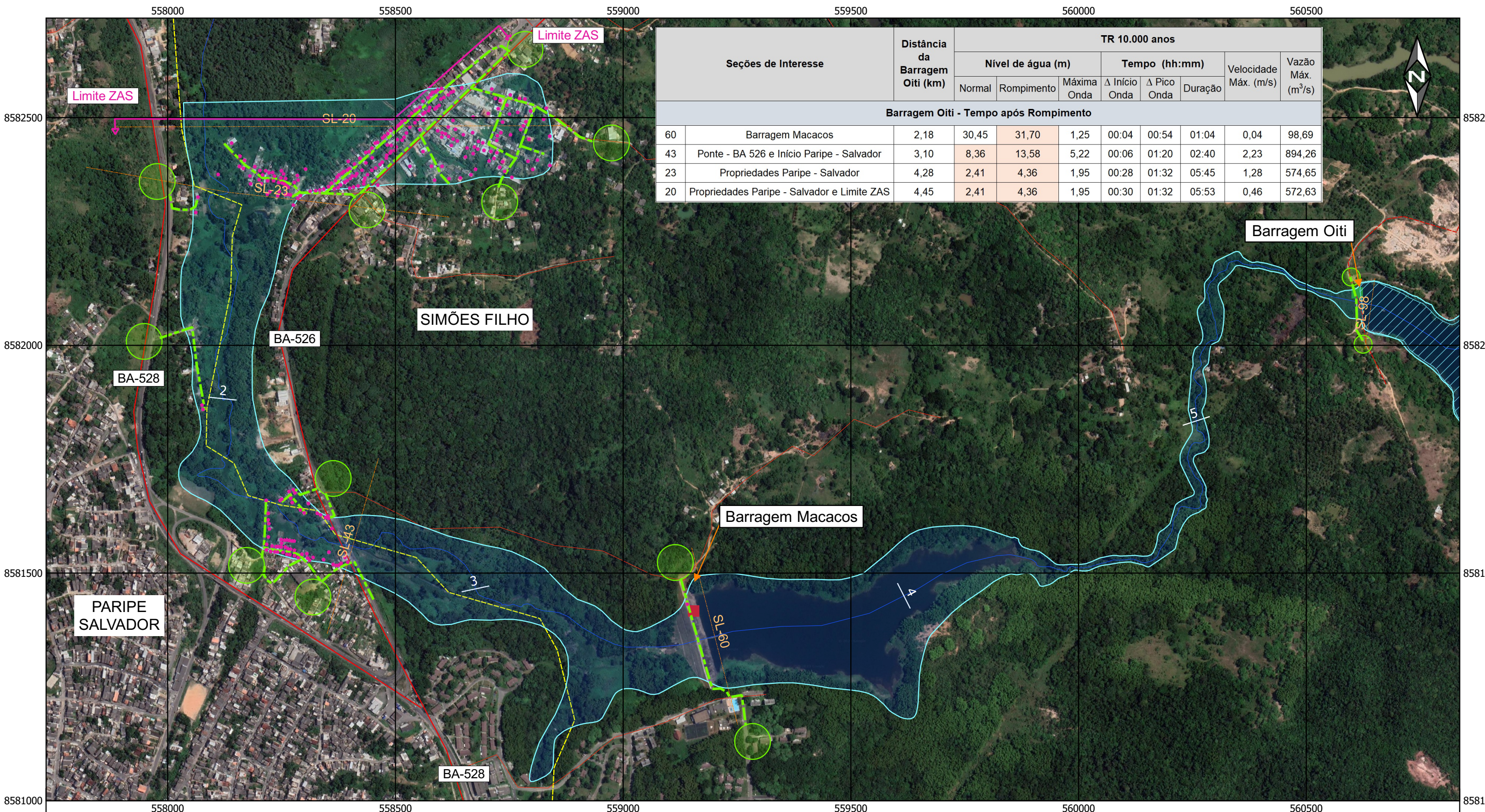
MENESCAL, R. A.; MIRANDA, A. N.; PITOMBEIRA, E. S.; PERINI, D. S. **As Barragens e as Enchentes**. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004 Florianópolis - SC.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil** / [Organizador, Rogério de Abreu Menescal]. Brasília: Proágua, 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília, 2002.

SILVA, M. M. A.; LACERDA, M. J.; SILVA, P. K.; SILVA, M. M. P. **Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande, PB**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Volume 6 – Número 1. 2006.

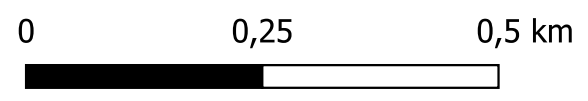
SILVEIRA, J.F.A. **Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento.**
Oficina de Textos, Bahia, 2006.



Seções de Interesse	Distância da Barragem Oiti (km)	TR 10.000 anos							Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)					
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Oiti - Tempo após Rompimento										
60	Barragem Macacos	2,18	30,45	31,70	1,25	00:04	00:54	01:04	0,04	98,69
43	Ponte - BA 526 e Início Paripe - Salvador	3,10	8,36	13,58	5,22	00:06	01:20	02:40	2,23	894,26
23	Propriedades Paripe - Salvador	4,28	2,41	4,36	1,95	00:28	01:32	05:45	1,28	574,65
20	Propriedades Paripe - Salvador e Limite ZAS	4,45	2,41	4,36	1,95	00:30	01:32	05:53	0,46	572,63

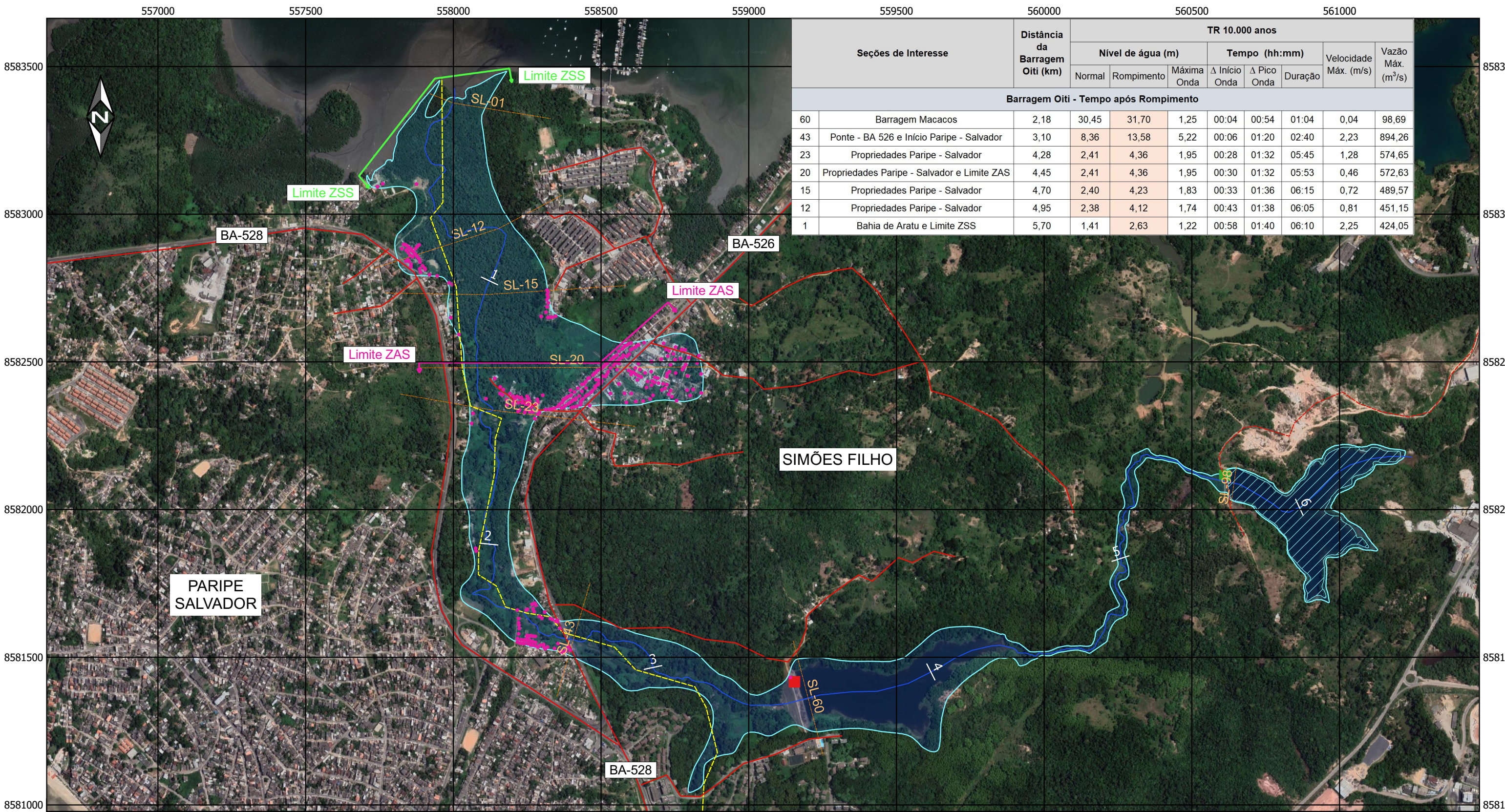
Legenda:

- Barragem Oiti
- Reservatório
- Barragem Macacos
- Acesso
- Estrada Municipal
- Rodovia
- Divisa Municipal
- Rio Macacos - Eixo
- Mapa Rompimento 10.000 anos
- Seções Interesse
- Edificações Atingidas
- Ponto Encontro
- Rotas de Fuga
- Limite ZAS



Cliente: Elaborado:

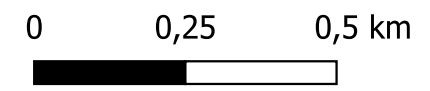
Projeto: Barragem Oiti	Resp. Técnico: Eng. Civil Patricia Becker CREA SC: 044.186-9	Datum: Sirgas 2000 (24S)
Título: Mapa de Rompimento - TR 10.000 anos Zona de Autossalvamento - ZAS	Data: Ago/23	Escala: 1:8.000
	Desenho: PBE	Número: SB2318-OIT-PA07-DE-0002-01 Folha (A3): 1/1



Seções de Interesse	Distância da Barragem Oiti (km)	TR 10.000 anos								
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Oiti - Tempo após Rompimento										
60	Barragem Macacos	2,18	30,45	31,70	1,25	00:04	00:54	01:04	0,04	98,69
43	Ponte - BA 526 e Início Paripe - Salvador	3,10	8,36	13,58	5,22	00:06	01:20	02:40	2,23	894,26
23	Propriedades Paripe - Salvador	4,28	2,41	4,36	1,95	00:28	01:32	05:45	1,28	574,65
20	Propriedades Paripe - Salvador e Limite ZAS	4,45	2,41	4,36	1,95	00:30	01:32	05:53	0,46	572,63
15	Propriedades Paripe - Salvador	4,70	2,40	4,23	1,83	00:33	01:36	06:15	0,72	489,57
12	Propriedades Paripe - Salvador	4,95	2,38	4,12	1,74	00:43	01:38	06:05	0,81	451,15
1	Bahia de Aratu e Limite ZSS	5,70	1,41	2,63	1,22	00:58	01:40	06:10	2,25	424,05

Legenda:

- Barragem Oiti
- Reservatório
- Barragem Macacos
- Acesso
- Estrada Municipal
- Rodovia
- Divisa Municipal
- Rio Macacos - Eixo
- Mapa Rompimento 10.000 anos
- Seções Interesse
- Edificações Atingidas
- Limite ZAS
- Limite ZSS



Cliente:		Elaborado:	
Projeto: Barragem Oiti		Resp. Técnico: Eng. Civil Patricia Becker CREA SC: 044.186-9	Datum: Sirgas 2000 (24S)
Título: Mapa de Rompimento - TR 10.000 anos GERAL		Data: Ago/23	Escala: 1:12.500
		Desenho: PBE	Número: SB2318-OIT-PA07-DE-0005-01 Folha: 1/5



Votorantim Cimentos
Rua Gomes de Carvalho, 1996 12º
andar
04.547-006 | São Paulo, SP

votorantimcimentos.com

Carta VC-OIT 002/2023

A Prefeitura do Município de Simões Filho/BA

Rua Praça Sete de Novembro, 359 - Centro, Simões Filho - BA, 43700-000

A/C Diogenes Tolentino Oliveira

Aldenir de Sena Reis
Matrícula 944114
Assistente
RECEBIDO EM
25/09/23
PROTOCOLO GERAL

REF: Plano de Ação de Emergências Atualizado da Barragem de Oiti.

Prezado Senhor,

A **VOTORANTIM CIMENTOS S.A.** – “Votorantim Cimentos”, por sua unidade de Votorantim Cimentos S/A (“VCSA”), pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ/MF sob nº 01.637.895/0001-32, com sede na Rua Gomes de Carvalho, nº 1996, 12º andar, Conjunto 122, Vila Olímpia, na Cidade e Estado de São Paulo, CEP 04547-006, vem, muito respeitosamente, perante a Prefeitura/Defesa Civil de Simões Filho/BA, em atendimento ao disposto na Lei nº 12.334/2010 alterada pela Lei nº 14.066/2020, bem como na Resolução Normativa ANA nº 236/2017, alterada pela nº 121/2022 e Resolução Normativa INEMA nº 16.481/2018, apresentar o que segue abaixo.

Como obrigação do empreendedor da barragem a elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE), estabelecendo as ações a serem executadas e, caso de emergência, bem com a identificação dos agentes a serem notificados desta ocorrência, devendo contemplar, ao menos:

- Identificação e análise das possíveis situações de emergência;
- Procedimentos para identificação e notificação do mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;
- Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situação de emergência, com indicação do responsável pela ação;
- Estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

Além disso, o PAE deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.



Votorantim Cimentos
Rua Gomes de Carvalho, 1996 12º
andar
04.547-006 | São Paulo, SP

votorantimcimentos.com

Desta forma, informamos que o PAE em sua versão física atualizada, por ora protocolada nesta prefeitura, está disponível nas dependências da sede do empreendimento.

RECIBIDO EM
PROCCO SEM

São Paulo, 25 de setembro de 2023.

DocuSigned by:
Elton Murbach Koga
772797CAD974CE...

Elton Murbach Koga
Coordenador do PAE
VOTORANTIM CIMENTOS S.A.



Votorantim Cimentos
Rua Gomes de Carvalho, 1996 12º
andar
04.547-006 | São Paulo, SP

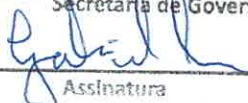
votorantimcimentos.com

Carta VC-OIT 001/2023

A Prefeitura do Município de Salvador/BA

Praça Municipal, s/nº - Palácio Thomé de Souza - Centro

A/C Bruno Soares Reis

Recebido em 25/09/22
Horário 11:39
Secretaria de Governo

Assinatura

REF: Plano de Ação de Emergências Atualizado da Barragem de Oiti.

Prezado Senhor,

A **VOTORANTIM CIMENTOS S.A. – “Votorantim Cimentos”**, por sua unidade de Votorantim Cimentos S/A (“VCSA”), pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ/MF sob nº 01.637.895/0001-32, com sede na Rua Gomes de Carvalho, nº 1996, 12º andar, Conjunto 122, Vila Olímpia, na Cidade e Estado de São Paulo, CEP 04547-006, vem, muito respeitosamente, perante a Prefeitura/Defesa Civil de Salvador/BA, em atendimento ao disposto na Lei nº 12.334/2010 alterada pela Lei nº 14.066/2020, bem como na Resolução Normativa ANA nº 236/2017, alterada pela nº 121/2022 e Resolução Normativa INEMA nº 16.481/2018, apresentar o que segue abaixo.

Como obrigação do empreendedor da barragem a elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE), estabelecendo as ações a serem executadas e, caso de emergência, bem com a identificação dos agentes a serem notificados desta ocorrência, devendo contemplar, ao menos:

- Identificação e análise das possíveis situações de emergência;
- Procedimentos para identificação e notificação do mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;
- Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situação de emergência, com indicação do responsável pela ação;
- Estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

Além disso, o PAE deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.



Votorantim Cimentos
Rua Gomes de Carvalho, 1996 12º
andar
04.547-006 | São Paulo, SP

votorantimcimentos.com

Desta forma, informamos que o PAE em sua versão física atualizada, por ora protocolada nesta prefeitura, está disponível nas dependências da sede do empreendimento.

São Paulo, 25 de setembro de 2023.

DocuSigned by:
Elton Murbach Koga
772737CAD9874CE...

Elton Murbach Koga
Coordenador do PAE
VOTORANTIM CIMENTOS S.A.

Recebido em 25/09/23

Horário 11:36

Secretaria de Governo

[Handwritten Signature]
Assinatura